

Tugas Akhir Final Juan R2- 19110043.pdf

by TurnitinEdu

Submission date: 15-Jul-2024 05:33PM (UTC+0300)

Submission ID: 2412064239

File name: .Tugas Akhir_Final_Juan_R2_.pdf (4.7M) **Word count:** 48259

Character count: 237110

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL
“DRACARYS” 13 LANTAI DENGAN ¹⁷SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA DEPOK BERDASARKAN
SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 - 2019**



JUAN AJIWIDARTA ANWAR

NPM : 19.11.0043

**⁵PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA**

2024

2
LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.)

Di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh :

Juan Ajiwidarta Anwar
NPM : 19.11.0043

Tanggal Ujian : 26 Juni 2024

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing,

Andaryati, ST., MT
NIK: 197411032005012002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

Johan Paing Heru Waskito, S.T., MT.
NIK. 196903102005011002

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT.
NIK. 93190-ET

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 Lantai dengan
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Kota Depok
Berdasarkan SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 - 2019

Nama : Juan Ajiwidarta Anwar

NPM : 19.11.0043

Tanggal Ujian : 26 Juni 2024

Disetujui Oleh :

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Ir. H. Soerjandani Priantoro Machmoed, MT.

NIK : 94245-ET

Dr. Ir. Siswoyo, MT.

NIK: 92177-ET

Dosen Pembimbing :

Andaryati, ST., MT

NIK: 197411032005012002

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan berkat-Nya Tugas Akhir yang berjudul **"Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel "Dracarys" 13 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Kota Depok Berdasarkan SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 – 2019"** dapat diselesaikan dengan baik. Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini melewati beberapa tahapan yang melibatkan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis dalam kesempatan ini dengan hormat mengucapkan banyak terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT beserta pihak – pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini .:

1. Bapak Johan Pahing Heru Waksito, ST., MT. Selaku Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
2. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
3. Ibu Andaryati, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan.
4. Bapak Dr. Ir. Siswoyo, MT. Selaku Dosen Wali yang selalu membimbing saya selama perkuliahan ini.
5. Bapak Dr. Ir. H. Soerjandani Priantoro Machmoed, MT. Selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan waktunya untuk hadir pada sidang tugas akhir penulis.
6. Bapak Dr. Ir. Siswoyo, MT. Selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan waktunya untuk hadir pada sidang tugas akhir penulis.
7. Orang tua dan keluarga syang telah memberikan banyak doa dan dukungan dari awal sampai akhir selama penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Serta teman-teman dari Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang telah memberikan motivasi, semangat, serta dukungannya.
9. Serta teman-teman dari luar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang telah semangat dan juga motivasi untuk saya

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan. Untuk itu penulis memohon saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun

demi kesempurnaan penyusunan ini kedepannya. Penulis berharap besar ² semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya bagi kalangan Teknik Sipil.

Surabaya, 26 Juni 2024

Penulis,

Juan Ajiwidarta Anwar

NPM : 19.11.0043

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL
“DRACARYS” 13 LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA DEPOK BERDASARKAN
SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 – 2019**

Nama : Juan Ajiwidarta Anwar
NPM : 19110043
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Andaryati, ST., MT

ABSTRAK

Kota Depok adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. di bagian selatan dari Kota Jakarta. Perencanaan Hotel Dracarys 13 lantai di kota Depok termasuk sebuah bisnis yang besar yang menguntungkan bagi para pebisnis di kota Depok memiliki beberapa wisata yang banyak berbagai macam indahya, membangun hotel dekat dengan pusat perhatian orang bisa jadi suatu hal positif sebagai tempat istirahat masyarakat dari luar kota, dalam kota dengan fasilitas yang terjamin. Hotel Dracarys 13 lantai direncanakan dengan ukuran 35 x 27 m, dengan ketinggian 52 m. Gedung Hotel Dracarys ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dikarenakan pendetailannya menghasilkan struktur yang daktail (kemampuan suatu struktur dalam berdeformasi inelastic tanpa kehilangan kekuatan yang berarti) yang wajib digunakan di wilayah risiko gempa tinggi, gedung hotel ini direncanakan dengan desain hubungan balok dan kolom beserta juga konsep *Strong Coloum Weak Beam* yaitu kemampuan kolom harus lebih besar 20% dari balok SNI 2847 – 2019. Beban gempa bangunan didesain berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung SNI 1726-2019. Mutu beton = 35 MPa, mutu baja $f_y = 420$ MPa dan $f_{ys} = 280$ MPa. digunakan dalam perencanaan adalah balok anak atap tipe 1 (BAA1) = 30/40 cm, balok anak atap tipe 2 (BAA2) = 25/40 cm. Dimensi balok anak lantai tipe 3 (BAA3) 25/40 cm, balok anak lantai tipe 4 (BAA4) 30/40 cm. Dimensi balok induk eksterior 40/60 cm dan balok induk interior 40/70 cm. dan dimensi kolom yang digunakan 90/90 cm , 80/80 cm dan 70/70 cm. didapat nilai simpangan horizontal 36,45 mm, lebih kecil dari nilai simpangan antar izin (Δa) = 100 mm. Hasil dari pendetailan diperoleh bahwan Hubungan Balok Kolom (HBK) pada struktur gedung Hotel Dracys telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.4.1 dimana $\phi V_n \geq V_u = 3.696.070,84$ N $\geq 2.812.915,27$ N untuk hubungan kolom terkekang oleh 4 balok, dan dimana $\phi V_n \geq V_u = 2.608.991,18$ N $\geq 1.750.416,83$ N untuk hubungan kolom terkekang 3 atau 2 balok Persyaratan *Strong Coloum Weak Beam* yang tercantum dalam SNI 2847 -2019 Pasal 18.7.3.2 dimana $\Sigma Mnc \geq 1,2 \Sigma Mnb = 7732,15$ kNm $\geq 1981,56$ kNm telah memenuhi persyaratan

Kata Kunci : Hotel Dracarys, Struktur Gedung Beton Bertulang, Tahan Gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Kota Depok

PLANNING OF THE 13-STOREY HOTEL REINFORCED CONCRETE STRUCTURE "DRACARYS" WITH A SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM IN DEPOK CITY BASED ON SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 – 2019

Nama : Juan Ajiwidarta Anwar
NPM : 19110043
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Andaryati, ST., MT

ABSTRAK

Depok City is a city located in West Java Province, Indonesia. Planning for the 13-storey Dracarys Hotel in the city of Depok is a big business that is profitable for business people in the city of Depok has several tours that have many kinds of beauty, building a hotel close to the center of people's attention can be a positive thing as a place for people to rest from outside the city, in the city with guaranteed facilities. The 13-storey Dracarys Hotel is planned with a size of 35 x 27 m, with a height of 52 m. The Dracarys Hotel Building is planned using the Special Moment Bearing Frame System (SRPMK) method, because the details produce a daktail structure (the ability of a structure to deform inelastic without losing significant strength) which must be used in areas of high earthquake risk. This hotel building is planned with a beam and column relationship design along with the Strong *Coloum Weak Beam concept* , namely the column ability must be 20% larger than the SNI 2847 – 2019 beam. The earthquake load of the building is designed based on the earthquake resistance planning standard for the SNI Building 1726-2019. Concrete quality = 35 MPa, steel quality $f_y = 420$ MPa and $f_{ys} = 280$ MPa. used in planning are type 1 roof beams (BAA1) = 30/40 cm, type 2 roof beams (BAA2) = 25/40 cm. Dimensions of type 3 floor child beams (BAA3) 25/40 cm, type 4 floor child beams (BAA4) 30/40 cm. Dimensions of the exterior main beam 40/60 cm and interior main beam 40/70 cm. and the dimensions of the columns used are 90/90 cm, 80/80 cm and 70/70 cm. The horizontal deviation value was obtained 36,45 mm, smaller than the deviation between permits () = 100 mm. The result of the breakdown was obtained that the Column Beam Relationship (HBK) on the structure of the Dracys Hotel building has met the requirements in SNI 2847 – 2019 Article 18.8.4.1 where $\Delta\alpha\phi V_n \geq V_u = 3,696,070.84$ N $\geq 2,812,915.27$ N for column relationships constrained by 4 beams, and where $\phi V_n \geq V_u = 2,608,991.18$ N $\geq 1,750,406.83$ N for column relationships constrained by 3 or 2 beams The requirements for *Strong Coloum Weak Beam* listed in SNI 2847 -2019 Article 18.7.3.2 where $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb} = 7732.15$ kNm ≥ 1981.56 kNm have met the requirements

Keywords : Dracarys Hotel, Reinforced Concrete Building Structure, Earthquake Resistance, Special Moment Bearing Frame System (SRPMK), Depok City

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN REVISI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Maksud dan Tujuan	7
1.5 Manfaat	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	7
2.2 Wilayah Gempa.....	7
2.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa	8
2.4 Klasifikasi Situs	8
2.4.1 Analisa Responn Situs untuk Tanah Kelas Situs SF	9
2.4.2 Menentukan Respons Spektral	9
2.5 Kategori Desain Seismik	12
2.6 Perencanaan Beban Gempa.....	13
2.6.1 Periode Funda Mental Pendekatan	14
2.6.2 Distribusi Gaya Gempa	14

2.6.3	Batasan Simpangan Antar Lantai	15
2 2.7	Perencanaan Struktur Sekunder	16
2.7.1	Perencanaan Pelat Satu Arah	16
2.7.2	Perencanaan Pelat Dua Arah	17
2.7.3	Balok Anak	20
2.7.4	Balok Penggantung <i>Lift</i>	20
2.7.5	Tangga	21
2.8	Perencanaan Struktur Primer	21
2 2.8.1	Perencanaan Balok Induk	21
2.8.2	Perencanaan Kolom	23
8 2.9	Persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	25
2.9.1	<i>Stroung- Coloum Weak-Beam</i>	25
2.9.2	Menghindari Keruntuhan Geser	25
2.9.3	Daktilitas	25
16 2.9.4	Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	26
2.9.5	Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	29
16 2.9.6	<i>Joint</i> Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	33
2 2.10	Perencanaan Pondasi	36
2.10.1	Pondasi Tiang Pancang	37
2.10.2	Perencanaan <i>Pilecap</i>	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		41
9 3.1	Data Perencanaan	41
3.2	Diagram Alir Perencanaan	41
3.3	Pengumpulan Data	43
3.3.1	Preminilary Design	43
3.3.2	Pembebanan	43
3.3.3	Perencanaan Struktur Sekunder	43

3.3.4	Kontrol kekuatan	44
3.3.5	Analisa struktur portal gedung dengan menggunakan program bantu SAP 2000	44
3.3.6	Kontrol Simpangan	44
3.3.7	Perencanaan Struktur Primer	44
3.3.8	Perencanaan Pondasi	44
3.3.9	Gambar Hasil Perhitungan	44
3.3.10	Kesimpulan	44
3.3.11	Selesai	44
BAB IV PRELIMINARY DESIGN		45
4.1	Data Perencanaan	45
4.2	Perencanaan Dimensi Balok Induk	46
4.2.1.	Dimensi Balok Induk Atap Eksterior dan Interior	46
4.2.2.	Dimensi Balok Induk Lantai Eksterior dan Interior	47
4.3	Perencanaan Dimensi Balok Anak	48
4.3.1.	Dimensi Balok Anak Lantai	48
4.3.2.	Dimensi Balok Anak Atap	48
4.4	Perencanaan Dimensi Pelat	49
4.4.1.	Dimensi Pelat Atap	49
4.4.2.	Dimensi Pelat Lantai	59
4.5	Dimensi Kolom	69
4.5.1.	Distribusi Pembebanan Kolom	70
4.5.2.	Menentukan Dimensi Kolom	73
BAB V STRUKTUR SEKUNDER		74
5.1	Struktur Sekunder	74
5.2	Perencanaan Pembebanan Pelat Atap	74
5.2.1	Pembebanan Pelat Atap	74

2	5.2.2	Perhitungan Momen Pelat Atap	75
	5.2.3	Perhitungan Penulangan Pelat Atap	75
	5.2.4	Tabel Perhitungan Pelat Atap	76
	5.2.5	Kontrol Kekuatan Pelat Atap	78
	5.2.6	Kontrol Retak Pelat Atap	79
	5.3	Perencanaan Pelat Lantai	79
	5.3.1	Pembebanan Pelat Lantai	79
	5.3.2	Perhitungan Momen Pelat Lantai	80
	5.3.3	Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	80
	5.3.4	Tabel Perhitungan Pelat Lantai	81
	5.3.5	Kontrol Kekuatan Pelat Lantai	83
	5.3.6	Kontrol Retak Pelat Lantai	84
2	5.4	Perencanaan Tangga	84
	5.4.1.	Pembebanan Tangga	86
	5.4.2.	Analisa Statistika Tangga	87
	5.4.3.	Perhitungan Penulangan Pelat Tangga	91
	5.4.4.	Penulangan Pelat Bordes	92
	5.4.5.	Perencanaan Balok Bordes (BB – 20/30 cm)	94
2	5.5.	Perencanaan Balok Lift	99
	5.5.1.	Beban Hidup Koefisien Kejut yang Diakibatkan oleh Crane	100
	5.5.2.	Pembebanan Balok Penggantung Lift	100
	5.5.3.	Analisa Statistika Balok lift	101
	5.5.4.	Perhitungan Penulangan Balok lift	103
	5.6.	Perencanaan Balok Anak Atap	109
	5.7.	Perencanaan Balok Anak Lantai	114
	BAB VI STRUKTUR PRIMER	123	
	6.1. Stuktur Primer	123	

6.2.	Data Perencanaan Struktur.....	123
6.3.	Menentukan Jenis Tanah.....	124
6.4.	Faktor Sistem Penahan Gempa.....	126
6.4.1.	Periode Fundamental (T).....	126
6.4.2.	Perhitungan Koefisien Respon Seismik.....	127
6.5.	Pembebanan.....	128
6.5.1.	Perhitungan Beban Gravitasi.....	128
6.6.	Beban Geser Dasar Seismik.....	131
6.6.1.	Batas Simpangan Antar Lantai.....	134
6.7.	Perencanaan Balok Induk.....	138
6.7.1.	Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk 40/60 cm.....	140
6.8.	Perencanaan Kolom.....	158
6.8.1.	Analisa Gaya Dalam.....	159
6.8.2.	Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom.....	161
6.8.3.	Perhitungan Tulangan <i>Confinement</i>	168
6.8.3.1.	Perhitungan Tulangan Geser.....	171
6.8.4.	Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan pada Kolom.....	173
6.8.6.	Desain Hubungan Balok Kolom yang Terkekang oleh 4 Balok.....	176
6.8.7.	Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang 3 atau 2 Balok.....	178
BAB VII PERENCANAAN PONDASI.....		183
7.1.	Umum.....	183
7.2.	Beban Aksial Pondasi.....	183
7.3.	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....	184
7.4.	Spesifikasi Tiang Pancang.....	184
7.4.1.	Daya Dukung Tiang.....	185
7.4.2.	Rencana Kebutuhan Tiang.....	187
7.4.4.	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang.....	189

7.5.	Perencanaan <i>Pile Cap</i>	193
7.5.1.	Perencanaan <i>Pile cap</i> Tipe 1	193
7.5.2.	Perencanaan <i>Pile cap</i> Tipe 2.....	199
7.5.3.	Perencanaan <i>Pile cap</i> Tipe 3.....	205
7.6.	Perencanaan Sloof.....	212
7.6.1.	Perencanaan Sloof Tipe S-2.....	212
7.6.2.	Analisa Gaya Dalam Sloof	212
7.6.3.	Tulangan Longitudinal.....	213
7.6.4.	Perhitungan Penulangan Geser Sloof	214
7.6.5.	Tulangan Geser yang Diperlukan	215
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN		216
8.1.	Kesimpulan	216
54	DAFTAR PUSTAKA	218
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Cincin Api Pasifik	2
Gambar 1. 2 Peta Persebaran Gempa Wilayah Indonesia Sumber SNI 1726 – 2019	3
Gambar 1. 3 Peta MCEr (Ss) Kota Depok Sumber SNI 1726 – 2019	3
Gambar 2. 1 Peta Wilayah Gempa Indonesia.....	8
Gambar 2. 2 Spectrum Respons Desain	12
Gambar 2. 3 Lebar efektif maksimum balok lebar (wide beam) dan persyaratan tulangan transversal (Sumber SNI 2847:2019)	27
Gambar 2. 4 Contoh sengkang tertutup (hoop) dan dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal	29
Gambar 2.5 Contoh penulangan trnsfersal pada kolom	32
Gambar 2.6 Contoh penulangan trnsfersal pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f_c' > 70$ MPa	32
Gambar 2. 7 Luas joint efektif	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan	42
Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Atap.....	49
Gambar 4. 2 Penampang Balok Exterior Pelat Atap	50
Gambar 4. 3 Penampang Balok Exterior Pelat Atap	52
Gambar 4. 4 Penampang Balok Interior Pelat Atap	53
Gambar 4. 5 Penampang Balok Interior Pelat Atap	55
Gambar 4. 6 Penampang Balok anak Pelat Atap	56
Gambar 4. 7 Penampang Balok anak Pelat Atap	58
Gambar 4. 8 Perencanaan Pelat Lantai	59
Gambar 4. 9 Penampang Balok Exterior Pelat Lantai	60
Gambar 4. 10 Penampang Balok Exterior Pelat Lantai	62
Gambar 4. 11 Penampang Balok Interior Pelat Lantai.....	63
Gambar 4. 12 Penampang Balok Interior Pelat Lantai	65
Gambar 4. 13 Penampang Balok anak Pelat Lantai.....	67
Gambar 4. 14 Penampang Balok anak Pelat Lantai.....	68
Gambar 4. 15 Tributary Area Kolom	70

Gambar 5. 1 Tipe Pelat Atap	75
Gambar 5. 2 Tipe Pelat Lantai	80
Gambar 5. 3 Denah Tangga.....	85
Gambar 5. 4 Tebal Pelat Tangga	86
Gambar 5. 5 Beban Mati pada Tangga dan Bordes.....	88
Gambar 5. 6 Beban Hidup pada Tangga dan Bordes	88
Gambar 5. 7 Gaya Momen pada Tangga.....	89
Gambar 5. 8 Gaya Geser pada Tangga.....	89
Gambar 5. 9 Joint Reaction pada Tangga.....	89
Gambar 5. 10 Gaya Dalam pada Bordes.....	90
Gambar 5. 11 Gaya Dalam pada Tangga miring	90
Gambar 5. 12 Pembebanan Balok Penggantung Lift.....	101
Gambar 5. 13 Momen Lentur pada Balok Penggantung Lift.....	101
Gambar 5. 14 Gaya Geser pada Balok Penggantung Lift	102
Gambar 5. 15 Gaya Dalam Tumpuan pada Balok Penggantung Lift.....	102
Gambar 5. 16 Gaya Dalam Lapangan pada Balok Penggantung Lift	103
Gambar 6. 1 Jumlah Mode Shape.....	125
Gambar 6. 2 Respon Spektrum Kota Depok pada Tanah Sedang (SD)	125
Gambar 6. 3 Bentuk 3D Gedung Hotel Dracarys	134
Gambar 6. 4 Simpangan yang Terjadi Antar Lantai Arah X	135
Gambar 6. 5 Simpangan yang Terjadi Antar Lantai Arah Y	135
Gambar 6. 6 Output Frame 1010 Momen Tumpuan (+) dan (-) dan Geser (Kg).....	138
Gambar 6. 7 Output Frame 1010 Momen Lapangan (+) dan Geser (Kg).....	139
Gambar 6. 8 Output Torsi Frame 1010 (Nmm).....	139
Gambar 6. 9 Diagram Geser (Bergoyang ke Kanan)	148
Gambar 6. 10 Diagram Geser (Bergoyang ke Kiri)	149
Gambar 6. 11 Pemutusan Tulangan Balok Induk.....	158
Gambar 6. 12 Kolom yang ditinjau.....	158
Gambar 6. 13 Output Frame 1378 Geser dan Momen Kolom 90/90 cm	159
Gambar 6. 14 Output Frame 1378 Aksial dan Torsi Kolom 90/90 cm	160
Gambar 6. 15 Nomogram Faktor kekakuan Kolom (Struktur Rangka Tidak Bergoyang)	162

1	Gambar 6. 16 Konfigurasi penulangan Kolom	163
	Gambar 6. 17 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Kolom 70/70 cm.....	165
	Gambar 6. 18 Lebar Efektif Balok T	167
	Gambar 6. 19 Tulangan Sambungan pada Kolom	174
1	Gambar 6. 20 Hubungan Balok kolom yang Ditinjau	175
1	Gambar 6. 21 Hubungan Balok kolom Terkekang Empat Balok.....	177
1	Gambar 6. 22 Hubungan Balok kolom Terkekang 3 Balok atau 2 Balok	179
	Gambar 6. 23 Detail Penulangan Kolom	180
	Gambar 7. 1 Titik – titik perletakan pondasi.....	183
	Gambar 7. 2 Pile Cap Tipe 1	190
	Gambar 7. 3 Denah Rencana Pondasi	191
	Gambar 7. 4 Pile Cap Tipe 1 (PC-1)	193
	Gambar 7. 5 Statika Pile Cap Tipe 1 (PC – 1)	197
	Gambar 7. 6 Pile Cap Tipe 2 (PC-2)	199
	Gambar 7. 7 Statika Pile Cap Tipe 2 (PC – 2)	203
	Gambar 7. 8 Pile Cap Tipe 3 (PC-3)	205
	Gambar 7. 9 Statika Pile Cap Tipe 3 (PC – 3)	209
2	Gambar 7. 10 Rencana Sloof yang ditinjau	212
	Gambar 7. 11 Konfigurasi Penulangan Sloof.....	213
2	Gambar 7. 12 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Sloof 40/60 cm	214

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Peneliti Terdahulu	5
Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs.....	8
Tabel 2. 2 Koefisien Situs, F_a	10
Tabel 2. 3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	13
Tabel 2. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	13
Tabel 2. 5 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan α	14
Tabel 2. 6 Simpangan antar tingkat izin.....	15
Tabel 2. 7 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang	16
Tabel 2. 8 $A_{s,min}$ untuk pelat satu arah nonprategang	17
Tabel 2. 9 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)...	18
Tabel 2. 10 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya	19
Tabel 2. 11 $A_{s,min}$ untuk pelat dua arah nonprategang	19
Tabel 2. 12 Tinggi minimum balok nonprategang	21
Tabel 2. 13 Kasus dimana $A_{v,min}$ tidak diperlukan jika $0,5\phi V_c > V_c > \phi V_c$	22
Tabel 2. 14 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser	23
Tabel 2. 15 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser	24
Tabel 2. 16 Kekuatan geser nominal join V_n	34
Tabel 5. 1 Perhitungan Momen Pelat Atap.....	76
Tabel 5. 2 Perhitungan Momen Pelat Lantai.....	81
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap, Pelat lantai Pelat Bordes dan Pelat Tangga,	120
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes, Balok Lift Balok Anak Atap dan Balok Anak Lanta.....	121
Tabel 6. 1 Perhitungan N-SPT Kota Depok.....	124
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Gravitasi Berat Tiap Lantai	130
Tabel 6. 3 Perhitungan Beban Gempa Tiap Lantai	132
Tabel 6. 4 Kombinasi Pembebanan	132
Tabel 6. 5 Simpangan Antar Lantai pada Gedung Hotel Dracarys	136
Tabel 6. 6 Perhitungan Kontrol Periode Getar Waktu menggunakan T-Railegh Arah X..	136

Tabel 6. 7	Perhitungan Kontrol Periode Getar Waktu menggunakan T-Railegh Arah Y ..	137
Tabel 6. 8	Resume Momen Balok Induk Eksterior 40/60 cm (Frame object 1010)	140
Tabel 6. 9	Rekapitulasi Gaya pada Kolom	160
Tabel 6. 10	Factored Loads dan Moments with Corresponding Capacities	165
Tabel 6. 11	Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	181
Tabel 6. 12	Rekapitulasi Penulangan Kolom	182
Tabel 7. 1	Nilai Beban Aksial	191
Tabel 7. 2	Hasil Kontrol Pmax Satu Tiang Pancang pada Satu Kelompok Tiang	192
Tabel 7. 3	Rekapitulasi Tulangan Pile Cap	211
Tabel 7. 4	Rekapitulasi Penulangan Sloof	215

DAFTAR NOTASI

Ach	= luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal, mm ²
Ag	= luas bruto penampang beton, mm ² . Untuk penampang berlubang. Ag adalah luas beton saja dan tidak termasuk luas lubang
b	= lebar muka tekan komponen struktur, mm
b _o	= keliling penampang kritis untuk geser dua arah pada pelat dan fondasi telapak (<i>footings</i>), mm
bw	= lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm
c ₁	= dimensi persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (<i>capital</i>), atau braket yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan, mm
c ₂	= dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (<i>capital</i>), atau braket yang diukur dalam arah tegak lurus terhadap c ₁ , mm
Cd	= faktor pembesaran simpangan lateral
c _t	= jarak dari muka interior kolom ke tepi pelat yang diukur parallel terhadap c ₁ , tetapi tidak melebihi c ₁ , mm
Cu	= koefisien untuk Batasan atas pada periode yang dihitung
D	= pengaruh dari beban mati
E	= pengaruh gaya gempa horizontal dan vertikal
Ec	= modulus elastisitas beton, MPa
Ecb	= modulus elastisitas beton balok, MPa
Fa	= koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
f _c '	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa
Fv	= koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
f _y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, MPa

g	= percepatan gravitasi (m/detik ²)
¹⁰ h_n	= Batasan tinggi struktur (m)
h_{sx}	= tinggi tingkat dibawah level-x
⁶ I_e	= momen inersia efektif untuk perhitungan defleksi, mm ⁴
I_g	= momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat, yang mengabaikan tulangan, mm ²
⁷ L	= pengaruh beban hidup
L_r	= pengaruh beban hidup di atap
MCE	= gempa maksimum yang dipertimbangkan
MCE_G	= nilai tengah geometric gempa tertimbang maksimum
MCE_R	= gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
⁶ M_{max}	= momen maksimum terfaktor pada penampang akibat beban luar yang bekerja, N-mm
M_n	= kekuatan lentur nominal pada penampang, N-mm
M_{nb}	= kekuatan lentur balok termasuk pelat bila mana tertarik, yang merangka dalam joint, 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 kekuatan lentur yang terendah, N-mm
⁶ M_{pr}	= kekuatan lentur komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25f_y$ dan faktor reduksi kekuatan ϕ sebesar 1,0, N-mm
¹⁰ N	= tahanan penetrasi standar rata – rata dalam lapisan 30 m paling atas
¹⁰ N_{ch}	= tahanan penetrasi standar rata – rata tanah nonkohesif dalam lapisan 30 m paling atas,

6 Nu	= gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan Vu atau Tu ; diambil sebagai positif untuk tekan dan negative untuk tarik, N
10 PGA	= percepatan muka tanah puncak MCEG terpetak;
13 Pu	= gaya aksial terfaktor; diambil sebagai positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N
R	= beban air hujan
13 S _I	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen; didefinisikan dalam 0
13 S _{DI}	= parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 0
S _{DS}	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 0
S _{MI}	= percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
11 S _s	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen, didefinisikan dalam 0
T	= periode fundamental bangunan seperti ditentukan dalam 0
T _a	= periode fundamental pendekatan
2 T _n	= kekuatan momen torsi nominal, Nmm
2 T _u	= momen torsi terfaktor pada penampang, N-mm
vc	= tegangan terkait kekuatan geser dua arah nominal yang disediakan oleh beton, MPa
vn	= kekuatan geser nominal, N
vs	= kekuatan geser nominal yang diberikan oleh penulangan geser, N
vu	= gaya geser nominal terfaktor penampang, N

W	= pengaruh beban angin
Δ_{xy}	= simpangan antar tingkat desain
δ_{xy}	= defleksi pada Lokasi lantai yang ditinjau yang mengakibatkan gaya gempa lateral
Δa	= simpangan Ijin
I_e	= faktor keutamaan gedung
λ	= faktor pengaruh waktu
β	= rasio dimensi panjang terhadap pendek dari pelat dua arah
Ψ	= faktor tanpa dimensi fungsi dari angka poisson,

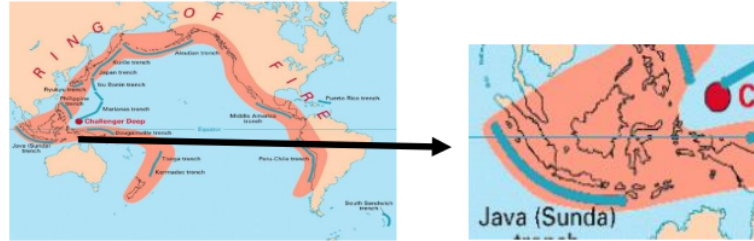
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Depok adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Kota Depok merupakan bagian dari kawasan metropolitan Jabodetabekpunjur dan berada di bagian selatan daerah khusus dari Kota Jakarta. Secara geografis Kota Depok terletak pada koordinat $6^{\circ} 19'00''$ - $6^{\circ} 28'00''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}43'00''$ - $106^{\circ}55'30''$ Bujur Timur. Bentang alam Depok dari Selatan ke Utara merupakan daerah dataran rendah – perbukitan bergelombang lemah, dengan elevasi antara 50–140 meter diatas permukaan laut dan kemiringan lerengnya kurang dari 15 persen. Kota Depok sebagai salah satu wilayah termuda di Jawa Barat, mempunyai luas wilayah sekitar 200.29 km^2 .

Dalam perencanaan pembangunan hotel di kota Depok termasuk sebuah bisnis yang besar yang menguntungkan bagi para pebisnis yang termasuk sebuah usaha jangka lama begitu juga yaitu kota Depok tersebut yang dipandang dengan perekonomian berkembang dengan pesat. Kemudian begitu juga di kota Depok memiliki bebrapa wisata yang banyak berbagai macam indahny, membangun hotel dekat dengan pusat perhatian orang bisa jadi suatu hal positif sebagai tempat istirahat masyarakat dari luar kota, warga negara asing maupun warga dalam kota dengan fasilitas yang terjamin.

Indonesia adalah negara dengan aktivitas seismik yang tinggi. Gempa di Indonesia terjadi dengan rata – rata sebanyak 400 kali perbulan (BMKG, 2020). Secara geografis Indonesia terletak di antara dua samudera, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, sedangkan posisi geologis Indonesia pada pertemuan 3 lempeng, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, apabila ketiga lempeng tersebut beraktivitas dapat menyebabkan gempa lempeng bumi atau gempa tektonik, Indonesia juga termasuk kedalam bagian peta cincin pasifik dapat dilihat pada Gambar 1.1



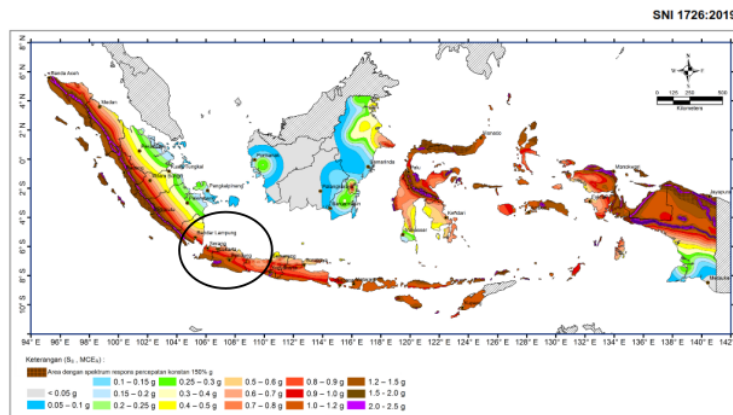
Gambar 1. 1 Peta Cincin Api Pasifik

Terdapat sebuah peristiwa kejadian ada tanggal 23 Januari 2018 pukul 13.35 WIB terjadi gempa bumi berkekuatan magnitudo 6,1 skala *richter* yang terletak berpusat di Lebak , Banten. Gempa ini mengakitbatkan bangunan rumah rusak serta perkantoran dan rumah sakit. Begitupun juga gempa bumi di Cianjur berkekuatan magnitudo 5,6 skala *richter* pada tanggal 21 November 2022 pukul 12.15 WIB yang lokasi gempa di 6,84 Lintang Selatan dan 107,05 Bujur Timur yang berpusat di 10 km barat daya dari kabupaten Cianjur, Jawa Barat, gempa tersebut terasa di pemukiman di kota Depok. Gempa tersebut berdampak besar yang telah mengakibatkan banyaknya korban jiwa dan telah menewaskan sebanyak 162 korban yang meninggal dunia dan 326 luka-luka akibat gempa Cianjur (Badan Penanggulangan Bencana Daerah, 2022).

Berdasarkan hal tersebut, struktur bangunan bertingkat di Indonesia dirancang dengan tahan gempa, yang termasuk juga pada kota Depok yang terdapat banyak bangunan bertingkat ataupun bangunan tinggi harus dirancang berdasarkan prinsip perencanaan tahan gempa. Bangunan dikatakan tahan gempa dan tetap berdiri kokoh , yaitu ketika bangunan tersebut dapat menahan gaya dari tanah yang membuatnya bergetar yang mempengaruhi struktur bangunan tersebut ini bisa berupa gempa bumi ataupun getaran – getaran lainnya. Bangunan sangat beresiko terhadap faktor-faktor yang berasal dari alam seperti angin, hujan dan panas matahari, gempa bumi, dan lain lain.

Struktur gedung direncanakan untuk memberikan jaminan keselamatan penghuni gedung, maka dari itu gedung yang direncanakan harus memenuhi standart. Salah satu standart yang digunakan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah SNI 1726 – 2019, dalam peraturan tersebut terdapat berbagai macam sistem struktur yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Ganda ,Sistem Rangka Gedung dan Sistem dinding penempu.

Gedung Hotel Dracarys ini didesain 13 lantai di Kota Depok. Untuk bangunan konstruksi gedung bertingkat, pengaruh risiko gempa harus diperhitungkan, kota Depok, merupakan kawasan dengan wilayah risiko gempa tinggi, zona 6. Sistem yang digunakan dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa adalah Sistem Rangka Pemikul Momen, dengan ciri-ciri SRPM antara lain adalah beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom, untuk peranan sambungan antara balok dan kolom sangat penting. Pemilihan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ini dikarenakan pendetailannya menghasilkan struktur yang daktail (kemampuan suatu struktur dalam berdeformasi inelastic tanpa kehilangan kekuatan yang berarti) yang wajib digunakan di wilayah risiko gempa tinggi, zona 5 dan zona 6 (Patrisko,2018). Penentuan tingkatan daerah gempa di Indonesia dapat ditinjau melalui peta kegempaan Indonesia. Pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3 tentang Peta Persebaran Wilayah Kegempaan di Indonesia pada tahun 2019 khususnya Kota Depok.



Gambar 1. 2 Peta Persebaran Gempa Wilayah Indonesia Sumber SNI 1726 – 2019



Gambar 1. 3 Peta MCEr (S_s) Kota Depok Sumber SNI 1726 – 2019

² Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang digunakan untuk perencanaan bangunan di daerah dengan intensitas gempa tinggi. Perencana Hotel Dracarys 13 lantai memilih metode gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan pertimbangan pendetailnya menghasilkan struktur dengan daktilitas penuh yang memiliki kemampuan dalam berdeformasi inelastis tanpa kehilangan kekuatan. Perencanaan gedung hotel ini direncanakan dengan desain hubungan balok dan kolom beserta juga konsep strong coloum weak beam yaitu kemampuan kolom harus lebih besar 20% dari balok, Dalam perencanakan gedung Hotel Dracarys di Kota Depok 13 lantai dengan pemodelan struktur bangunan tahan gempa menggunakan menggunakan rangka beton bertulang. Menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan ²⁹ Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019). Kekuatan dan kekakuan dari struktur juga harus diperhatikan untuk mampu menahan beban rencana, baik beban gravity maupun beban angin dan gempa, serta harus menghasilkan *Story Drift* (simpangan antar lantai). Berdasarkan perencanaan gedung Hotel Dracarys 13 lantai ini dengan meninjau hubungan balok kolom pada struktur dengan menganalis Hubungan Balok Kolom digunakan untuk menyederhanakan perhitungan gaya dalam struktur kompleks dengan deformasi yang terjadi pada sambungan-sambungan balok denga kolom pada struktur.

² Keuntungan penggunaan sistem rangka pemikul momen khusus yaitu, SRPMK tidak memerlukan dinding geser (*shearwall*), ataupun bresing vertikal maupun diagonal sehingga tidak mengganggu para perencana arsitek dalam membuat perencanaan desain bangunan (Hamburger, et al. 2009). Banyaknya ¹⁶ sendi plastis pada sistem rangka pemikul momen khusus memberi keuntungan lain pada sistem ini yaitu memiliki kapasitas yang besar untuk memencarkan gaya gempa. ¹⁶ Pada sistem rangka pemikul momen khusus, ⁴ perancangan balok harus diperhatikan agar pembentukan sendi-sendi plastis terjadi pada bagian balok dekat muka kolom (tanpa adanya kegagalan pada sambungan). Cara yang biasa digunakan untuk membentuk sendi plastis tersebut adalah dengan cara memperlemah bagian balok yang diharapkan menjadi tempat terjadinya sendi plastis (*Strong Column Weak Beam*).

⁸ Pada Tugas Akhir ini akan didesain/direncanakan sebuah bangunan gedung Hotel 13 lantai di Depok dengan intensitas gempa di daerah tersebut cukup tinggi, dengan pemodelan struktur bangunan tahan gempa menggunakan rangka beton bertulang .Bangunan didesain

¹⁹ berdasarkan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2019) dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019) yang terbaru. Beserta juga perencanaan gedung Hotel 13 lantai di Depok menggunakan peraturan yang mengacu pembebanan PPPURG 1987, diharapkan ² dapat merencanakan struktur gedung tahan gempa yang lebih baik.

Berikut terdapat penelitian ¹⁹ terdahulu yang memiliki beberapa persamaan dengan studi penulis, sehingga akan dilakukan peninjauan dari beberapa penelitian dibawah ini dengan studi yang penulis lakukan diantaranya sebagai berikut :

Tabel 1. 1 Peneliti Terdahulu

Nama	Muchammad Subkhan Ash Shubki, Utari Khatulistiani.	Fajar Diantos Subhan Soelarso.	Juan Ajiwidarta Anwar, Andaryati.
Judul penelitian	Perencanaan Struktur Gedung Gpartemen Permata Intan dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK di Kota Yogyakarta	¹¹ Analisis Struktur Beton Bertulang SRPMK Terhadap Beban Gempa Statik dan Dinamik Dengan Peraturan SNI 1726 2012	Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Depok Berdasarkan SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 - 2019
Parameter yang diteliti	<ol style="list-style-type: none"> Pendesainan dimensi kolom dan balok dengan metode sesuai SNI 2847 – 2013 Simpangan gedung yang direncanakan dengan peraturan SNI 1726 2012. 	<ol style="list-style-type: none"> Desain struktur beton bertulang SRPMK dengan kategori desain seismik D sesuai dengan peraturan SNI 1726 2012 dan SNI 03 2847 2013. ¹¹ Pembebanan yang ditinjau meliputi beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) sesuai PPIUG 1983 dan beban horizontal (beban gempa dinamik respon spektrum dan statik ekuivalen) sesuai SNI 1726 2012. 	<ol style="list-style-type: none"> Perencanaan pendetailan struktur dengan menggunakan metode SRPMK sesuai SNI 2847 - 2019 ¹ Simpangan antar lantai gedung yang terjadi pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) sesuai dengan SNI 1726 – 2019

<p>Hasil</p>	<p>² Simpangan antar lantai gedung tingkat desain (Δ) = 15,354 mm < simpangan gedung tingkat ijin (Δ_a) = 61,54 mm.</p> <p>Strong column weak beam untuk kuat lentur kolom telah memenuhi, momen kolom 1783,07 kNm > 6/5 momen balok 1769,44 kNm.</p>	<p>¹¹ (1) Simpangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 26.4 mm (akibat respon spektrum) dan 25.85 mm (akibat statik ekuivalen) tidak melewati batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 67.31 mm,</p> <p>¹¹ (2) Hasil dari penelitian ini menunjukkan dengan dimensi kolom utama 550 mm x 550 mm balok utama 300 mm x 600 mm struktur gedung sudah mampu memikul beban gravitasi dan horizontal (beban gempa statik dan dinamik) dan sudah memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan gedung terhadap simpangan,</p>	<p>(1) Gedung Hotel Dracarys didapat simpangan (Δ) = 29,76, tidak melebihi batas dari simpangan ijin (Δ_a) = 100 mm</p> <p>(2) Kontrol ¹⁷ Strong Column Weak Beam (SCWB) telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.3.2. rencana kolom kuat dengan kapasitas kolom lebih besar 1,2 balok kapasitas dengan nilai didapat $\Sigma M_{nc} = 2.749.111,40 \text{ N} \geq \Sigma M_{nb} = 2.487.124,29 \text{ N}$ telah memenuhi.</p>
--------------	--	---	---

¹⁹ Berdasarkan hasil kajian dari literatur yang sudah ditinjau di atas ada beberapa perbedaan dengan studi yang penulis lakukan diantaranya :

1. Hasil perencanaan di atas masih menggunakan peraturan SNI terdahulu seperti SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013, sedangkan kajian ini menggunakan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019.
2. Pada penelitian terdahulu untuk pembebanan mengacu pada PPIUG 1983, sedangkan pada kajian ini mengacu pada PPPURG 1987.

Pada penelitian terdahulu terdapat dimensi bangunan dan jumlah lantai yang berbeda pada kajian penulis

² 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, Gedung Hotel Dracarys yang akan dibangun di Kota Depok maka dapat diambil perumusan masalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana pendetailan hubungan balok dan kolom pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019?
2. Bagaimana mengetahui simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) telah memenuhi persyaratan SNI 1726 – 2019?
3. Bagaimana menggunakan prinsip SRPMK, *Strong Column Weak Beam* pada perencanaan struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai di Kota Depok telah memenuhi persyaratan SNI 2847-2019?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini agar fokus pada perencanaan struktur gedung, maka penulisan ini diberi Batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak merencanakan perhitungan biaya pembangunan.
2. Tidak meninjau sistem *Mechanica Electical Plumbing* (MEP), serta manajemen konstruksi di lapangan.
3. Perencana tidak membahas metode pelaksanaan.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah merencanakan gedung sesuai struktur beton bertulang di Kota Depok dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah pendetailan hubungan balok kolom pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan SRPMK telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019.
2. Untuk mengetahui Apakah simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus telah memenuhi syarat SNI 1726 – 2019.
3. Untuk mengetahui apakah pendetailan SCWB pada struktur gedung Hotel Dracarys 13 lantai yang direncanakan menggunakan SRPMK telah memenuhi persyaratan SNI 2847 – 2019.

² 1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir Ini dengan berjudul Perencanaan Struktur Hotel Dracarys Beton Bertulang 13 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Kota Depok adalah:

1. Dapat memberikan pengetahuan tentang informasi mengenai bagaimana cara perencanaan struktur gedung beton bertulang tahan gempa dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Dapat digunakan sebagai acuan referensi untuk para akademis yang khususnya di bidang Teknik sipil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

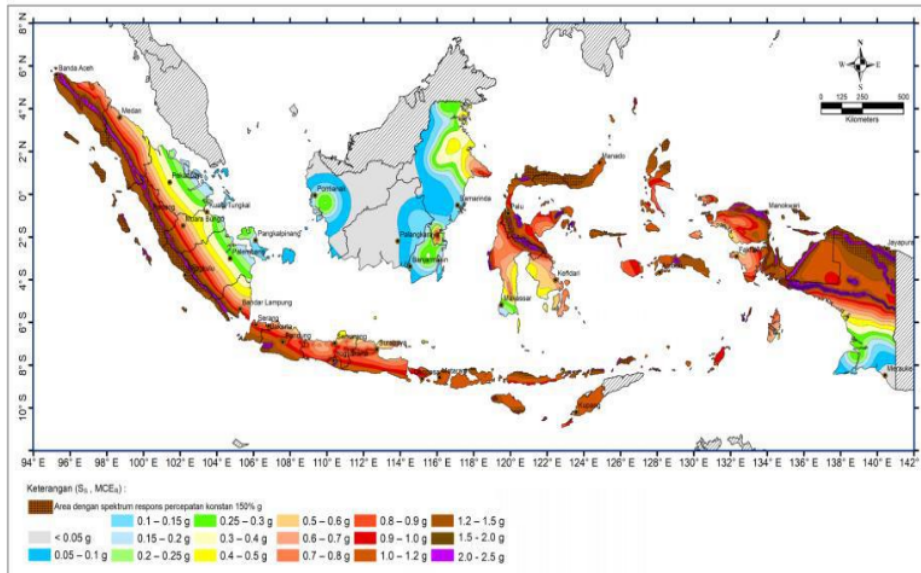
2.1 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Merencanakan suatu struktur gedung pada daerah tahan gempa haruslah menjamin struktur gedung tersebut agar tidak rusak atau runtuh dari gempa yang begitu kecil maupun gempa yang begitu kuat. Dalam perencanaan gedung di daerah rawan gempa, gedung dengan segenap komponen struktur penahan gempa harus direncanakan dan dibuat mendetail sedemikian rupa sehingga keseluruhannya mampu memberikan perilaku daktail sepenuhnya, artinya saat menerima beban sampai melebihi kuat elastisnya struktur tidak langsung pecah atau rusak, namun berubah bentuk terlebih dahulu secara plastis sampai batas tertentu pada saat terjadi gempa (Dipohusodo, 1994).

Dalam merencanakan struktur bangunan gedung bertingkat dengan memerlukan suatu sistem yang sesuai agar bisa digunakan lebih maksimal. Untuk merencanakan struktur bangunan bertingkat memerlukan suatu sistem yang sesuai agar bisa digunakan lebih maksimal. Salah satu sistem untuk merencanakan struktur bangunan bertingkat tahan gempa yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus merupakan sistem rangka dalam yang dimana komponen – komponen struktur dan join – join tersebut mampu menahan gaya – gaya dalam dan lentur yang bekerja pada struktur, oleh karena itu perhitungan SRPMK ini menggunakan konsep *Strong Column Weak Beam*.

2.2 Wilayah Gempa

Berdasarkan wilayah gempa pada perencanaan ini peta MCE_R tahun 2019 menunjukkan parameter setiap wilayah di Indonesia berbeda beda pada tiap kota maupun koordinat. Peta MCE_R juga menunjukkan parameter S_I yaitu percepatan batuan pendek. Pada peta wilayah Indonesia menurut SNI 1726:2019 dengan periode ulang 50 tahun seperti terlihat pada Gambar 2.1. Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa. Wilayah zona 1 yaitu merupakan dengan tingkat zona paling rendah, begitupun juga zona 6 merupakan dengan wilayah tingkat zona yang paling tinggi.



Gambar 2. 1 Peta Wilayah Gempa Indonesia

2.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa

Perencanaan gedung Hotel Dracarys ini yang direncanakan tahan gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2% berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.1.1. Hotel Dracarys ini yang sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 4.1.2. bahwa bangunan hotel atau setara dengan gedung perkantoran maka dikategorikan dalam kategori resiko II dengan dengan nilai faktor keutamaan gempa $I_e = 1,0$. Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 4.1.2, Tabel 4

2.4 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs digunakan untuk menentukan kelas situs berdasarkan indentifikasi kondisi tanah dilapangan. Tabel klasifikasi situs dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A

SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

1 CATATAN: N/A = Tidak Dapat Dipakai, Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 5.3. Tabel 5

2.4.1 Analisa Respon Situs untuk Tanah Kelas Situs SF

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 5.3.1 diklasifikasikan sebagai kelas situs SF, serta selanjutnya investigasi geoteknik spesifik serta analisis respon spesifik.

1. Tanah yang rawan berpotensi gagal atau runtuh akibat seismik seperti mudah likuifaksi tanah lempung sangat sensitif, dan tanah bersementasi lemah
2. Lempung kadar organik tinggi dan/atau gambut, dengan ketebalan, $H > 3$ m
3. Lempung dengan plastisitas yang sangat tinggi dengan ketebalan, $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas, $PI > 75$
4. Lempung lunak atau lempung dengan kekuatan sedang yang memiliki ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa

2.4.2 Menentukan Respons Spektral

Untuk penentuan respon spectral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik.

Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

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

$$S_{M1} = F_v S_I \quad (2.2)$$

Keterangan :

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek;

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Dengan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 2.4 dan Tabel 2.5

Tabel 2. 2 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-target (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 6.2. Tabel 6

CATATAN: SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs – spesifik

Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-target (MCE_R) terpatakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 6.2. Tabel 7

CATATAN: SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs – spesifik

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1 detik, S_{DI} harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

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

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (2.4)$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan, maka nilai S_{DS} harus ditentukan sesuai 0 dan nilai S_{DI} tidak perlu ditentukan.

Bila spectrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.2 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spectrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \cdot \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DI}

3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} =$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

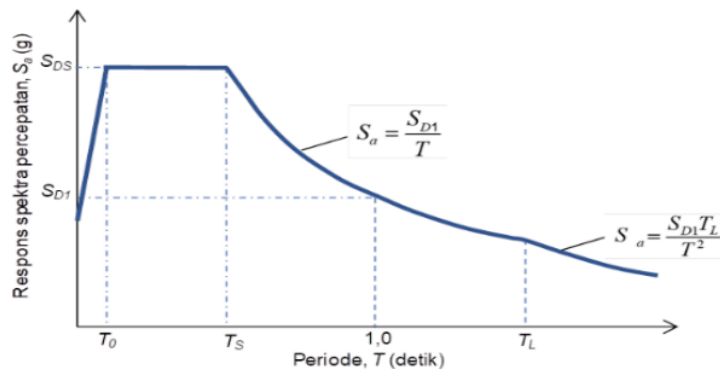
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

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

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

T_0 = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Spectrum Respons Desain

(Sumber SNI 1726:2019, Pasal 6.4 Gambar 3)

2.5 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.5 struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko **I,II,III** yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan para periode 1 detik, S_1 lebih besar atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur

lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainya, S_{DS} dan S_{DI} dengan mengacu pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 6.5. Tabel 8

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 6.5. Tabel

2.6 Perencanaan Beban Gempa

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen – elemen pondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi – kombinasi sebagai di bawah. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban – beban angin dan seismik harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan.

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$

5. $0,9D + 1,0W$

Apabila suatu struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi – kombinasi beban berikut harus diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar di atas. Pengaruh beban seismik yang paling menentukan harus ditinjau, tetapi tidak perlu diperhitungkan secara bersamaan dengan beban angin.

6. $1,2D + E_v + E_h + L$

7. $0,9D - E_v + E_h$

2.6.1 Periode Funda Mental Pendekatan

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2.1 periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \tag{2.6}$$

Keterangan : h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur , dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.7.

Tabel 2. 5 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik		
<ul style="list-style-type: none"> • Rangka baja pemikul momen • Rangka beton pemikul momen 	<p>0,0724</p> <p>0,0466</p>	<p>0,8</p> <p>0,9</p>

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 7.8.2.1 Tabel 18

2.6.2 Distribusi Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.3 Gaya seismik lateral, F_x , (kN) di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V \tag{2.7}$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \tag{2.8}$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal
 V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
 W_i dan W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
 k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

2.6.2.1 Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Geser tingkat desain seismik di semua tingkat, V_x (kN), harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.9)$$

Keterangan :

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) pada tingkat ke- i (kN)

2.6.3 Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat desain (Δ), tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ($\Delta\delta$) seperti di dapat untuk semua tingkat.

Tabel 2. 6 Simpangan antar tingkat izin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit – langit dan sistem dinding eksterior yang telah di desain untuk mengakomodasi antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$

Sumber: SNI 1726:2019. Pasal 7.12.1 Tabel 20

Defleksi pusat massa tingkat x (δ_x) (mm) ditentukan sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{max}}{I_e} \quad (2.10)$$

Dimana :

C_d = faktor amplikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi struktur

I_e = Faktor keutamaan gedung

2.7 ¹ Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder adalah bagian struktur gedung yang tidak menahan kekuatan secara penuh, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang mengenai bagian struktur tersebut secara langsung. Adapun dalam perencanaan struktur sekunder, komponen-komponen yang direncanakan antaralain adalah komponen pelat dan balok anak. Perencanaan struktur sekunder mengacu pada peraturan SNI 2847-2019

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. ² Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). ⁴ Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur, Asroni (2010)

Untuk pelat tempat ⁴ rasio sisi panjang (l_y) dan sisi pendek (l_x) lebih dari 2 dapat dikategorikan sebagai sistem pelat satu arah sementara ⁴ rasio sisi panjang (l_y) dan sisi pendek (l_x) kurang dari 2, maka dapat digunakan digunakan sistem pelat dua arah.

2.7.1 ¹⁸ Perencanaan Pelat Satu Arah

berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1 untuk pelat nonprategang yang tidak tertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum pada Tabel ³ 7.3.1.1 SNI 2847:2019.

Tabel 2. 7 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang

Kondisi tumpuan	$h^{(1)}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$

Kantilever	$l/10$
------------	--------

Sumber: SNI 2847:2019. Pasal 7.3.1.1 Tabel 7.3.1.1

- Pada SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1.1 untuk f_y lebih dari 420 MPa, persamaan pada Tabel 2.10 harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$.

1. Kekuatan perlu

- Momen terfaktor

Untuk pelat yang dibangun menyatu dengan tumpuan, M_u ditumpuan dipernankan dihitung pada muka tumpuan.

- Geser terfaktor

Untuk pelat yang dibangun menyatu dengan tumpuan, V_u di tumpuan dipernankan dihitung pada muka tumpuan.

2. Kekuatan Desain

untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang dipakai, kekuatan desain disemua penampang harus memenuhi $\phi S_n \geq U$

- $\phi M_n \geq M_u$
- $\phi V_n \geq V_u$

3. Batasan Tulangan

Tabel 2. 8 $A_{s,min}$ untuk pelat satu arah nonprategang

Tipe tulangan	f_y MPA	$A_{s,min}$
Batang ulir	<420	$0,0020A_g$
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari : $\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
		$0,0014A_g$

Sumber: SNI 2847:2019. Pasal 7.6.1.1 Tabel 7.6.1.1

Luas minimum tulangan geser, $A_{v,min}$ harus disediakan pada semua penampang dimana:

- $V_u > \phi V_c$

2.7.2 Perencanaan Pelat Dua Arah

Pelat lantai dua arah merupakan suatu sistem pelat yang ditopang pada keempat sisi nya. Persyaratan dasar untuk pelat dua arah adalah bahwa rasio bentang panjang dan

bentang pendeknya kurang dari dua. Beban dari pelat lantai ke jenis pelat ini kemudian didistribusikan ke keempat sisi pelat atau ke empat balok bantalan beban, sehingga tulangan utama pelat dibutuhkan di kedua arah pelat sisi. Sistem pelat dua arah memungkinkan terjadinya lendutan yang relatif kecil yang disebabkan adanya balok yang menopang pelat dapat meningkatkan kekakuan pelat (Kusuma, 2020). Untuk pelat nonprategang diantara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, ketebalan pelat keseluruhan h tidak boleh kurang dari batasan tabel 2.11.

Tabel 2. 9 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)

F_y , MPA	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/29$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1.1 Tabel 8.3.1.1

- (1) l_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan.
- (2) Untuk f_y dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear
- (3) Drop panel sesuai 8.2.4
- (4) Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika α_f kurang dari 0,8. Nilai α_f untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

Sumber SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1

Tabel 2. 10 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya

α_{fm}	h minimum, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku		(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ell n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b) ^{(2),(3)}
		125	(c)
$\alpha_{fm} > 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ell n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$	(d) ^{(2),(3)}
		90	(e)

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1.2 Tabel 8.3.1.2

1. Batas lendutan

Untuk pelat nonprategang ϵ_t sekurang – kurangnya 0,004

2. Kekuatan desain

Untuk setiap beban kombinasi terfaktor yang berlaku, kekuatan desain harus mencakup :

- $\phi M_n \geq M_u$ di semua penampang sepanjang bentang pada setiap arah
- $\phi M_n \geq \gamma_{Mu}$ dalam b_{pelat}
- $\phi V_n \geq V_u$ di semua penampang sepanjang bentang pada setiap arah untuk geser satu arah
- $\phi V_n \geq V_u$ pada penampang kritis yang untuk geser dua arah

3. Batasan tulangan

Tabel 2. 11 $A_{s,min}$ untuk pelat dua arah nonprategang

Jenis tulangan	f_y , MPA	$A_{s,min}$, mm ²
Batang ulir	< 420	$0,0020A_g$
Batang ulir atau kawatt las	≥ 420	Terbesar dari : $\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
		$0,0014A_g$

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 8.6.1.1 Tabel 8.6.1.1

4. Pendetailan tulangan

Untuk pelat solid nonprategang, spasi maksimum s tulangan ulir longitudinal harus yang terkecil dari $2h$ dan 450 mm pada penampang kritis, dan yang terkecil dari $3h$ dan 450 mm pada penampang lainnya.

2.7.3 Balok Anak

Dalam perencanaan pembangunan gedung ini menggunakan balok anak untuk mendukung struktur. Fungsi balok anak disini berfungsi untuk menopang momen plat supaya tidak terjadi lendutan yang besar, akibat plat yang terlalu lebar.

2.7.4 Balok Penggantung Lift

Lift angkutan transportasi vertikal yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang. Lift umumnya digunakan di gedung-gedung bertingkat tinggi. Perencanaan yang dilakukan meliputi balok – balok yang berkaitan dengan mesin penggantung lift.

Dalam PPPURG 1987 Pasal 3.3.(3) tertulis bahwa beban keran yang membenani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah dengan berat 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 menurut rumus berikut:

$$\psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot v) \geq 1,15 \quad (2.11)$$

Keterangan:

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

k_1 = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat-sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan dapat diambil sebagai berikut:

- Pada mesin listrik biasa atas mesin-mesin lain dengan sifat-sifat yang sejenis $k_2 = 1,0$

- Pada mesin sangkar asinkron dan mesin termis dengan kopling $k_2 = 1,3$

- Pada mesin dengan pembatas percepatan otomatis:

+ Dengan alat cengkeram $k_2 = 0,75$

+ Dengan alat kait $k_2 = 0,50$

2.7.5 Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan. Pada bangunan umum, penempatan haruslah mudah diketahui dan strategis untuk menjangkau ruang satu dengan lainnya, penempatan tangga harus disesuaikan dengan fungsi bangunan untuk mendukung kelancaran hubungan yang serasi antara pemakai bangunan tersebut

2.8 Perencanaan Struktur Primer

Struktur primer merupakan komponen utama yang berfungsi untuk menahan beban gravitasi dan beban lateral (beban gempa). Adapun dalam perencanaan struktur primer, komponen-komponen yang direncanakan antara lain adalah komponen balok induk, kolom.

2.8.1 Perencanaan Balok Induk

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 9.3.1.1 untuk balok nonprategang yang tidak mampu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh dari batas maksimum pada tabel 2.14

Tabel 2. 12 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 9.3.1.1 Tabel 1.3.1.1

Untuk f_y lebih dari 420 MPa, persamaan pada tabel 2.14 harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Untuk balok nonprategang dari beton ringan w_c berkisar 1440 hingga 1840 kg/m^3 , persamaan pada Tabel 2.14 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari :

- $1,65 - 0,0003w_c$
- 1,09

Untuk balok nonprategang dengan $P_u < 0,10f'_c A_g$, ϵ_t sekurang – kurangnya 0,004.

1. Kekuatan rencana

Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang dipakai, kekuatan desain disemua penampang harus memenuhi $\phi S_n \geq U$ meliputi keempat persyaratan dibawah.

Interaksi antara pengaruh beban harus diperhitungkan.

- a. $\phi M_n \geq M_u$
- b. $\phi V_n \geq V_u$
- c. $\phi T_n \geq T_u$
- d. $\phi P_n \geq P_u$

2. Batasan tulangan

$A_{s,min}$ harus lebih besar dari :

- a. $\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$
- b. $\frac{1,4}{f_y} b_w d$

Luas minimum tulangan geser $A_{v,min}$ harus disediakan pada semua penampang dimana, $V_u > 0,5\phi V_c$, kecuali kasus pada tabel 2.15 untuk kasus ini sekurang – kurangnya $A_{v,min}$ harus dipasang dimana $V_u > \phi V_c$.

Tabel 2. 13 Kasus dimana $A_{v,min}$ tidak diperlukan jika $0,5\phi V_c > V_c > \phi V_c$

Tipe Balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250$ mm
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dari 2,5 t_f atau 0,5 b_w dan $h \leq 600$ mm
Dibangun dengan beton bobot normal bertulang serat baja sesuai dengan $f'_c \leq 40$ MPa	$h \leq 600$ mm dan $V_u \leq \phi 0,17 \sqrt{f'_c} b_w d$
Sistem pelat berusuk satu – arah	sesuai dengan pasal 9.8

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 9.6.3.1 Tabel 9.6.3.1

3. Spasi tulangan geser

Spasi maksimum tulangan geser harus sesuai dengan tabel 2.16

Tabel 2. 14 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser

V_s	Maksimum s, mm		
		Balok nonprategang	Balok prategang
$\leq 0,33\sqrt{f'_c}b_wd$	Terkecil dari :	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0,33\sqrt{f'_c}b_wd$	Terkecil dari :	$d/4$	$3h/8$
		300	

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 9.7.6.2.2 Tabel 9.7.6.2.2

- Tulangan torsi longitudinal harus diteruskan sejarak sekurang -
kurangnya $(b_t + d)$ melewati titik yang disyaratkan oleh analisis
- Spasi tulangan torsi transversal tidak boleh melebihi $P_n / 8$ dan 300 mm
Spasi tulangan transversal harus tidak melebihi sekurang – kurangnya
diantaranya :
 - $16d_b$ tulangan longitudinal
 - $48d_b$ tulangan transversal
 - Dimensi terkecil balok

2.8.2 Perencanaan Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 10.3.1.3 Untuk kolom dicor secara monolitik dengan dinding beton, batas luar penampang kolom efektif tidak boleh diambil lebih besar dari 40 mm di luar tulangan transversal.

1. Kekuatan desain

Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang ditetapkan, kekuatan desain pada semua penampang harus memenuhi $\phi S_n \geq U$, meliputi:

- $\phi P_n \geq P_u$
- $\phi M_n \geq M_u$
- $\phi V_n \geq V_u$
- $\phi T_n \geq T_u$

2. Batasan tulangan

Untuk kolom nonprategang dan kolom prategang dengan nilai rata – rata $f_{pe} < 1,6$ MPa, luas tulangan longitudinal harus sekurang – kurangnya $0,01 A_g$, namun tidak boleh melebihi $0,08 A_g$

Luas minimum tulangan geser, $A_{v\ min}$ harus disediakan disemua wilayah dimana $V_u > 0,5 \phi V_c$

Bila tulangan geser diperlukan, $A_{v\ min}$ harus lebih besar dari :

- $0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w s}{f_{yt}}$
- $0,35 \frac{b_w s}{f_{yt}}$

3. Pendetailan tulangan

Tulangan longitudinal

Untuk kolom nonprategang dan kolom prategang dengan nilai rata – rata $f_{pe} < 1,6$ MPa

- Tiga dalam sengkang segitiga
- Empat dalam sengkang ikat segi empat atau lingkaran
- Enam dalam sengkang spiral atau untuk kolom pada sistem pemikul momen khusus dalam sengkang spiral melingkar

4. Geser

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 10.7.6.5.1 Jika diperlukan, tulangan geser harus menggunakan sengkang ikat, sengkang pengekang, atau sengkang spiral. Spasi maksimum tulangan geser harus sesuai Tabel 2.17

Tabel 2. 15 Persyaratan spasi maksimum tulangan geser

V_s	Maksimum s, mm		
		Balok nonprategang	Balok prategang
$\leq 0,33 \sqrt{f'c} b_w d$	Terkecil dari :	d/2	3h/4
		600	
$> 0,33 \sqrt{f'c} b_w d$	Terkecil dari :	d/4	3h/8
		300	

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 10.7.6.5.2 Tabel 10.7.6.5.2

2.9 Persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) yaitu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dipakai untuk daerah dengan resiko gempa tinggi wilayah gempa 5 dan 6.

2.9.1 Stroung- Coloum Weak-Beam

Konsep perencanaan desain kolom kuat balok lemah atau yang dikenal dengan istilah Strong Column Weak Beam (SCWB) adalah salah satu inovasi desain struktur dengan cara membuat sistem struktur yang fleksibel yang mampu berdeformasi saat terjadi gempa. Konsep ini digunakan untuk memastikan tidak terjadinya sendi plastis pada kolom selama gempa terjadi dan diharapkan kolom tidak akan mengalami kegagalan terlebih dahulu sebelum balok. (Mi Wibowo , 2020).

2.9.2 Menghindari Keruntuhan Geser

Respon yang bersifat daktail diharapkan terjadi pada balok, dan pada saat yang sama tidak boleh terjadi keruntuhan geser. Keruntuhan geser khususnya pada kolom sangat fatal bagi struktur karena kolom pada satu lantai menumpu semua lantai di atasnya.

Dalam ketentuan SRPMK, keruntuhan geser dihindari dengan pendekatan desain kapasitas. Gaya geser yang diperhitungkan bukan hanya berasal dari gaya geser akibat beban gravitasi (beban hidup, beban mati) tapi juga mempertimbangkan beban geser yang berasal dari kapasitas momen maksimum balok pada saat balok mengalami leleh (Patrisko, Servi O, Ronny, 2018)

2.9.3 Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Sementara faktor daktilitas struktur gedung dalam SNI 03-1726:2002²⁴ merupakan rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan δm dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelepasan pertama δy .

1. Tingkat Daktilitas

Mengenai tingkat daktilitas,² Tata Cara Perencanaan Struktur Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung dan non gedung SNI 03-1726:2002, mengklasifikasikan tingkat daktilitas sebagai berikut:

- a. ⁸ Daktil penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung, dimana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca-elastik pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencaai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3.
- b. ⁸ Daktil parsial adalah seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas diantara untuk struktur gedung yang elastic penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktil penuh sebesar 5,3.
- c. Elastic penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas sebesar 1,0.

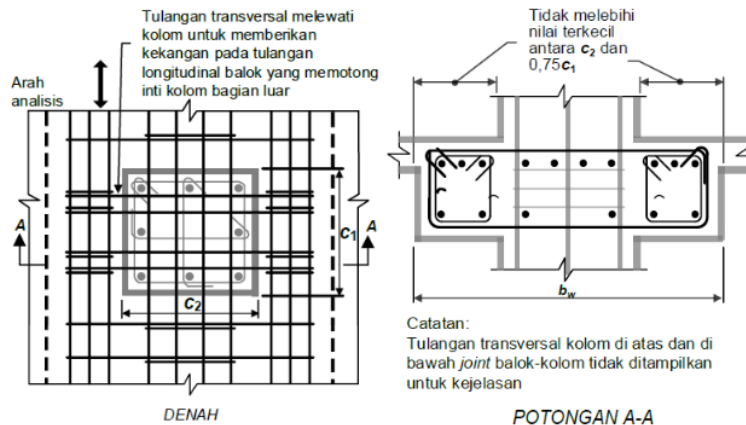
2.9.4¹ Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.1 Ruang lingkup – Pasal ini berlaku untuk balok rangka momen khusus yang menahan beban lateral yang diinduksi oleh pergerakan gempa. Pada standar sebelumnya, setiap komponen rangka yang terkena gaya tekan aksial terfaktor melebihi $(A_g f'_c / 10)$ akibat setiap kombinasi beban harus diproporsionalkan dan didetailkan seperti yang dijelaskan dalam ¹ 18.7. Standar ditulis berdasarkan asumsi bahwa sistem rangka pemikul momen khusus terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang saling berhubungan oleh joint balok-kolom. Diperkenankan balok dan kolom dipasang miring selama sistem yang dihasilkan berperilaku sebagai rangka, yaitu tahanan lateral disediakan terutama oleh transfer momen di antara balok dan kolom daripada aksi strut atau bresing. Pada sistem rangka pemikul momen khusus, diizinkan untuk mendesain balok untuk menahan kombinasi gaya momen dan aksial yang terjadi pada balok yang bekerja keduanya sebagai kantilever di luar kolom, tetapi kantilever seperti itu bukan bagian dari sistem rangka pemikul momen khusus yang membentuk sistem pemikul gaya seismik.

1. Batasan dimensi

balok harus memenuhi

- Bentang bersih, ℓ_n , harus minimal $4d$
- Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil $0,3h$ dan 250 mm
- Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing – masing sisi kolom.



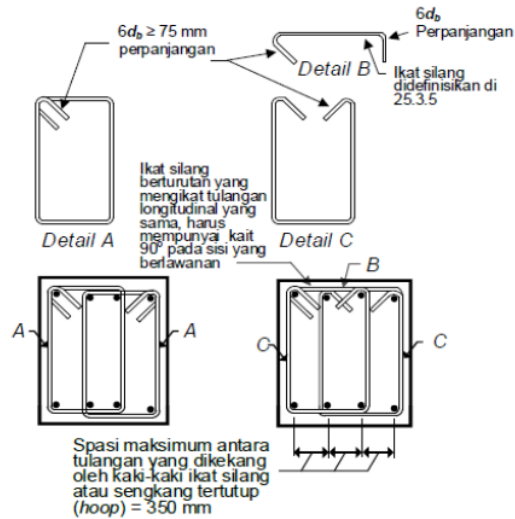
Gambar 2.3 Lebar efektif maksimum balok lebar (wide beam) dan persyaratan tulangan transversal (Sumber SNI 2847:2019)

2. Tulangan longitudinal

- Batasan rasio tulangan $0,025$ didasarkan terutama pada pertimbangan kerapatan tulangan dan secara langsung membatasi tegangan geser balok dengan proporsi tipikal.
- Sambungan lewatan tulangan longitudinal diizinkan jika sengkang pengekang atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi:
 - Dalam joint.
 - Dalam jarak dua kali tinggi balok dari muka joint.
 - Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis di mana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.

3. Tulangan transversal

- a. Sengkang pengekang harus dipasang pada balok daerah berikut:
 - Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok.
 - Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.
- b. Spasi tulangan longitudinal yang tertumpu secara lateral tidak boleh melebihi 350 mm.
- c. Sengkang pengekang pada balok diizinkan terdiri dari dua batang tulangan, yaitu sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ikat silang sebagai penutup. Ikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan longitudinal yang sama harus memiliki kait 90 derajat yang dipasang selang – seling pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur.
- d. Sengkang pengekang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu. Spasi sengkang pengekang tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:
 - $d/4$
 - Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama.
 - 150 mm.
- e. Bila sengkang pengekang tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok.



Gambar 2.4 Contoh sengkang tertutup (hoop) dan dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal

4. Kekuatan geser

1. Gaya desain – gaya geser desain V_e harus dihitung dari tinjauan gaya – gaya pada bagian balok di antara kedua muka joint. Momen – momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , harus diasumsikan bekerja pada muka – muka joint dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya.
2. Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi harus didesain untuk menahan gaya geser dengan mengasumsikan $V_e = 0$ bilamana kedua terpenuhi:
 - a. Gaya geser akibat beban gempa yang dihitung sesuai point a mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.
 - b. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c / 20$

2.9.5 Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.1 ruang lingkup pasal ini berlaku kolom untuk kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan gaya lentur, geser, dan aksial. Kolom – kolom harus memenuhi :

- a. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm
- b. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4

1. Kekuatan lentur minimum kolom

kekuatan lentur kolom harus memenuhi :

$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \quad (2.12)$$

ΣM_{nc} adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom – kolom yang merangka kedalam joint, yang dievaluasi dimuka- muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk haya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya – gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur rendah.

ΣM_{nb} adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka – muka joint.pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam kondisi tarik akibat momen – momen di muka joint, tulangan pelat dalam lebar efektif harus diasumsikan berkontribusi terhadap M_{nb} jika tulangan pelat tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritisnya.

Kekuatan lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen – momen kolom berlawanan dengan momen – momen balok. Harus dipenuhi untuk momen – momen balok yang bekerja pada kedua arah pada bidang vertical rangka yang ditinjau.

2. Tulangan longitudinal

Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$

Pada kolom – kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.

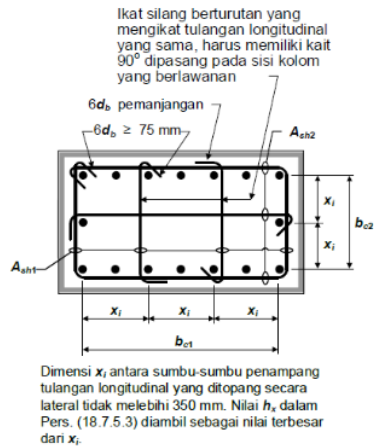
3. Tulangan transfersal

Tulangan transfersal yang disyaratkan harus dipasang sepanjang ℓ_0 dari masing – masing muka joint pada kedua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentung dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastic. Panjang ℓ_0 tidak boleh kurang dari nilai terbesar.

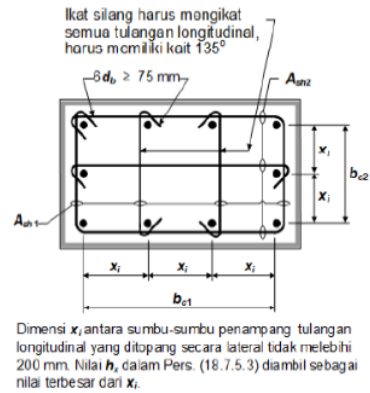
- a. Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
- b. Seperenam tinggi bersih kolom
- c. 450 mm

Tulangan transversal harus sesuai :

- a. Tulangan transversal harus terdiri dari spiral Tunggal atau spiralsaling tumpuk (*overlap*) , sengkang pengekang bundar, atau sengkang pengekang persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
- b. Setiap lekukan ujung sengkang pengekang persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar.
- c. Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil dari diameter sengkang pengekang diizinkan sesuai batasan. Ikat silang yang berurutan harus diselang – selang ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
- d. Jika digunakan sengkang pengekang persegi ataupun ikat silang, tulangan transversal tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal.
- e. Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi h_x antara tulangan – tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki – kaki sengkang pengekang tidak boleh melebihi 350 mm.
- f. Ketika $P_u > 0,3A_g f'_c$ pada kolom dengan sengkang pengekang, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari sengkang pengekang ataupun oleh kait gempu, nilai h_x tidak boleh lebih dari 200 mm. P_u harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk E



Gambar 2.5 Contoh penulangan trnsfersal pada kolom



Gambar 2.6 Contoh penulangan trnsfersal pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f'_c > 70$ MPa

g. Spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari :

- Seperempat dimensi terkecil penampang kolom
- Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- S_0 , yang dihitung dengan

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

Nilai S_0 tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu kurang dari 100 mm.

- Faktor kekuatan beton k_f dan faktor keefektifan pengekan k_n dihitung berdasarkan :

$$k_f = \frac{f'_c}{175} + 0,6 \geq 1,0$$

$$k_n = \frac{n_\ell}{n_\ell - 2}$$

Dimana n_ℓ adalah jumlah batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom dengan sengkang persegi yang ditumpu secara lateral oleh sudut dari sengkang pengekan atau kait seismik .

Tabel 2.21 Tulangan transversal untuk kolom – kolom sistem rangka pemikul momen khusus

Tulangan tansfersal	Kondisi	Persamaan yang berlaku	
$A_{sh}/s_b c$ Untuk sengkang pengegang persegi	$P_u \leq 0,3A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70 \text{ MPa}$	terbesar antara (a) dan (b)	$0,3\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f_c'}{f_{yt}}$ (a) $0,09\frac{f_c'}{f_{yt}}$ (b)
	$P_u > 0,3A_g f_c'$ dan $f_c' > 70 \text{ Mpa}$	terbesar antara (a) (b) dan (c)	$0,2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c)

Sumber SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4 Tabel 18.7.5.4

4. Kekuatan geser

- Gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya – gaya maksimum yang dapat terjadi di muka – muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya – gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di setiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada kolom. Geser kolom tersebut di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke joint. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.
- Tulangan transversal sepanjang l_o harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_e = 0$ bila terjadi :
 - a. Gaya geser akibat gempa, setidaknya setengah kekuatan
 - b. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 20$.

2.9.6 Joint Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.8.1. joint balok – kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian dari sistem pemikul gaya seismik.

- a. Gaya – gaya pada tulangan longitudinal balok di muka joint harus dihitung dengan mengasumsikan tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_t$.
- b. Tulangan longitudinal balok yang dihentikan di dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka terjauh dari inti kolom terkekang dan harus disalurkan dalam tarik sesuai dan dalam tekan sesuai.

- c. Bila tulangan longitudinal balok diteruskan melalui joint balok – kolom, dimensi kolom yang paralel dengan tulangan balok tersebut tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton normal (*normalweight*), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter tulangan.
- d. Tinggi h tidak boleh kurang dari setengah tinggi balok – balok yang merangka pada joint tersebut dan yang menyebabkan geser pada joint sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik.

1. Tulangan transversal

- a. Bila pada keempat sisi joint terdapat balok yang merangka kepadanya dan bila lebar dari setiap balok tersebut setidaknya tiga perempat lebar kolom, maka jumlah tulangan yang diperlukan pasal 2.9.3 poin 3 poin e diizinkan untuk direduksi setengahnya, dan spasi yang diisyaratkan pasal 2.9.3 poin 3 poin g diizinkan untuk ditingkatkan hingga 150 mm dalam ketinggian balok h yang terendah yang merangka pada joint tersebut.
- b. tulangan longitudinal balok yang berada di luar inti kolom harus dikekang oleh tulangan transversal yang menembus kolom dengan spasi sesuai 2.9.3 poin 3 poin e, dan persyaratan 2.9.2 poin 3 poin c, jika pengekangan tersebut tidak diberikan oleh balok yang merangka ke dalam joint.
- c. bila tulangan momen negatif balok menggunakan tulangan berkepala (*headed deformed bar*) yang berhenti di dalam joint, maka ujung atas kolom harus diteruskan di atas joint setidaknya setinggi h . sebagai alternatif, tulangan balok harus dikekang pada muka atas joint oleh tulangan joint vertikal tambahan.

2. Kekuatan geser

Kekuatan geser V_n joint harus sesuai tabel 2.18

Tabel 2. 16 Kekuatan geser nominal joint V_n

Konfigurasi joint	V_n
Untuk joint yang terkekang oleh balok – balok pada keempat sisinya ⁽¹⁾	$1,7\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ ⁽²⁾

Untuk joint yang terkekang oleh balok – balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan ⁽¹⁾	$1,2\lambda\sqrt{f_c'}A_j^{(2)}$
Untuk kasus – kasus lainnya ¹⁶	$1,0\lambda\sqrt{f_c'}A_j^{(2)}$

Catatan : ⁽¹⁾ mengacu pada 18.8.4.2

⁽²⁾ λ diambil 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal, nilai A_j berdasarkan 18.8.4.3

¹ Sumber SNI 2847:2019 Pasal 18.8.4.1 Tabel 18.8.4.1

- ¹⁶
- Pada tabel 2.22, suatu muka joint dianggap terkekang oleh balok apabila lebar balok tersebut paling tidak tiga perempat dari lebar efektif joint. Perpanjangan balok yang melewati muka joint setidaknya sama dengan balok h boleh dianggap memberikan kekangan pada muka joint tersebut
 - Luas penampang efektif dalam suatu joint, A_j harus dihitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif. Tinggi joint harus sebesar lebar kolom, h lebar joint efektif harus selebar kolom, kecuali bila ada balok yang merangka ke dalam kolom yang lebih lebar, lebar joint efektif tidak boleh melebihi nilai terkecil dari
 - Lebar balok ditambah tinggi joint
 - Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom

3. Panjang penyaluran tulangan tarik

- Untuk tulangan D10 hingga D36 yang ujungnya diberi kait standart, panjang penyaluran ℓ_{dh} harus dihitung. Untuk beton normal, ℓ_{dh} yang diperoleh tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara $8d_b$ dan 150mm dan untuk beton ringan tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara $10d_b$ dan 190 mm.

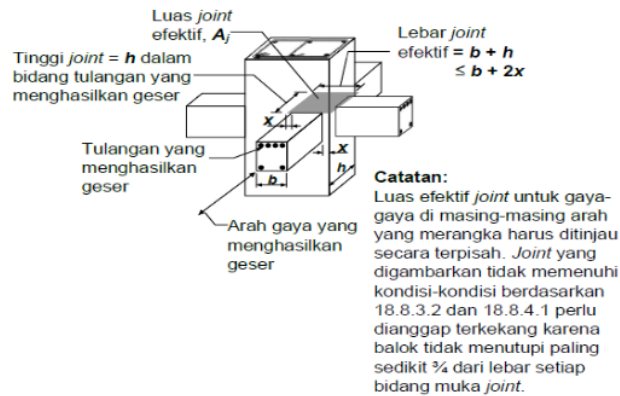
$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \lambda \sqrt{f_c'}}$$

¹ nilai λ adalah 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal

Kait standart harus ditempatkan dalam inti terkekang kolom atau elemen batas, dengan kait ditekuk ke dalam joint

- Untuk tulangan D10 hingga D36 panjang penyaluran tulangan tarik ℓ_d untuk tulangan lurus tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara

- 2,5 panjang sesuai 2.9.4 point 3 bila beton yang dicor dibawah tulangan tersebut tidak melebihi 300 mm
 - 3,25 kali panjang sesuai 2.9.4 point 3 bila tinggi beton yang dicor bersamaan dibawah tulangan melebihi 300 mm
- c. Tulangan lurus yang berhenti pada joint harus melewati inti terkekang kolom atau elemen batas. Semua bagian ℓ_d yang tidak berada didalam inti terkekang harus diperpanjang dengan faktor sebesar 1,6 kali.



Gambar 2. 7 Luas joint efektif

2.10 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem struktur bawah (sub structure) yang menahan berat sendirinya dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Beban dari kolom yang bekerja pada pondasi ini harus disebar ke permukaan tanah yang cukup luas sehingga tanah dapat memikul beban dengan aman (Muchlisin Riadi , 2020)

Ada beberapa pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal yaitu pondasi yang bisa digunakan apabila lapisan tanah dengan kondisi yang baik dan terletak tidak terlalu dalam dari permukaan, sedangkan pondasi dalam yaitu pondasi yang digunakan pada permukaan tanah dengan tingkat daya dukung tanah rendah.

Pondasi dangkal diantaranya yaitu :

- pondasi setempat, pondasi lanjur/menerus, pondasi full plat, pondasi cakar ayam dan pondasi strauzst pile.

Pondasi dalam diantaranya yaitu :

- Pondasi tiang pancang & pondasi bore pile.

2.10.1 Pondasi Tiang Pancang

Fungsi kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam (Hutami, 2013). Tiang pancang umumnya digunakan untuk mengangkat beban-beban konstruksi di atas tanah ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah dan juga beserta mutu yang dibuat oleh pabrik sesuai dengan spek yang diinginkan oleh pelanggan sehingga pelaksana dilapangan tidak kebingungan dengan mutu yang akan di gunakan karena tiang pancang buatan cetakan dari pabrik sesuai dengan pemesanan yang di inginkan. Berdasarkan hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat, untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling (Hutami, 2013).

Adapun perumusan daya dukung ultimit menurut Meyerhoff dinyatakan dengan rumus:

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_b}{3} + \frac{JHP \cdot K}{5} \quad (2.13)$$

$$Q_{ult} = \frac{\sum Q_u}{n} \quad (2.14)$$

Keterangan :

q_c = nilai konus

A_b = Luas penampang (m^2)

JHP = Jumlah hambatan lekat dari data CPT (kg/cm)

K = keliling tiang (m)

Q_u = Nilai daya dukung tanah (ton)

Q_{ult} = Nilai daya dukung maksimum (ton)

n_1 = faktor keamanan (a. tetap: 3, b. sementara: 5)

n_2 = faktor keamanan (a. tetap: 5, b. sementara: 7)

Perhitungan daya dukung tiang pancang yang menurut hasil uji sondir yaitu sebagai berikut:

- a. Panjang ekuivalen dari penetrasi tiang

N rata – rata pada jarak 8D ke atas dari ujung $N1$

N rata – rata pada jarak 4D ke dari ujung tiang $N2$

$$N \text{ rata – rata } N = \frac{N1 + N2}{2}$$

b. Menghitung gaya geser dinding tiang pancang dengan perhitungan :

- Menentukan harga rata – rata N bagi lapisan – lapisan tanah

- Memperkirakan gaya geser dinding tanah

- Menghitung sumbangan gaya geser tiang

Total gaya geser maksimum pada dinding tiang:

$$Q_f = U \sum_i f_{si} \quad (2.15)$$

$$Q_{sp} = \frac{1}{sf} (Q_p + Q_f) \quad (2.16)$$

1 Daya dukung tiang pancang diambil nilai terkecil antara kekuatan bahan atau kekuatan tanah.

Dalam (Hartini, 2021) , faktor aman (n) diperlukan untuk memprediksi besarnya kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (Qijin) berdasarkan prediksi nilai Q ultimit. Alasan diperlukannya faktor aman dalam mendesain pondasi tiang antara lain adalah :

- Untuk memberikan keamanan terhadap tidak kepastian metode hitungan yang digunakan.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang Tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas toleransi.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

c. Kontrol kebutuhan tiang pancang

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (2.17)$$

p tiang yang dizinkan

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{My X_{maks}}{\Sigma x^2} \pm \frac{My y_{maks}}{\Sigma y^2} \quad (2.18)$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{My X_{maks}}{\Sigma x^2} \pm \frac{My y_{maks}}{\Sigma y^2} < P_{ijin} \quad (2.19)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{My X_{maks}}{\Sigma x^2} \pm \frac{My y_{maks}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (2.20)$$

1 Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre :

$$Q_{tiang} = \eta \times P_{ijin} \times P_{maks} \quad (2.21)$$

$$\text{Evisiensi } (\eta) = 1 - \left(\text{arc } \theta \left(\frac{D}{S} \right) \right) \left(\frac{m(n-1) + n(m-1)}{m \times n \times 90} \right) \quad (2.22)$$

d. Cek kekuatan

$$P_{\text{maks}} < (P_{\text{ijin}} \times \eta) \quad (2.23)$$

Keterangan:

V = Beban vertikal yang dipikul kaki kolom (Ton) **aMx** = Momen arah sumbu x (tm atau Kgm)

My = Momen arah sumbu y (tm atau Kgm)

n = Jumlah tiang pancang dalam kelompok

ΣX^2 = Jumlah kuadrat dari absis

ΣY^2 = Jumlah kuadrat dari ordinat

S = Jarak antar tiang pondasi

D = Diameter tiang pancang

m = Jumlah tiang pancang dalam satu kolom

n = Jumlah tiang pancang dalam satu baris

2.10.2 Perencanaan *Pilecap*

Pile cap digunakan untuk mengikat tiang pancang yang sudah terpasang. Fungsi dari *pile cap* adalah untuk menerima beban dari kolom yang kemudian akan terdistribusikan ke tiang pancang. Berdasarkan SNI 2847:2019 sebagai berikut :

a. Ketebalan total *pile cap* harus sedemikian rupa sehingga tinggi efektif tulangan bawah tidak kurang dari 300 mm.

b. *Pile cap* harus didesain sesuai :

- $\phi V_n \geq V_{um}$ dimana V_n harus dihitung sesuai untuk geser satu arah

- $\phi V_n \geq V_{um}$ dimana V_n harus dihitung sesuai untuk geser dua arah

c. Bila *pile cap* didesain sesuai dengan pemodelan strut-and-tie seperti yang diizinkan pada, kuat tekan beton efektif dari strut, f_{ce} , harus dihitung kuat tekan beton efektif dari strut, f_{ce} , harus dihitung dimana $\beta_s = 0,60\lambda$

d. Kuat geser yang terjadi disumbangkan oleh beton diambil nilai terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_0 d \quad (2.24)$$

$$- V_c = 0,084 \left(2 + \frac{A_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d \quad (2.25)$$

$$- V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d \quad (2.26)$$

Keterangan:

β = Rasio dari sisi Panjang terhadap sisi pendek pada kolom (h/b)

b_0 = Keliling dari penampang kritis pada pilecap (mm)

d = Tinggi efektif (mm)

A_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

λ = Faktor modifikasi untuk beton normal = 1,

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Perencanaan

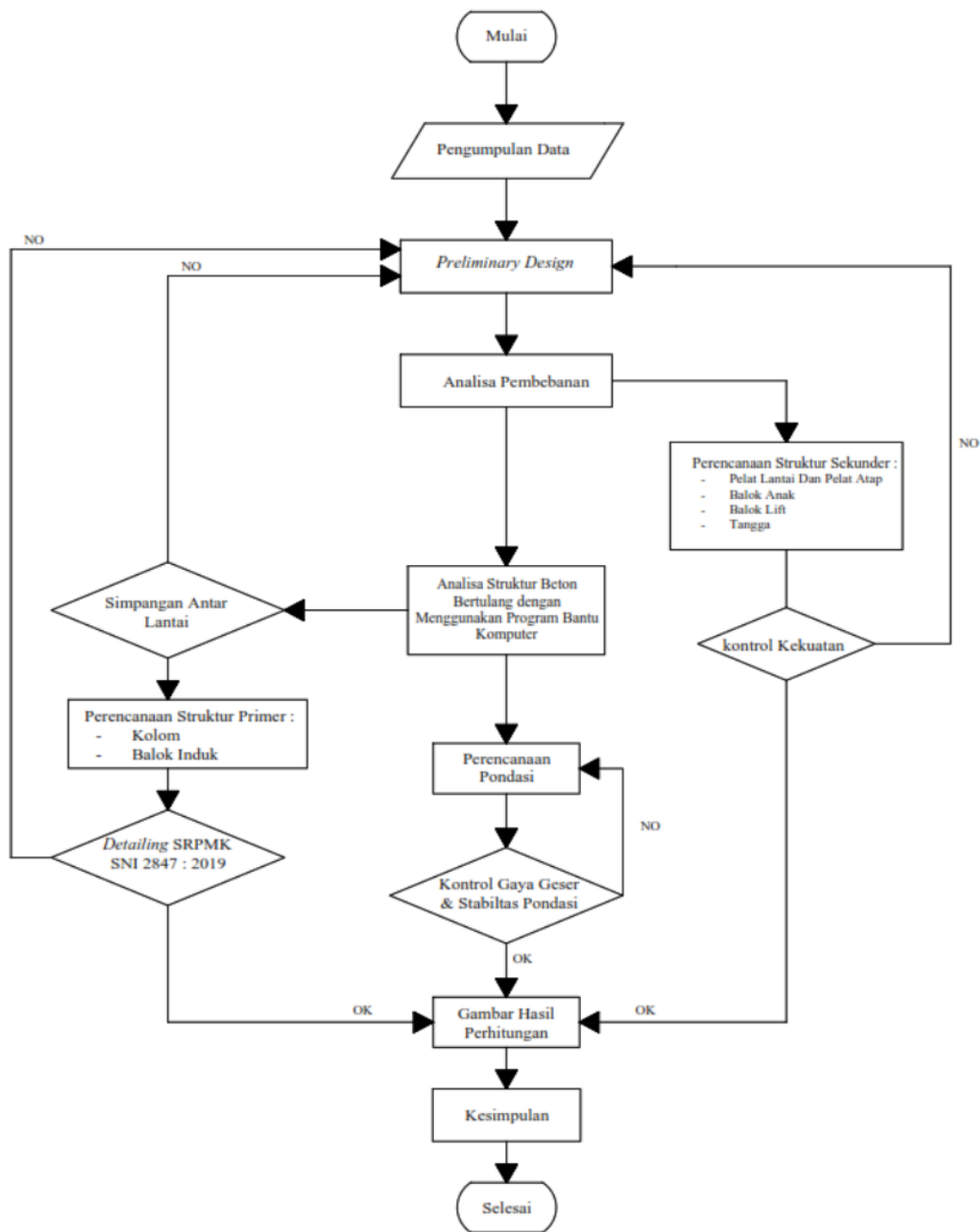
Perencanaan struktur beton bertulang “Hotel Dracarys” yang terdiri atas 13 lantai dan terletak di Kota Depok, berikut merupakan data perencanaan “Hotel Dracarys” :

1. Nama Gedung : Hotel Dracarys
2. Lokasi : Kota Depok, Jawa Barat
3. Jumlah Lantai : 13 Lantai dan atap
4. Fungsi Gedung : Hotel
5. Tinggi Gedung : 52 meter
6. Tinggi Tiap Lantai : 4 meter
7. Panjang Gedung : 35 meter
8. Lebar Gedung : 27 meter

Kemudian gambar denah lantai 1 sampai dengan denah lantai 13 dan tampak depan dan tampak samping bisa dilihat pada lampiran saya yang digunakan dalam perencanaan gedung struktur beton bertulang Hotel Dracarys ini.

3.2 Diagram Alir Perencanaan

Tahapan perencanaan struktur gedung Hotel Dracarys dilakukan dengan mengikuti diagram alir perencanaan. Proses penyelesaian perencanaan struktur Hotel Dracarys yang digambarkan dalam “*flowchart*” dari tahap awal hingga tahap akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan

3.3 Pengumpulan Data

Untuk mempersiapkan perencanaan struktur gedung Hotel Dracarys, maka diperlukan pengumpulan data sebagai berikut :

1. Gambar perencanaan yang digunakan meliputi denah lantai gedung, tampak gedung
2. Data tanah lokasi perencanaan

3.3.1 Preliminary Design

Preliminary design adalah suatu tahapan perhitungan dimana kita merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur berdasarkan SNI 2847 – 2019.

3.3.2 Pembebanan

Tahapan pembebanan yang dilakukan untuk perencanaan gedung Hotel Dracarys nantinya yang bekerja pada struktur. Pembebanan beban gravitasi yang meliputi Beban mati (D), Beban Hidup (L), Beban Angin (W) dan Beban Air Hujan (R atau A). perhitungan untuk Beban Gempa (E) mengacu pada peraturan SNI 1726-2019. Berikut ini peraturan – peraturan yang akan digunakan untuk perencanaan gedung Hotel Dracarys antara lain :

1. Pedoman Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPPURG 1987)
2. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. SNI 1727 – 2020

Komponen elemen struktur dan elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya atau pengaruh beban beban terfaktor dengan kombinasi – kombinasi dibagian bawah, guna mendesain komponen bangunan yang mengacu pada SNI 1726 – 2019.

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$

3.3.3 Perencanaan Struktur Sekunder

Pada perencanaan struktur sekunder adalah struktur pendukung yang hanya menyalurkan beban ke struktur utama. Adapun dalam gedung ini struktur sekunder yang akan dianalisa adalah pelat lantai, pelat atap, balok anak, balok lift dan juga tangga, dengan mencari dimensi yang akan rencanakan, ketebalan selimut beton yang akan digunakan dan juga tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan.

3.3.4 Kontrol kekuatan

Kontrol struktur sekunder terdapat kontrol kekuatan apakah momen nominal yang dihasilkan oleh struktur lebih besar dari momen yang ditimbulkan akibat beban dari pembebanan. Maka pada pelat dan pelat tangga dilakukan kontrol penulangan, kontrol retak (susut), kontrol momen nominal, lebih besar dari momen yang bekerja. Kemudian pada balok anak, balok bordes dan balok *lift* dilakukan kontrol penulangan, kontrol momen nominal, lebih besar dari momen yang bekerja, beserta kontrol tulangan lentur, kontrol tulangan geser. Apabila hasil kontrol kekuatan struktur sekunder didapati tidak terpenuhi, maka harus kembali dilakukan preliminary design.

3.3.5 Analisa struktur portal gedung dengan menggunakan program bantu SAP 2000

3.3.6 Kontrol Simpangan

Jarak simpangan antara tiap lantai desain tidak boleh lebih dari simpangan antar tiap lantai tingkat yang diijinkan (Δ_a). Simpangan tingkat desain $\delta_x < \Delta_a$ (simpangan antar lantai ijin).

3.3.7 Perencanaan Struktur Primer

Struktur Primer merupakan komponen utama dari perencanaan struktur gedung yang memiliki pengaruh paling besar terhadap suatu bangunan yang fungsinya guna menahan pembebanan. Pemodelan struktur primer mengacu pada peraturan SNI 2847 – 2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.

3.3.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang akan digunakan dalam perencanaan gedung Hotel Dracarys dilakukan berdasarkan data tanah yang sudah diperoleh dari PT. PP (Persero) Tbk dan dapat dilihat pada lembar lampiran saya. Pada perencanan gedung Hotel Dracarys 13 lantai ini direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

3.3.9 Gambar Hasil Perhitungan

Hasil dari perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar perencanaan. Dalam penggambaran hasil perhitungan dengan bantuan program bantu Autocad.

3.3.10 Kesimpulan

3.3.11 Selesai

BAB IV

² **PRELIMINARY DESIGN**

Preliminary design merupakan tahapan awal perencanaan dengan bertujuan untuk memperkirakan dimensi komponen struktur yang dibutuhkan diantaranya struktur sekunder maupun struktur primer. Dimensi dari komponen struktur yang telah direncanakan harus memenuhi persyaratan yang tertulis dalam peraturan SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Preliminary design* di-input ke dalam aplikasi program analisa komputer dan akan menghasilkan gaya gaya dalam, dengann bertujuan agar dimensi-dimensi struktur yang dihasilkan memiliki ukuran yang tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, sesuai dengan kebutuhan struktur. Dimensi – dimensi yang akan dilakukan *preliminary design* antara lain balok, pelat, dan kolom. Adapun data bahan sebagai pertimbangan perhitungan preliminary design, yaitu:

² **4.1 Data Perencanaan**

Perencanaan Gedung Hotel di kota Depok ini menggunakan struktur beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Berikut ini merupakan data umum perencanaan yang akan digunakan :

1. Tipe Bangunan : Gedung Dracarys
2. Lokasi : Kota Depok
3. Jumlah Lantai : 13 Lantai
4. Tinggi Bangunan : 52 meter
5. Lebar Bangunan : 27 meter
6. Panjang Bangunan : 35 meter
7. Penutup Atap : Dek Beton
8. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
9. Pondasi : Tiang Pancang
10. Data Material
 - Beton : - Kolom : ³⁷ $f_c' 35 \text{ MPa}$
- Balok : $f_c' 35 \text{ MPa}$

- Pelat : $f_c' 25 \text{ MPa}$
- Tulangan :- Utama : $f_y 420 \text{ MPa}$
- Geser : $f_y 280 \text{ MPa}$

11. Data Tanah : Terlampir

4.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Tinggi minimum balok dengan kondisi perletakan sederhana seperti yang telah disyaratkan dalam SNI 2847 – Tabel 9.3.1.1 adalah $(\frac{l}{16})$, sedangkan untuk lebar penampang balok b_w yang tertulis dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.2.1 yaitu harus sekurang – kurangnya nilai terkecil $0,3h$ dan 250 mm . Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing – masing sisi kolom.

4.2.1. Dimensi Balok Induk Atap Eksterior dan Interior

- Balok induk eksterior atap dengan bentang 7 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{700}{16} = 43,75 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm} \text{ maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Maka, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/60 cm

- Balok induk eksterior atap dengan bentang 5 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm} \text{ maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Maka, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/60 cm

- Balok induk interior atap dengan bentang 7 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{700}{16} = 43,75 \text{ cm} \text{ maka dipakai } h = 70 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (70) = 21 \text{ cm} \text{ maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Maka, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/70 cm

- **Balok** induk eksterior atap dengan bentang 5 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm maka dipakai } h = 70 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Maka, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/60 cm

4.2.2. Dimensi Balok Induk Lantai Eksterior dan Interior

- Balok induk eksterior lantai dengan bentang 7 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{700}{16} = 43,75 \text{ cm maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/60 cm

- **Balok induk** eksterior lantai dengan bentang 5 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm maka dipakai } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/60 cm

- **Balok induk** interior lantai dengan bentang 7 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{700}{16} = 43,75 \text{ cm maka dipakai } h = 70 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (70) = 21 \text{ cm maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/70 cm

- **Balok** induk eksterior lantai dengan bentang 5 meter (di ambil bentang yang paling panjang)

$$h = \frac{l}{16} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ cm maka dipakai } h = 70 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (60) = 18 \text{ cm maka diapaki } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi 40/70 cm

4.3 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Tinggi minimum balok dengan kondisi perletakan Menerus dua sisi seperti yang telah disyaratkan dalam SNI 2847 – Tabel 9.3.1.1 adalah $(\frac{l}{21})$, sedangkan untuk lebar penampang balok b_w yang tertulis dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.2.1 yaitu harus sekurang – kurangnya nilai terkecil $0,3h$ dan 250 mm. Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing – masing sisi kolom.

4.3.1. Dimensi Balok Anak Lantai

➤ Balok anak lantai dengan bentang 7 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm maka dipakai } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (40) = 12 \text{ cm maka diapakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi **20/40 cm**

➤ Balok anak lantai dengan bentang 5 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm maka dipakai } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (40) = 12 \text{ cm maka diapakai } b = 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi **30/40 cm**

4.3.2. Dimensi Balok Anak Atap

➤ Balok anak atap dengan bentang 7 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm maka dipakai } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (40) = 12 \text{ cm maka diapakai } b = 25 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi **25/40 cm**

➤ Balok anak atap dengan bentang 5 meter

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm maka dipakai } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,3h = 0,3 (40) = 12 \text{ cm maka diapakai } b = 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi yang akan digunakan untuk balok induk dengan dimensi **30/40 cm**

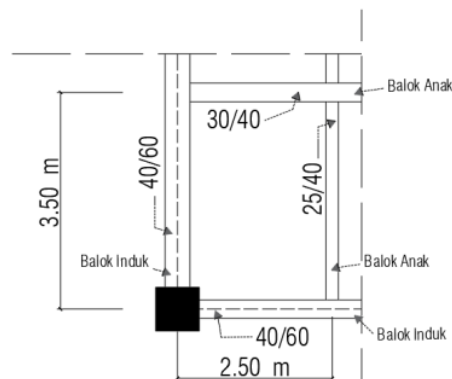
4.4 Perencanaan ¹ Dimensi Pelat

Perencanaan pelat direncanakan berdasarkan SNI 2847 – 2019, untuk dimensi pelat direncanakan sebagai berikut :

- Tebal Pelat Atap : 12 cm
- Tebal Pelat Lantai : 12 cm

4.4.1. Dimensi Pelat Atap

Pelat direncanakan hanya menahan beban lentur. Berdasarkan SNI 2847 – 2019 pada tiap balok yang mengelilingi pelat, direncanakan sebagai balok – T mengikuti pasal 9.2.4 serta dalam memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi pasal 8.3.1 yaitu tebal pelat dikontrol dengan menghitung koefisien α_{fm} . Perencanaan tebal pelat atap bentang terlebar seperti **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Perencanaan Pelat Atap

Bentang Panjang (L_y) : 350 cm

Bentang Pendek (L_x) : 250 cm

- Bentang bersih sumbu panjang ²

$$\ell_n = 350 - \frac{40}{2} - \frac{20}{2} = 320 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek

$$S_n = 250 - \frac{40}{2} - \frac{20}{2} = 220 \text{ cm}$$

- Didapatkan nilai β_1

$$\beta_1 = \frac{f_n}{S_n} = \frac{320}{220} = 1,45 < 2 \text{ maka masuk dalam klasifikasi (Pelat dua arah)}$$

Tebal pelat atap karena tidak boleh kurang dari 125 mm jika $0,2 \leq 2$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm jika nilai $\alpha_{fm} \geq 2$, maka rencana tebal pelat atap yaitu $h = 12 \text{ cm}$

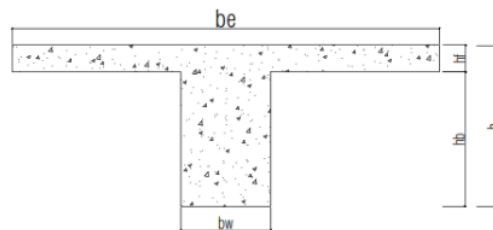
- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/60 cm bentang 500 cm

Didalam konstruksi balok monolit, suatu balok mencakup juga bagian pelat pada tiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, sehingga menentukan lebar efektif balok (b_e) berdasarkan SNI 2847 – 2019 pasal 9.2.4 yaitu:

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_r$$

Berikut merupakan konstruksi balok – T eksterior yang dapat dilihat pada Gambar

4.2



Gambar 4. 2 Penampang Balok Exterior Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_r = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_r = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,64 = 1180800 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1180800}{27805,58 \times 72000} = 16,4 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} \frac{250 \left(0,8 + \frac{420}{100}\right)}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

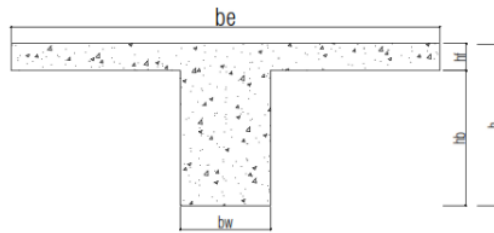
Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat

atap yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/60 cm bentang 700 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T Eksterior yang dapat dilihat pada Gambar

4.3



Gambar 4.3 Penampang Balok Exterior Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

• Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,64 = 1180800 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1180800}{27805,58 \times 100800} = 11,7 > 1$$

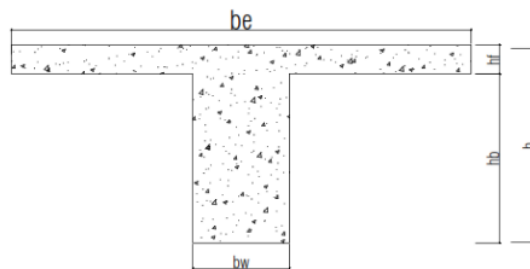
Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} = \frac{350 \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat atap yang direncanakan $h_{\min} = 120 \text{ mm} > h_{\min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/70 cm bentang 700 cm
Berikut merupakan konstruksi balok – T Interior yang dapat dilihat pada Gambar

4.4



Gambar 4. 4 Penampang Balok Interior Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 156 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,61$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 70^3 \times 1,61 = 184766,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 184766,6}{27805,58 \times 100800} = 18,26 > 1$$

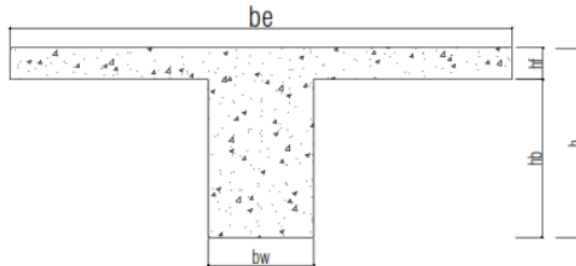
Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} \frac{350 \left(0,8 + \frac{420}{10}\right)}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat atap yang direncanakan $h_{\min} = 120 \text{ mm} > h_{\min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/70 cm bentang 500 cm
Berikut merupakan konstruksi balok – T Interior yang dapat dilihat pada Gambar

4.5



Gambar 4. 5 Penampang Balok Interior Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,61$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 70^3 \times 1,61 = 184766,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1840766,6}{27805,58 \times 72000} = 25,56 > 1$$

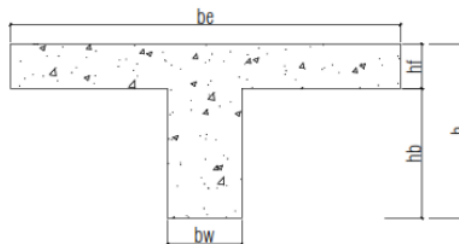
Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9 \times 1} = \frac{250(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat atap yang direncanakan $h_{\min} = 120 \text{ mm} > h_{\min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok anak 20/35 cm bentang 700 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T yang dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Penampang Balok anak Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)

- h_b = tinggi bersih balok (cm)

- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 20 + 2(35 - 12) = 66 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 20 + 8(12) = 116 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 116 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{35}\right) + 4 \left(\frac{12}{35}\right)^2 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)}$$

$$k = 2$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 20 \times 35^3 \times 2 = 142916,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 142916,6}{27805,58 \times 100800} = 1,42 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

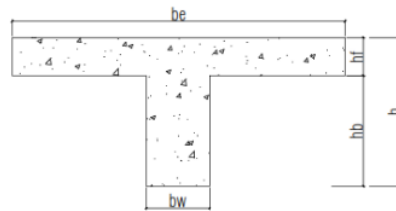
seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} \frac{350 \left(0,8 + \frac{420}{10}\right)}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum < 90 mm, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat atap yang direncanakan $h_{\min} = 120 \text{ mm} > h_{\min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok anak 30/40 cm bentang 500 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T yang dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.7 Penampang Balok anak Pelat Atap

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 30 + 2(40 - 12) = 86 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 30 + 8(12) = 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,8$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3 \times 1,8 = 288000 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia Pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 27805,58 \text{ MPa}$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 288000}{27805,58 \times 72000} = 4 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

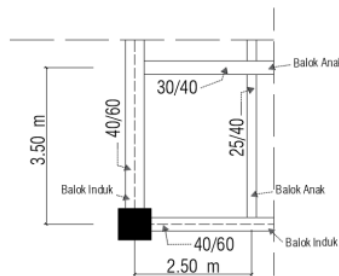
$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9 \times 1} = \frac{250(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat

atap yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

4.4.2. Dimensi Pelat Lantai

Pelat direncanakan hanya menahan beban lentur. Berdasarkan SNI 2847 – 2019 pada tiap balok yang mengelilingi pelat, direncanakan sebagai balok – T mengikuti pasal 9.2.4 serta dalam memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi pasal 8.3.1 yaitu tebal pelat dikontrol dengan menghitung koefisien α_{fm} . Perencanaan tebal pelat atap bentang terlebar seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.8 Perencanaan Pelat Lantai

Bentang Panjang (L_y) : 350 cm

Bentang Pendek (L_x) : 250 cm

- Bentang bersih sumbu panjang

$$\ell_n = 350 - \frac{40}{2} - \frac{20}{2} = 320 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek

$$S_n = 250 - \frac{40}{2} - \frac{20}{2} = 220 \text{ cm}$$

- Didapatkan nilai β_1

$$\beta_1 = \frac{\ell_n}{S_n} = \frac{320}{220} = 1,45 < 2 \text{ maka masuk dalam klasifikasi (Pelat dua arah)}$$

Tebal pelat atap karena tidak boleh kurang dari 125 mm jika $0,2 \leq \beta_1$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm jika nilai $\alpha_{fm} \geq 2$, maka rencana tebal pelat atap yaitu $h = 12 \text{ cm}$

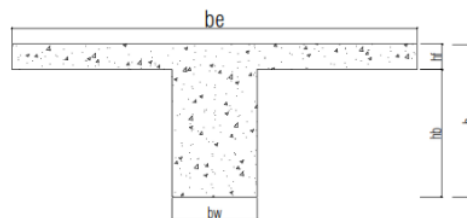
- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/60 cm bentang 500 cm

Didalam konstruksi balok monolit, suatu balok mencakup juga bagian pelat pada tiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, sehingga menentukan lebar efektif balok (b_e) berdasarkan SNI 2847 – 2019 pasal 9.2.4 yaitu:

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

Berikut merupakan konstruksi balok – T eksterior yang dapat dilihat pada Gambar

4.7



Gambar 4. 9 Penampang Balok Exterior Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,64 = 1180800 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1180800}{27805,58 \times 72000} = 16,4 > 1$$

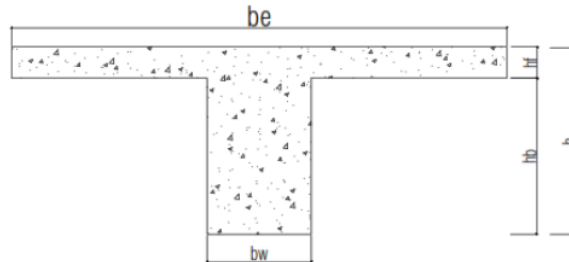
Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} \frac{250 \left(0,8 + \frac{420}{10}\right)}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/60 cm bentang 700 cm
Berikut merupakan konstruksi balok – T Eksterior yang dapat dilihat pada Gambar

4.8



Gambar 4. 10 Penampang Balok Exterior Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,64 = 1180800 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1180800}{27805,58 \times 100800} = 11,7 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

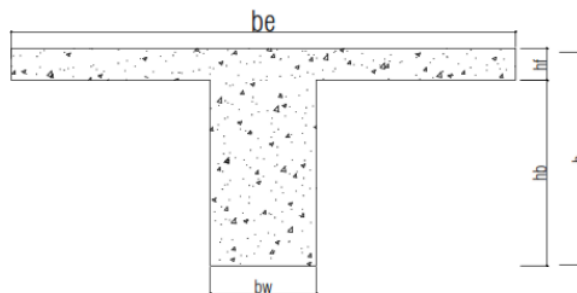
$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9 \times 1} = \frac{350(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/70 cm bentang 700 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T Interior yang dapat dilihat pada Gambar

4.9



Gambar 4. 11 Penampang Balok Interior Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)

- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 156 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,61$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 70^3 \times 1,61 = 184766,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1840766,6}{27805,58 \times 100800} = 18,26 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

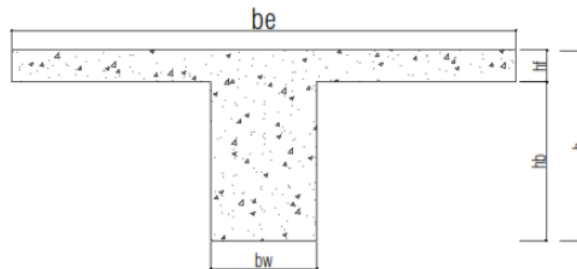
seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9 \times 1} = \frac{350(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum < 90 mm, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok induk 40/70 cm bentang 500 cm

4.11



Gambar 4. 12 Penampang Balok Interior Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 40 + 2(60 - 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 40 + 8(12) = 136 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,61$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 70^3 \times 1,61 = 184766,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h_f^3$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 1840766,6}{27805,58 \times 72000} = 25,56 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

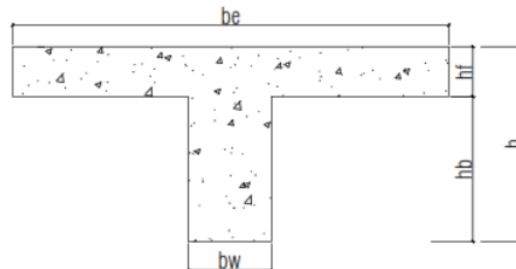
$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} = \frac{250 \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat

lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok anak 20/35 cm bentang 700 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T yang dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4. 13 Penampang Balok anak Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 20 + 2(35 - 12) = 66 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 20 + 8(12) = 116 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 116 \text{ cm}$

• Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{35}\right) + 4 \left(\frac{12}{35}\right)^2 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{116}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)}$$

$$k = 2$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 20 \times 35^3 \times 2 = 142916,6 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 700 \times 12^3 = 100800 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times lb}{E_{cs} \times ls} = \frac{27805,58 \times 142916,6}{27805,58 \times 100800} = 1,42 > 1$$

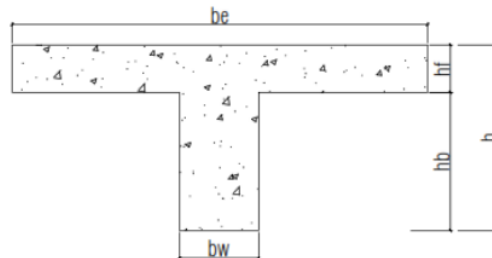
Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9 \times 1} = \frac{350(0,8 + \frac{420}{1400})}{36 + 9 \times 1} = 8,5 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum < 90 mm, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 85 \text{ mm}$ (OK)

- Mencari nilai α_{fm} dengan balok anak 30/40 cm bentang 500 cm

Berikut merupakan konstruksi balok – T yang dapat dilihat pada Gambar 4.13



Gambar 4.14 Penampang Balok anak Pelat Lantai

Dimana :

- b_e = lebar efektif, harga minimum (cm)
- b_w = lebar balok (cm)
- h_f = tebal rencana pelat (cm)
- h_b = tinggi bersih balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)

$$b_e = b_w + 2h_b = 30 + 2(40 - 12) = 86 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 30 + 8(12) = 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai $b_e = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi k:

Untuk momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dikalikan dengan faktor modifikasi k, yaitu :

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,8$$

Balok Induk

Sehingga momen inersia penampang T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3 \times 1,8 = 288000 \text{ cm}^4$$

Sehingga momen inersia penampang Pelat :

$$I_s = \frac{1}{12} \times L \times h^3_f$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 500 \times 12^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

- Modulus elastisitas beton yang akan digunakan adalah $f_c' = 35 \text{ MPa}$

$$E_{cvb} = E_{cs} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,58$$

Rasio kekakuan terhadap pelat adalah

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{27805,58 \times 288000}{27805,58 \times 72000} = 4 > 1$$

Karena $\alpha_{fm} \geq 2$ maka untuk menentukan ketebalan pelat digunakan persamaan

seperti pada SNI 2847 – 2019 Pasal 8.3.1 tabel 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} \frac{250 \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1} = 6,1 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Karena tebal minimum $< 90 \text{ mm}$, maka tebal pelat yang dipakai adalah tebal pelat lantai yang direncanakan $h_{min} = 120 \text{ mm} > h_{min} = 61 \text{ mm}$ (OK)

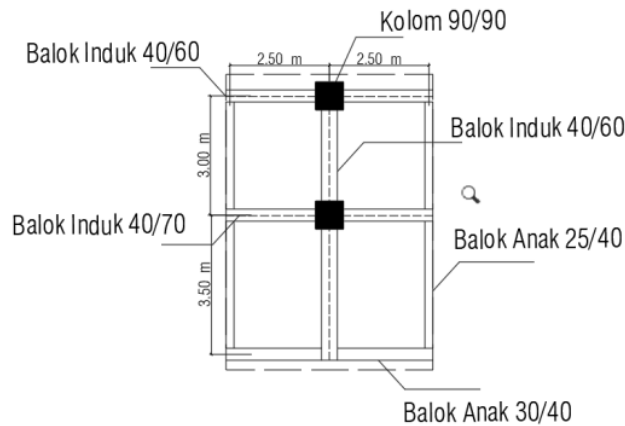
4.5 Dimensi Kolom

Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada suatu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Perencanaan dimensi kolom menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus ini harus memenuhi persyaratan pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2, yaitu:

a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm

b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya $\frac{b_w}{h} >$ dari 0,4.

Pada perencanaan kolom dilakukan pembebanan yang sesuai SNI 1727 – 2020. Perencanaan kolom dilakukan dengan metode *tribuary area* dengan cara dihitung beban yang dipikul dari Pelat dan Balok hanya setengah dari bentang dan mengambil area terluas. Pembebanan pada kolom dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4. 15 Tribuary Area Kolom

4.5.1. Distribusi Pembebanan Kolom

Perencanaan awal pada dimensi kolom, maka dapat dilakukan dengan menghitung seluruh lantai dari bawah hingga atas.

❖ ¹ Beban Mati (*Dead Load*)

• Beban mati pada pelat atap

Pelat	: (35 x 27 x 0,12) x ⁷ 2400	=	272160 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,70 x 5) x 28 x 2400	=	94080 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,70 x 7) x 18 x 2400	=	84672 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,60 x 3) x 12 x 2400	=	20736 kg
Balok Induk Eksterior	: (0,40 x 0,60 x 3) x ⁷ 4 x 2400	=	6912 kg
Balok Induk Eksterior	: (0,40 x 0,60 x 5) x 14 x 2400	=	40320 kg

Balok Induk Eksterior	: (0,40 ⁷ x 0,60 x 7) x 6 x 2400	= 24192 kg
Balok Anak Atap (BAA1)	: (0,15 x 0,30 x 2,5) x 14 x 2400	= 3780 kg
Balok Anak Atap (BAA2)	: (0,25 x 0,40 x 3) x 14 x 2400	= 10080 kg
Balok Anak Atap (BAA3)	: (0,25 x 0,40 x 7) x 20 x 2400	= 33600 kg
Balok Anak Atap (BAA4)	: (0,30 x 0,40 x 5) x 20 x 2400	= 28800 kg
Balok Lift	: (0,20 x 0,35 x 5) x 2 x 2400	= 1680 kg
Plafond dan Penggantung	: (35 x 27) x 18	= 17010 kg
Plumbing + Ducting Ac	: (35 x 27) x 40	= 37800 kg
Spesi 2 cm	: (35 x 27) x 42	= 39690 kg
Aspal 1 cm	: (35 x 27) x 14	= 13230 kg
Finishing	: (35 x 27) x 21	= 19845 kg
	<hr/>	
		= 748587 ² kg

❖ **Beban Hidup (Live Load)**

- **Beban hidup atap** : 35 x 27 x 488 = 461.160 kg

Berdasarkan PPIUG – 1983 pada Pasal 3.5 Tabel 3.3 Diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung Hotel. Maka nilai beban hidup adalah sebagai berikut :

Beban hidup atap	: 0,30 x 4611160	= 138348 kg
Air Hujan pada pelat atap	: 35 x 27 x 50	= 47250 kg
	<hr/>	
		= 185.598 kg

❖ **Beban Mati (Dead Load)**

- **Beban mati pada pelat Lantai**

Pelat	: (35 x 27 x 0,12) x 2400	= 272160 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,70 x 5) x 28 x 2400	= 94080 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,70 x 7) x 18 x 2400	= 84672 kg
Balok Induk Interior	: (0,40 x 0,60 x 3) x 12 x 2400	= 20736 kg
Balok Induk Eksterior	: (0,40 x 0,60 x 3) x 4 x 2400	= 6912 kg
Balok Induk Eksterior	: (0,40 x 0,60 x 5) x 14 x 2400	= 40320 kg

¹ Balok Induk Eksterior	: (0,40 x 0,60 x 7) x 6 x 2400	=	24192 kg
Balok Anak Lantai (BAL1)	: (0,15 x 0, x 30) x 14 x 2400	=	3780 kg
Balok Anak Lantai (BAL2)	: (0,25 x 0,40 x 3) x 14 x 2400	=	10080 kg
Balok Anak Lantai (BAL3)	: (0,25 x 0,40 x 4,44) x 20 x 2400	=	21312 kg
Balok Anak Lantai (BAL4)	: (0,25 x 0,40 x 7) x 18 x 2400	=	30240 kg
Plafond dan Penggantung	: (35 x 27) x 18	=	17010 kg
Plumbing + Ducting Ac	: (35 x 27) x 40	=	37800 kg
Spesi 2 cm	: (35 x 27) x 42	=	39690 kg
Aspal 1 cm	: (35 x 27) x 14	=	13230 kg
Furniture	: (35 x 27) x 150	=	19845 kg
			+ 883884 kg ¹

❖ **Beban Hidup (Live Load)**

- **Beban hidup lantai** : 35 x 27 x 192 = 181.440 kg

Berdasarkan PPIUG – 1983 pada Pasal 3.5 Tabel 3.3 Diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung Hotel. Maka nilai beban hidup adalah sebagai berikut :

$$\text{Beban hidup atap} : 0,30 \times 181440 = 54.432 \text{ kg}$$

❖ **Total Pembebanan**

✚ Akibat **Beban Mati**

Beban Atap	=	748587	kg
Beban Lantai = 883884 x 12	=	10606608	kg ¹

$$\text{Total beban mati (qD)} = 11355195 \text{ kg}$$

✚ Akibat **Beban Hidup**

Beban Atap	=	185598	kg
Beban Lantai = 54432 x 12	=	653184	kg ¹

$$\text{Total beban Hidup (qL)} = 838782 \text{ kg}$$

❖ **Kombinasi Pembebanan**

$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(11355195) + 1,6(838782)$$

$$Q_u = 134.686.360,80 \text{ kg}$$

$$= 1348523034 \text{ N}$$

4.5.2. Menentukan Dimensi Kolom

$$\text{Faktor kekuatan reduksi } (\phi) = 0,3$$

$$\text{Mutu Beton } (f_c') = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi A} = \frac{q_u}{\phi \times f_c'} = \frac{1348523034}{0,3 \times 35} = 128430765,12 \text{ mm}^2$$

Kolom berbentuk segi empat, maka $A = b^2$

$$b^2 = 128430765,12$$

$$b = \sqrt{128430765,12}$$

$$= 358,37 \text{ mm}$$

Maka untuk dimensi kolom sendiri menggunakan 90 x 90

BAB V

STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Struktur Sekunder

Struktur sekunder merupakan struktur yang tidak direncanakan untuk menahan beban gempa akan tetapi menahan beban yang mengakibatkan lentur serta membebani struktur primer suatu gedung, berdasarkan beban yang terdapat pada (Badan Standardisasi Indonesia, SNI 1727- 2020) (SNI 03 1727, 1989) dan (Badan Standardisasi Nasional, SNI 1727 - 2013)

5.2 Perencanaan Pembebanan Pelat Atap

5.2.1 Pembebanan Pelat Atap

❖ **Beban Mati (Dead Load)** (PPPURG 1987 dan SNI 03-1727-1989 Pasal 2.1.1)

-	Beban Sendiri Pelat Atap	$= 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
-	Penggantung Langit – Langit		$= 7 \text{ kg/m}^2$
-	Plafond		$= 11 \text{ kg/m}^2$
-	Plumbing + Ducting AC		$= 40 \text{ kg/m}^2$
-	Spesi 2 cm	$= 0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^2$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
-	Aspal 1 cm	$= 0,01 \times 1400 \text{ kg/m}^2$	$= 14 \text{ kg/m}^2$
-	Finishing		$= 21 \text{ kg/m}^2$
-	Tandon Air	$= 20000 : (5 \times 2)$	$= 2000 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Total Jumlah Beban Mati Pelat Atap (qD)} = 2423 \text{ kg/m}^2$$

❖ **Beban Hidup (Live Load)**

Berdasarkan SNI 1727:2020 Pasal 4.3-1, Beban hidup pada struktur atap gedung

$$\text{- Beban Hidup Pelat Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

❖ **Beban Air Hujan**

$$\text{- Beban Air Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

❖ **Kombinasi Beban Ultimate**

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

$$Q_u = 1,2(2423) + 1,6(100) + 0,5(50)$$

$$Q_u = 3092,6 \text{ kg/m}^2$$

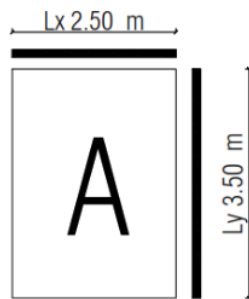
5.2.2 Perhitungan Momen Pelat Atap

Perhitungan momen pada pelat atap yang direncanakan dengan perhitungan momen pelat atap, yang akan diasumsikan direncanakan nantinya yang akan mengalami lendutan jika terbebani, maka dari itu pelat atap akan direncanakan dengan pelat terjepit elastis. Digunakan pada contoh pelat A pada Gambar 5.1 sebagai berikut :

5.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Atap

Untuk perhitungan momen pada pelat lantai, maka digunakan dengan Pelat A (Gambar 5.1) sebagai contoh dalam perhitungan.

Tebal pada pelat atap : 120 mm



Gambar 5. 1 Tipe Pelat Atap

$L_y/L_x = 3,5/2,5 = 1,4 < 2,5$ (*Two way Slab*)

Kemudian didapatkan pada Koefisien C pada PBI 1971 Tabel 13.3.2 dengan jenis pelat III :

Perhitungan Momen pada Pelat A :

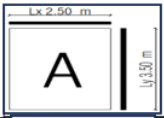

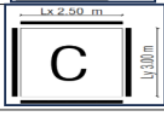
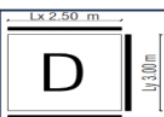
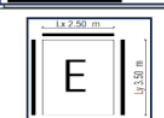
$$M_{ix} : 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = 0,001 \cdot 3092,6 \cdot 2,5^2 \cdot 71 = 1372,34 \text{ Kgm}$$

$$M_{iy} : 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = 0,001 \cdot 3092,6 \cdot 2,5^2 \cdot 51 = 985,77 \text{ Kgm}$$

$$M_{iy} : 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = 0,001 \cdot 3092,6 \cdot 2,5^2 \cdot 51 = 985,77 \text{ Kgm}$$

5.2.4 Tabel Perhitungan Pelat Atap

1
Tabel 5.1 Perhitungan Momen Pelat Atap

Gambar Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)	Ly/Lx	Kontrol	Keterangan	C	Momen	Mu (Kgm)	Penulangan
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	71	Mtx	1372,34	Arah X D13-250
					51	Mly	985,77	
					51	Mty	985,77	Arah Y D13-300
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	65	Mlx	1256,37	Arah X D13-250
					51	Mly	985,77	
					51	Mty	985,77	Arah Y D13-300
	2,5 x 3	1,2	2,5	Two Way Slab	50	Mtx	966,44	Arah X D13-250
					38	Mly	734,49	
					38	Mty	734,49	Arah Y D13-300
	2,5 x 3	1,2	2,5	Two Way Slab	53	Mtx	1024,42	Arah X D13-250
					48	Mly	927,78	
					48	Mty	927,78	Arah Y D13-300
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	53	Mtx	1024,42	Arah X D13-250
					38	Mly	734,49	
					38	Mty	734,49	Arah Y D13-300

❖ Syarat Batas Penulangan Pelat Atap

Perhitungan syarat batas penulangan pelat atap dengan menggunakan standart **2** SNI 2847-2019 Pasal 22.2.2.4.3

$\beta_1 = 0,85$, pelat ini direncanakan menggunakan mutu beton $f_c' = 25$ MPa

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0253$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0253 = 0,0190$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

❖ **1** Penulangan Pelat Atap Arah X dan Y

Tebal Pelat Atap (h) = 120 mm

$$\text{Tebal selimut beton (s)} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama (D)} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan susut } (\varnothing) = 8 \text{ mm}$$

Maka direncanakan dengan menggunakan tulangan utama dengan diameter D13 mm dan tulangan susut menggunakan diameter $\varnothing 8$ mm.



Tulangan Arah X

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 D) \\ &= 120 - 20 - (1/2 \cdot 13) \\ &= 93,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = M_{tx} = 1372,34 \text{ Kgm} = 13458070,32 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ diminta} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{13458070,32}{0,8} = 16822587,90 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{16822587,90}{1000 \cdot 93,50^2} = 1,92 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 1,92}{420}} \right) = 0,0048$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0048 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}})$$

Tulangan perlu arah X

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0048 \cdot 1000 \cdot 93,50 = 499,76 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 250 mm** ($A_s = 530,66 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut arah X

$$A_{ss \text{ perlu}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **$\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$** ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)



Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dy)} &= h - s - \varnothing_{\text{tulangan arah x}} - (1/2 \varnothing_{\text{tulangan arah y}}) \\ &= 120 - 20 - 13 - 1/2 \cdot 13 \\ &= 80,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = M_{ty} = 985,77 \text{ Kgm} = 9667064,60 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ diminta} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9667064,60}{0,8} = 12083830,74 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dy^2} = \frac{12083830,74}{1000 \cdot 80,50^2} = 1,86 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 1,86}{420}} \right) = 0,0047$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0047 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}})$$

Tulangan perlu arah Y

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot x \cdot d = 0,0047 \cdot 1000 \cdot 80,50 = 374,63 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 300 mm** ($A_s = 442,22 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut arah Y

$$A_{s\text{susut}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **Ø8 - 200 mm** ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)

5.2.5 Kontrol Kekuatan Pelat Atap

Kontrol Tulangan Arah X

$$\rho = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot dx} = \frac{530,66}{1000 \cdot 93,50} = 0,0057$$

$$a = \frac{530,66 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 10,49 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 530,66 \cdot 420 \left(93,50 - \frac{10,49}{2} \right) = 19670212,41 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 19670212,41 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 16822587,90 \text{ Nmm (OK)}$$

$$\text{Jarak tulangan} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 200 \text{ mm} \leq 3 \cdot 120 = (360 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Tulangan Susut :

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{200} = 251,20 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 240 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol Tulangan Arah Y

$$\rho = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot dy} = \frac{442,22}{1000 \cdot 80,50} = 0,0055$$

$$a = \frac{442,22 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 8,74 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 442,22 \cdot 420 \left(80,50 - \frac{8,74}{2} \right) = 14139674,81 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 14139674,81 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 12083830,74 \text{ Nmm (OK)}$$

$$\text{Jarak tulangan} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 225 \text{ mm} \leq 3 \cdot 120 = (360 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Tulangan Susut :

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{200} = 251,20 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 240 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

5.2.6 Kontrol Retak Pelat Atap

$$Z = fs \cdot (dc \cdot A)^{\frac{1}{3}} \leq 25 M_n/m$$

$$fs = 60\% \cdot fy = 60\% \cdot 420 = 252 \text{ MPa}$$

$$dc = s + \frac{1}{2} \cdot \phi = 20 + \frac{1}{2} \cdot 13 = 26,5 \text{ mm}$$

$$A = 2 \cdot dc \cdot h = 2 \cdot 26,5 \cdot 120 = 6360 \text{ mm}^2$$

$$Z = fs \cdot \sqrt[3]{dc \cdot A} = 252 \cdot \sqrt[3]{26,5 \cdot 6360} = 14,16 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m} \text{ (OK)}$$

5.3 Perencanaan Pelat Lantai

5.3.1 Pembebanan Pelat Lantai

❖ **Beban Mati (Dead Load)** (PPPURG 1987 dan SNI 03-1727-1989 Pasal 2.1.1)

- **Beban Sendiri Pelat Lantai** = $0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
- **Pengantung** = 7 kg/m^2
- **Plafond** = 11 kg/m^2
- **Plumbing + Ducting AC** = 40 kg/m^2
- **Spesi 2 cm** = $0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
- **Keramik 1 cm** = $0,01 \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$
- **Beban Furniture** = 150 kg/m^2

$$\text{Total Jumlah Beban Mati Pelat Lantai (qD)} = 562 \text{ kg/m}^2$$

❖ **Beban Hidup (Live Load)**

Berdasarkan SNI 1727:2020 Pasal 4.3-1, **Beban hidup pada struktur atap gedung**

- **Beban Hidup Pelat Lantai** = 192 kg/m^2

❖ **Kombinasi Beban Ultimate**

$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(562) + 1,6(192)$$

$$Q_u = 981,6 \text{ kg/m}^2$$

5.3.2 Perhitungan Momen Pelat Lantai

Perhitungan momen pada pelat lantai yang direncanakan dengan perhitungan momen pelat lantai, yang akan diasumsikan direncanakan nantinya yang akan mengalami lendutan jika terbebani, maka dari itu pelat atap akan direncanakan dengan pelat terjepit elastis. Digunakan pada contoh pelat A pada Gambar 5.2 sebagai berikut :

5.3.3 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Untuk perhitungan momen pada pelat lantai, maka digunakan dengan Pelat A (Gambar 5.2) sebagai contoh dalam perhitungan.

Tebal pada Pelat Lantai : 120 mm



Gambar 5. 2 Tipe Pelat Lantai

$$L_y/L_x = 3,5/2,5 = 1,4 < 2,5 \quad (\text{Two way Slab})$$

Kemudian didapatkan pada Koefisien C pada PBI 1971 Tabel 13.3.2 dengan jenis pelat III :

Perhitungan Momen pada Pelat A :

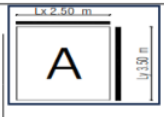
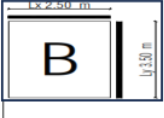
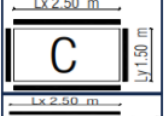
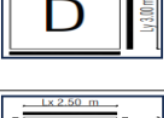
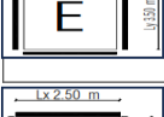
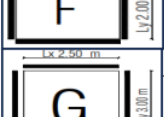
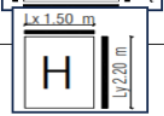
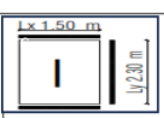


$$M_{ix} : +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = +0,001 \cdot 981,6 \cdot 2,5^2 \cdot 71 = 435,59 \text{ Kgm}$$

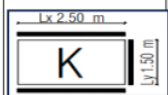
$$M_{iy} : +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = +0,001 \cdot 981,6 \cdot 2,5^2 \cdot 51 = 312,89 \text{ Kgm}$$

$$M_{iy} : -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C = -0,001 \cdot 981,6 \cdot 2,5^2 \cdot 51 = 312,89 \text{ Kgm}$$

5.3.4 Tabel Perhitungan Pelat Lantai

1
Tabel 5. 2 Perhitungan Momen Pelat Lantai

Gambar Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)	Ly/Lx	Kontrol	Keterangan	C	Momen	Mu (Kgm)	Penulangan
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	71	Mtx	435,59	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					51	Mly	312,89	
					51	Mty	312,89	
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	71	Mtx	435,59	Arah X D13-250 Arah Y D13-300
					51	Mly	312,89	
					51	Mty	312,89	
	2,5 x 1,5	0,6	2,5	Two Way Slab	36	Mtx	220,86	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					36	Mly	220,86	
					36	Mty	220,86	
	2,5 x 3	1,2	2,5	Two Way Slab	51	Mtx	312,89	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					38	Mly	233,13	
					38	Mty	233,13	
	2,5 x 3,5	1,4	2,5	Two Way Slab	53	Mtx	325,16	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					38	Mly	233,13	
					38	Mty	233,13	
	2,5 x 2	0,8	2,5	Two Way Slab	36	Mtx	220,86	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					36	Mly	220,86	
					36	Mty	220,86	
	2,5 x 3	1,2	2,5	Two Way Slab	42	Mtx	257,67	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					37	Mly	227,00	
					37	Mty	227,00	
	1,5 x 3,2	2,1	2,5	Two Way Slab	89	Mtx	546,02	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					49	Mly	300,62	
					49	Mty	300,62	
	1,5 x 2,3	1,5	2,5	Two Way Slab	69	Mtx	423,32	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					51	Mly	312,89	
					51	Mty	312,89	
	2,5 x 2,5	1,0	2,5	Two Way Slab	36	Mtx	220,86	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
					36	Mly	220,86	
					36	Mty	220,86	

	2,5	x	1,5	0,6	2,5	Two Way Slab	38	Mtx	233,13	Arah X D13-300 Arah Y D13-300
							43	Mly	263,81	
							43	Mty	263,81	

❖ **Syarat Batas Penulangan Pelat Lantai**

Perhitungan syarat batas penulangan pelat atap dengan menggunakan standart ² SNI 2847-2019 Pasal 22.2.2.4.3

$\beta_i = 0,85$, pelat ini direncanakan menggunakan mutu beton $f_c' = 25$ MPa

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0253$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0253 = 0,0190$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

❖ ¹ Penulangan Pelat Lantai Arah X dan Y

Tebal Pelat Atap (h) = 120 mm

Tebal selimut beton (s) = 20 mm (SNI 2847-2019 Tabel 20.6.1.3.1)

² Diameter tulangan utama (D) = 13 mm

Diameter tulangan susut (\emptyset) = 8 mm

Maka direncanakan dengan menggunakan tulangan utama dengan diameter D13 mm dan tulangan susut menggunakan diameter $\emptyset 8$ mm

✚ **Tulangan Arah X**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \emptyset) \\ &= 120 - 20 - (1/2 \cdot 13) \\ &= 93,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = M_{tx} = 435,59 \text{ Kgm} = 4271629,64 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ diminta} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4271629,64}{0,8} = 5339537,05 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{5339537,05}{1000 \cdot 93,50^2} = 0,61 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 0,61}{420}} \right) = 0,0015$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0015 < \rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (dipakai } \rho_{\text{min}})$$

Tulangan perlu arah X

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,0033 \cdot 1000 \cdot 93,50 = 190 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 300 mm** ($A_s = 311,67 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut arah X

$$A_{ss \text{ perlu}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **Ø8 - 200 mm** ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)

✚ Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dy)} &= h - s - \phi_{\text{tulangan arah x}} - (1/2 \phi_{\text{tulangan arah y}}) \\ &= 120 - 20 - 13 - 1/2 \cdot 13 \\ &= 80,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = M_{ly} = 312,89 \text{ Kgm} = 3068353,69 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ diminta} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3068353,69}{0,8} = 3835442,11 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dy^2} = \frac{3835442,11}{1000 \cdot 80,50^2} = 0,59 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 0,59}{420}} \right) = 0,0014$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0014 < \rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (dipakai } \rho_{\text{min}})$$

Tulangan perlu arah Y

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0,0033 \cdot 1000 \cdot 80,50 = 26,338 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 300 mm** ($A_s = 442,22 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut arah Y

$$A_{ss \text{ perlu}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **Ø8 - 200 mm** ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)

1 5.3.5 Kontrol Kekuatan Pelat Lantai

✚ Kontrol Tulangan Arah X

$$\rho = \frac{A_{s \text{ pakai}}}{b \cdot dx} = \frac{442,22}{1000 \cdot 93,50} = 0,0047$$

$$a = \frac{442,22 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 8,74 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 442,22 \cdot 420 \left(93,50 - \frac{8,74}{2} \right) = 16554177,81 \text{ Nmm} \quad 1$$

$$M_n = 16554177,81 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 5339537,05 \text{ Nmm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jarak tulangan} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 250 \text{ mm} \leq 3 \cdot 120 = (360 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{200} = 251,20 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 240 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

✚ Kontrol Tulangan Arah Y

$$\rho = \frac{A_s \text{ pakai}}{b \cdot dx} = \frac{442,22}{1000 \cdot 80,50} = 0,0055$$

$$a = \frac{442,22 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 8,74 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 442,22 \cdot 420 \left(80,50 - \frac{8,74}{2} \right) = 14139674,81 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 14139674,81 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 3835442,11 \text{ Nmm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Jarak tulangan} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 250 \text{ mm} \leq 3 \cdot 120 = (360 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{200} = 251,20 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 240 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

5.3.6 Kontrol Retak Pelat Lantai

$$Z = f_s \cdot (dc \cdot A)^{\frac{1}{3}} \leq 30 M_n/m$$

$$f_s = 60\% \cdot f_y = 60\% \cdot 420 = 252 \text{ MPa}$$

$$dc = s + \frac{1}{2} \cdot \phi = 20 + \frac{1}{2} \cdot 13 = 26,5 \text{ mm}$$

$$A = 2 \cdot dc \cdot h = 2 \cdot 26,5 \cdot 120 = 6360 \text{ mm}^2$$

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{dc \cdot A} = 240 \cdot \sqrt[3]{26,5 \cdot 6360} = 14,16 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \text{ (OK)} \quad 1$$

5.4 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga Adapun data perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

Selisih Tinggi Lantai : 4,00 m

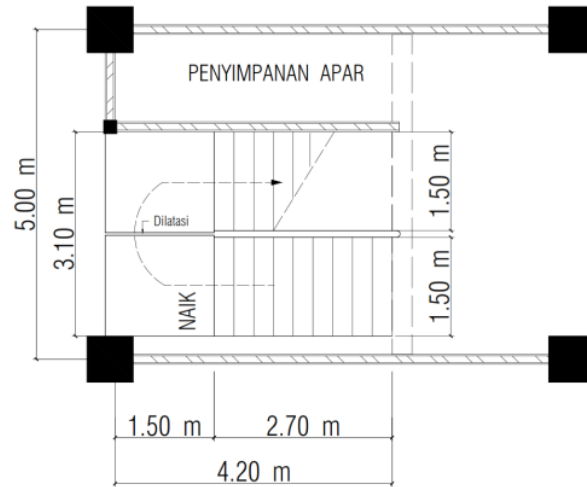
Panjang Tangga : 4,20 m

Lebar Tangga : 3,10 m

Panjang Bordes : 2,50 m

Lebar Bordes : 3,10 m

Elevasi Bordes : 2,00 m
 Mutu Beton : 25 MPa
 Mutu Baja : 420 MPa



Gambar 5.3 Denah Tangga

✚ Perhitungan Tangga

Lebar anak tangga (*Antrade*) = 30 cm, Syarat : $26 \text{ cm} \leq A \leq 30 \text{ cm}$ (OK)

Tinggi anak tangga (*Optrade*) = 20 cm, Syarat : $16 \text{ cm} \leq O \leq 20 \text{ cm}$ (OK)

Jumlah injakan tangga = $\frac{\text{Elevasi bordes}}{\text{Lebar anak tangga}} = \frac{200}{20} = 10$ anak tangga

Jumlah injakan = $10 - 1 = 9$ anak tangga

Syarat kemiringan tangga = $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$

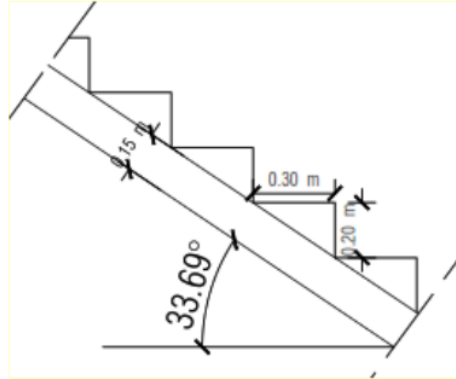
Sudut kemiringan tangga (α) = $\text{Arc. Tan } \frac{O}{A} = \text{Arc. Tan } \frac{20}{30} = 33,69^\circ \leq 40^\circ$ (OK)

✚ Perhitungan Tebal Pelat Tangga

Tebal selimut beton = 20 mm

$H_{\min} = \frac{H}{27} = \frac{180}{27} = 13,35 \text{ cm}$

Digunakan tebal pelat tangga = 15 cm



Gambar 5.4 Tebal Pelat Tangga

$$h' = h + \left(\frac{0}{2} \times \cos \alpha\right) = 15 \left(\frac{20}{2} \times \cos 33,69^\circ\right) = 23,32 \text{ cm}$$

Maka, tebal ekuivalen pelat tangga = $23,32 - 15 = 8,32 \text{ cm} = 0,0832 \text{ m}$ (dari anak tangga segitiga)

5.4.1. Pembebanan Tangga

Beban Pelat Tangga

❖ Beban Mati (*Dead Load*)

- Berat sendiri	= $0,15 \times 2400 \times \left(\frac{1}{\cos 33,69}\right) \times 1,5$	= 648,99	Kg/m ²
- Berat anak tangga	= $0,0832 \times 1,5 \times 2400$	= 299,52	Kg/m ²
- Spesi (2cm)	= $2 \times 21 \times 1,5$	= 63	Kg/m ²
- Keramik (1 cm)	= $1 \times 24 \times 1,5$	= 36	Kg/m ²
- Berat	= 50	= 50	Kg/m ²

Total Jumlah Beban Mati Pelat Tangga (qD) = 1097,51 Kg/m² +

❖ Beban Hidup (*Live Load*)

Berdasarkan SNI 1727:2020 Pasal 4.3-1, Beban hidup untuk tangga dan jalan keluar harus direncanakan agar dapat menaha beban hidup merata sebesar 192 Kg/m²

❖ Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(1097,51) + 1,6(192) \end{aligned}$$

$$= 1624,212 \text{ Kg/m}^2$$

❖ **Beban Pelat Bordes**

Beban Mati (*Dead Load*)

- Berat sendiri	$= 0,15 \times 2400 \times 1,5$	$= 540$	Kg/m^2
- Spesi (2cm)	$= 2 \times 21 \times 1,5$	$= 63$	Kg/m^2
- Keramik (1 cm)	$= 1 \times 24 \times 1,5$	$= 72$	Kg/m^2
- Berat	$= 50$	$= 50$	Kg/m^2

$$\text{Total Jumlah Beban Mati Pelat Bordes (qD)} = 725 \text{ Kg/m}^2$$

❖ **Beban Hidup** (*Live Load*)

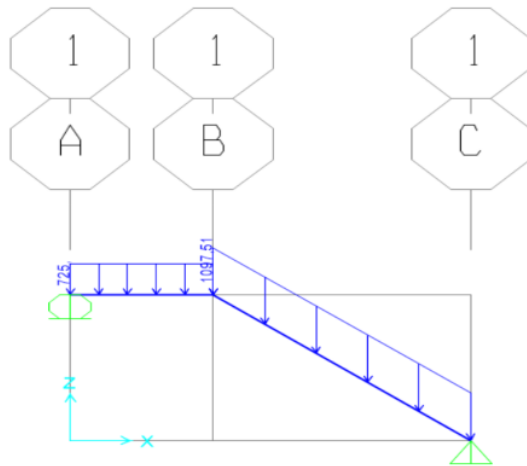
Berdasarkan SNI 1727:2020 Pasal 4.3-1, Beban hidup untuk tangga dan jalan keluar harus direncanakan agar dapat menaha beban hidup merata sebesar 192 Kg/m²

❖ **Kombinasi Pembebanan**

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(725) + 1,6(192) \\ &= 1177,2 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

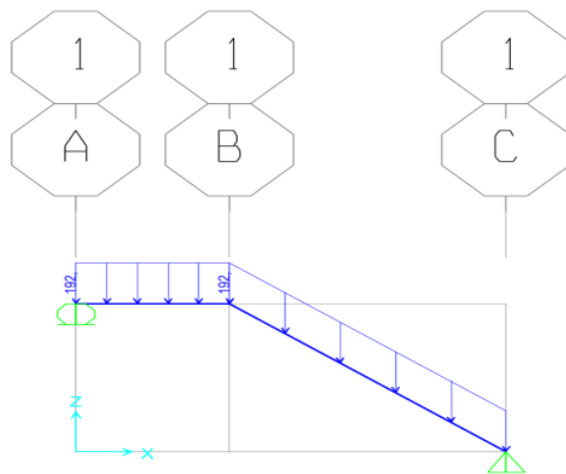
5.4.2. Analisa Statistika Tangga

Setelah melakukan perhitungan pembebanan, untuk selanjutnya untuk mencari momen – momen (gaya – gaya dalam) dicari dengan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP2000.

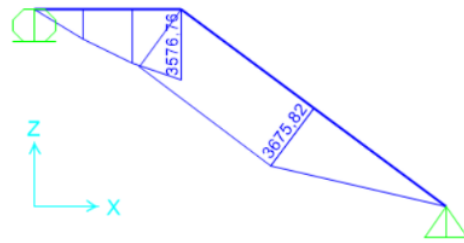


1 **Gambar 5. 5** Beban Mati pada Tangga dan Bordes

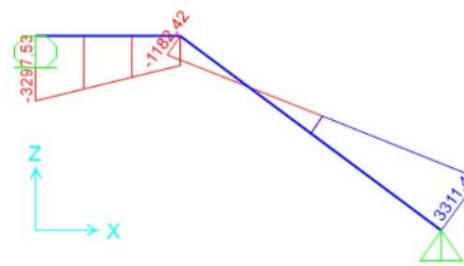
Berdasarkan pada **Gambar 5.5** bahwa terdapat 2 perlakuan pada perencanaan tangga ini yang atas menggunakan perletakkan rol dengan menggunakan karet bantalan, yang menumpang pada balok bordes sedangkan pada bagian bawah dengan menggunakan perletakkan sendi untuk lantai 1 menumpang pada element *Sloof* dan untuk lantai berikutnya menumpang pada balok anak.



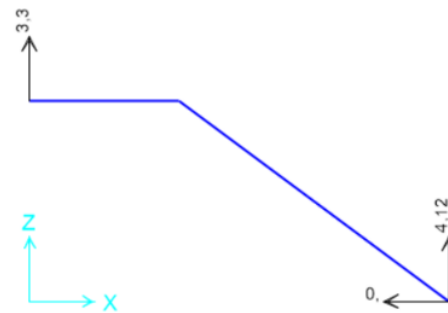
1 **Gambar 5. 6** Beban Hidup pada Tangga dan Bordes



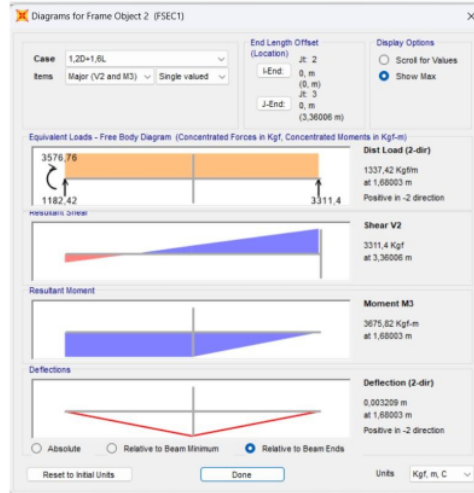
Gambar 5. 7 Gaya Momen pada Tangga



Gambar 5. 8 Gaya Geser pada Tangga



Gambar 5. 9 Joint Reaction pada Tangga



Gambar 5. 10 Gaya Dalam pada Bordes



Gambar 5. 11 Gaya Dalam pada Tangga miring

Dalam hasil **perhitungan** gaya – gaya dalam diatas di atas menggunakan program bantu computer, maka didapatkan :

$$M_{tt} \text{ tangga} = 3675,82 \text{ Kgm}$$

$$M_{tt} \text{ bordes} = 3576,76 \text{ Kgm}$$

❖ **Gaya Dalam pada Tangga**

Momen yang terjadi : $M_u = 3675,82 \text{ Kgm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3675,82}{0,9} = 4084,24 \text{ Kgm} = 40.842.400 \text{ Nmm}$$

❖ Gaya Dalam pada Bordes

Momen yang terjadi : $M_u = 3576,76 \text{ Kgm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3576,76}{0,9} = 3977,24 \text{ Kgm} = 39.772.400 \text{ Nmm}$$

5.4.3. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

❖ Data Perencanaan :

Mutu beton (f'_c) : 25 MPa

Mutu baja (f_y) : 420 MPa

Tebal selimut beton : 20 mm

Diameter tulangan : D13 mm

M_n : 40.842.400 Nmm

❖ Syarat Batas Penulangan Pelat Tangga

Syarat batas penulangan pada pelat tangga rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847

– 2019. Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai

$f'_c = 25 \text{ MPa}$ maka menggunakan rumus $\beta = 0,85$ yaitu :

$$\beta = 0,85$$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,025 = 0,019$$

Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{\min} = 0,0020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset) \\ &= 150 - 20 - (1/2 \cdot 13) \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{40842400}{1000 \cdot 123,5^2} = 2,68 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 2,68}{420}} \right) = 0,0068$$

$$\rho_{min} = 0,0020 < \rho_{perlu} = 0,0068 \text{ (dipakai } \rho_{perlu} = 0,0068)$$

Tulangan perlu

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d = 0,0068 \cdot 1000 \cdot 123,5 = 844,46 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 150 mm** ($A_s = 885 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut

$$A_{ss \text{ perlu}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **Ø8- 150 mm** ($A_s = 335 \text{ mm}^2$)

5.4.3.1. Kontrol Kekuatan Pelat Tangga

Kontrol Tulangan Tangga

$$\rho = \frac{A_s \text{ pakai}}{b \cdot dx} = \frac{885}{1000 \cdot 123,5} = 0,0072$$

$$a = \frac{1062 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 17,49$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 885 \cdot 420 \left(123,5 - \frac{17,49}{2} \right) = 42654105,53 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 42.654.105,53 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 40.842.400 \text{ Nmm (OK)}$$

$$\text{Jarak tulangan} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 150 \text{ mm} \leq 3 \cdot 150 = (450 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Tulangan Susut :

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{150} = 334,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 300 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

5.4.4. Penulangan Pelat Bordes

Data Perencanaan :

Mutu beton (f'_c) : 25 MPa

Mutu baja (f_y) : 420 MPa

Tebal selimut beton : 20 mm

Diameter tulangan : D13 mm

M_n : 39772400 Nmm

Syarat batas penulangan pada pelat tangga rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 - 2019.

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f''c =$

25 MPa maka menggunakan rumus $\beta = 0,85$ yaitu

$$\beta = 0,85$$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,025 = 0,019$$

Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{\min} = 0,0020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset) \\ &= 150 - 20 - (1/2 \cdot 13) \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{39772400}{1000 \cdot 123,5^2} = 2,61 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 2,61}{420}} \right) = 0,0066$$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0066 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0066)$$

Tulangan perlu

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0066 \cdot 1000 \cdot 124 = 820,66 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D13 - 150 mm** ($A_s = 885 \text{ mm}^2$)

Tulangan susut

$$A_{ss\text{perlu}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **Ø8- 150 mm** ($A_s = 335 \text{ mm}^2$)

5.4.4.1. Kontrol Kekuatan Pelat Bordes

✚ Kontrol Tulangan Tangga

$$\rho = \frac{A_s \text{ pakai}}{b \cdot dx} = \frac{885}{1000 \cdot 123,5} = 0,0072$$

$$a = \frac{885 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 17,49$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 885 \cdot 420 \left(123,5 - \frac{17,49}{2} \right) = 42.654.105,53 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 42.654.105,53 \text{ Nmm} > M_n \text{ awal} = 39.772.400 \text{ Nmm (OK)}$$

Jarak tulangan $\leq 3 \times$ tebal pelat = 150 mm $\leq 3 \cdot 150 = (450 \text{ mm})$ (OK)

Tulangan Susut :

$$A_{ss \text{ pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \phi^2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \cdot 8^2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000}{150} = 334,9 \text{ mm}^2 > A_{ss \text{ perlu}} = 300 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

5.4.5. Perencanaan Balok Bordes (BB – 20/30 cm)

Data Perencanaan :

Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa

Tebal selimut beton : 40 mm

Tulangan utama : D12 mm (420 MPa)

Tulangan sengkang : $\phi 8$ mm (280 MPa)

❖ Dimensi Balok Bordes

Menentukan dimensi balok sesuai dengan SNI 2847 – 2019 Pasal 9.3.1.1 tinggi maksimum balok bordes dianggap tertumpu sederhana sehingga menggunakan : $h =$

$$\frac{l}{16}$$

$$h = \frac{1}{16} = \frac{310}{16} = 19,37 \text{ cm maka di pakai } h = 30 \text{ cm}$$

$$b = 0,3 h = 0,3 (19,37) = 5,81 \text{ cm maka di pakai } b = 20 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok bordes yang digunakan adalah 20/30 cm

❖ Pembebanan Balok Bordes

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 2400 = 144 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Berat akibat beban kerja pada pelat bordes} = 1177,2 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Berat tambahan pekerja + alat pekerja} = 100 \text{ Kg/m}$$

❖ Kombinasi Pembebanan

$$Qu = 1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2(144) + 1,6(100 + 1177,2)$$

$$= 2216,32 \text{ Kg/m}^2$$

5.1. Perhitungan Momen yang bekerja pada Balok Bordes (BB – 20/30 cm)

❖ Syarat Batas Penulangan Balok Bordes Bordes (BB – 20/30 cm)

Penulangan pada balok bordes dengan syarat batas dengan rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2019 .

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f'c = 25$ MPa maka menggunakan rumus $\beta = 0,85$ yaitu

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,025 = 0,019$$

Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{\min} = 0,0020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

✚ Penulangan Lentur Daerah Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset_{\text{tul. Utama}}) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 300 - 40 - (1/2 \cdot 12) - 8 \\ &= 246 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 33518674 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{33518674}{200 \cdot 246^2} = 2,71 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 2,71}{420}} \right) = 0,0071$$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0071 < \rho_{\max} = 0,019 \quad (\text{dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0071)$$

Luas tulangan tarik (Atas)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0071 \cdot 200 \cdot 246 = 146,43 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **4D12** ($A_s = 452,16 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Bawah)

$$A_s' = \delta \times A_{s\text{ pakai}} = 0,5 \times 452,16 = 226,08 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **2D12** ($A_s = 226,08 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok bordes (BB – 20/30 cm) :

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{452,16 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 200} = 44,68$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 452,16 \cdot 420 \cdot \left(246 - \frac{44,68}{2}\right) = 42474260,07 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 42474260,07 \text{ Nmm} > M_{\text{awal}} = 33518674 \text{ Nmm (OK)}$$

✚ Penulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - \left(\frac{1}{2} \phi_{\text{tul. Utama}}\right) - \phi_{\text{tul. Senggang}} \\ &= 300 - 40 - \left(\frac{1}{2} \cdot 12\right) - 8 \\ &= 246 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 15733255,15 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 25} = 19,76$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{15733255,15}{200 \cdot 246^2} = 1,30 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{19,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 19,76 \cdot 1,30}{420}}\right) = 0,0032$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{max}} = 0,0032 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0034 \text{ (dipakai } \rho_{\text{max}} = 0,0032)$$

Luas tulangan tarik (Bawah)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot x \cdot d = 0,0032 \cdot 200 \cdot 246 = 146,43 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D12** ($A_s = 339,12 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Atas)

$$A_s' = \delta \cdot A_s \text{ pakai} = 0,5 \cdot 339,12 = 169,56 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **2D12** ($A_s = 226,08 \text{ mm}^2$)

5.2. Kontrol kekuatan tulangan pada balok bordes (BB – 20/30 cm) :

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{339,12 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 200} = 35,51$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 339,12 \cdot 420 \cdot \left(246 - \frac{35,51}{2}\right) = 32651240,89 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 32651240,89 \text{ Nmm} > M_{\text{awal}} = 15733255,15 \text{ Nmm (OK)}$$

5.3. Perhitungan Penulangan Geser Balok Bordes (BB – 20/30 cm)

➤ Kekuatan Geser Beton

$$\text{Beban geser terfaktor (V_u)} = 6615,39 \text{ Kg} = 64830,82 \text{ N}$$

• Geser Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot x \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 246 = 48511,85 \text{ N}$$

➤ **Periksa Kategori Desain**

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 48511,85 &= 36383,89 \text{ N} \\ \frac{1}{2} \phi V_c &= \frac{1}{2} \times 36383,89 &= 18191,95 \text{ N} \\ V_s &= \frac{1}{3} \times b_w \times d &= \frac{1}{3} \times 200 \times 246 &= 16400 \text{ N} \\ \phi V_s &= 0,75 \times 16400 &= 12300 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi V_s &= 36383,89 + 12300 &= 48683,89 \text{ N} \\ \text{min } \phi V_s &= 0,6 \times 12300 &= 7380 \text{ N} \\ \phi V_c + \text{min } \phi V_s &= 36383,89 + 7380 &= 43763,89 \text{ N} \\ \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 246 &= 58214,23 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 36383,89 + 58214,23 &= 94598,12 \text{ N} \\ \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 246 &= 116428,45 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 36383,89 + 116428,45 &= 152812,34 \text{ N} \end{aligned}$$

Kategori desain :

$$V_{u1} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} (Ln - d) \right)}{\frac{1}{2} \cdot Ln} = \frac{64830,82 \left(\frac{1}{2} (310 - 24,6) \right)}{\frac{1}{2} \cdot 310} = 59514,69 \text{ N}$$

Untuk $V_{u1} = 59514,69 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke - 4, dimana

$$\phi V_c + \text{min } \phi V_s < V_{u1} \leq \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 43763,89 \text{ N} < 59514,69 \text{ N} \leq 94598,12 \text{ N}$$

Kuat geser nominal tulangan :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{23,81 \times 280 \times 246}{100} = 69210,62 \text{ N}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{69210,62}{0,75} - 36383,89 = 55896,9 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 55896,9 \text{ N} < 97023,71 \text{ N} \text{ (OK)}$$

$$\text{Syarat spasi sengkang} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \leq \frac{246}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \leq 123 \leq 600 \text{ mm}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 100 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{v\min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{200 \times 100}{3 \times 280} = 23,81 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 100 \text{ mm}$

Gaya geser perlawanan sengkang :

Dipakai sengkang 2 kaki $\emptyset 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v\min} = 23,81 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,48 \times 280 \times 246}{100} = 69210,62 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s = 0,75 \times 69210,62 = 51907,97 \text{ N} > \min \emptyset V_s = 7380 \text{ N (OK)}$$

Maka dipakai tulangan sengkang $\emptyset 8 - 100 \text{ mm}$

- **Geser Daerah Lapangan**

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 200 \times 246 = 48511,85 \text{ N}$$

- **Periksa Kategori Desain**

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 48511,85 = 36383,89 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} \times 36383,89 = 18191,95 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 200 \times 246 = 16400 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s = 0,75 \times 16400 = 12300 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset V_s = 36383,89 + 12300 = 48683,89 \text{ N}$$

$$\min \emptyset V_s = 0,6 \times 12300 = 7380 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \min \emptyset V_s = 36383,89 + 7380 = 43763,89 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 246 = 58214,23 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 36383,89 + 58214,23 = 94598,12 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{25} \times 200 \times 246 = 116428,45 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 36383,89 + 116428,45 = 152812,34 \text{ N}$$

Kategori desain :

$$V_{u2} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} \cdot L_n \frac{1}{4} L_n \right)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = \frac{33461,12 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (310-77,5) \right)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = 25095,845 \text{ N}$$

Untuk $V_{u2} = 25095,845 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke - 2, dimana

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_{u2} \leq \phi V_c = 18191,95 \text{ N} < 25095,845 \text{ N} \leq 36383,89 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{25095,845}{0,75} - 36383,89 = -2922,77 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = -2922,77 \text{ N} < 97023,71 \text{ N} \text{ (OK)}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 120 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{v\min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{200 \times 120}{3 \times 280} = 28,75 \text{ mm}^2$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v\min} = 28,75 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,48 \times 280 \times 246}{120} = 57675,52 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 57675,52 = 43256,64 \text{ N} > \min \phi V_s = 7380 \text{ N} \text{ (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 120 \text{ mm}$

5.4. Maka dipakai tulangan geser Balok Bordes (BB - 20/30 cm) untuk daerah Tumpuan dan Lapangan adalah :

$$\text{Tulangan Geser pada Daerah Tumpuan} = \phi 8 - 100$$

$$\text{Tulangan Geser pada Daerah Lapangan} = \phi 8 - 120$$

5.5. Perencanaan Balok Lift

Balok *Lift* merupakan balok yang meliputi balok - balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Untuk *lift* pada bangunan ini direncanakan dengan data - data sebagai berikut :

$$\text{Tipe lift} = \text{SIGMA ELEVATOR (Simplex standard)}$$

$$\text{Kapasitas} = 8 \text{ orang}$$

$$\text{Kecepatan} = 1.0 \text{ m/s}$$

Lebar pintu (<i>open width</i>)	= 800 mm
Dimensi sangkar (<i>carsize</i>)	= 1400 mm x 1030 mm
Dimensi ruang luncur (<i>hoistway</i>)	= 1800 mm x 1700 mm
Dimensi ruang mesin (<i>machine</i>)	= 1800 mm x 1700 mm
Beban reaksi pada ruang mesin	= R1 = 4050 Kg
	R2 = 2500 Kg

5.5.1. Beban Hidup Koefisien Kejut yang Diakibatkan oleh Crane

Balok Peggantung *lift* memikul beban *crane* yang ditambah dengan berat pada muatan yang diangkat. Perhitungan beban rencana balok peggantung *lift* perlu ditambahkan beban *crane* dengan koefisien seperti rumus di bawah :

$$\Psi = (1 + k_1 \times k_2 \times V) \geq 1,15$$

$$\Psi = (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \geq 1,15$$

$$\Psi = 1,78 \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang diakibatkan oleh keran

k_1 = koefisien oleh kekuatan keran induk , umumnya diambil 0,6 untuk struktur rangka

k_2 = koefisien pada sifat – sifat mesin angkat pada keran angkat, umumnya diambil 1,3

V = kecepatan angkat maksimum yang nilainya tidak perlu lebih dari 1m/sec

Beban yang bekerja pada balok peggantung *lift* :

$$P_{u1} = R1 \times \Psi = 4050 \times 1,78 = 7209 \text{ Kg}$$

$$P_{u1} = R2 \times \Psi = 2500 \times 1,78 = 4450 \text{ Kg}$$

$$P = P_{u1} + P_{u2} = 7209 + 4450 = 11659 \text{ Kg}$$

5.5.2. Pembebanan Balok Peggantung Lift

❖ Beban terpusat

$$\text{Beban terpusat lift} = 11659 \text{ Kg}$$

$$\text{Beban kapasitas elevator} = 450 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 12109 \text{ Kg}$$

- ❖ **Beban Merata**
 Beban mati
 Beban sendiri balok = $0,2 \times 0,35 \times 2400 = 168 \text{ Kg/m}$
 Beban hidup
 Beban pekerja = 100 Kg/m

- ❖ **Kombinasi Beban *Ultimate***

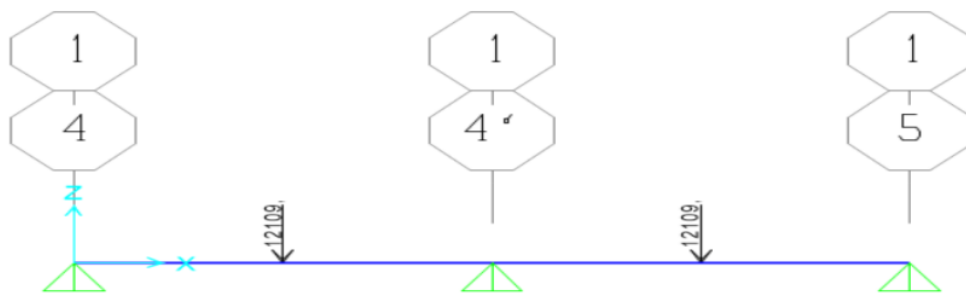
$$Q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$Q_u = 1,2(168) + 1,6(100)$$

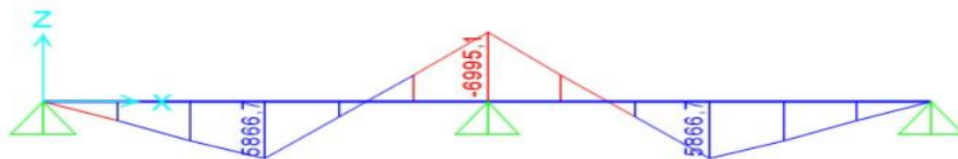
$$Q_u = 361,6 \text{ kg/m}$$

5.5.3. Analisa Statistika Balok *lift*

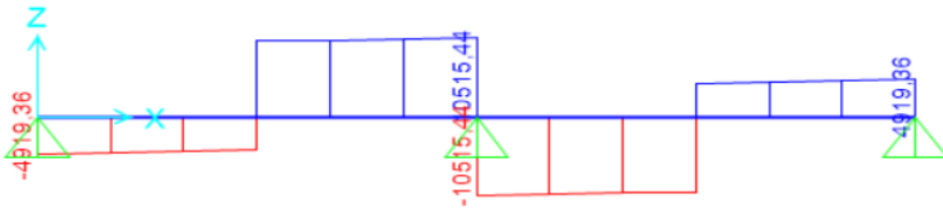
Setelah melakukan perhitungan pembebanan, untuk selanjutnya untuk mencari momen – momen (gaya – gaya dalam) dicari dengan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP2000.



Gambar 5. 12 Pembebanan Balok Penggantung Lift



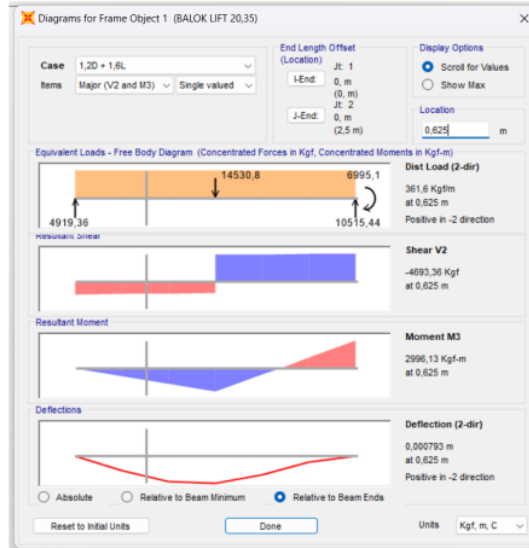
Gambar 5. 13 Momen Lentur pada Balok Penggantung Lift



Gambar 5. 14 Gaya Geser pada Balok Peggantung Lift



Gambar 5. 15 Gaya Dalam Tumpuan pada Balok Peggantung Lift



Gambar 5. 16 Gaya Dalam Lapangan pada Balok Pengantung Lift

Dalam hasil perhitungan gaya – gaya dalam diatas di atas menggunakan program bantu Komputer, maka didapatkan :

$$M_u \text{ tumpuan} = 6995,10 \text{ Kgm}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 2996,13 \text{ Kgm}$$

$$V = 10515,44 \text{ Kg}$$

❖ **Momen Tumpuan**

Momen yang terjadi : $M_u \text{ tumpuan} = 6995,10 \text{ Kgm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6995,10}{0,9} = 7772,3 \text{ Kgm} = 77723000 \text{ Nmm}$$

❖ **Momen Lapangan**

Momen yang terjadi : $M_u \text{ lapangan} = 2996,13 \text{ Kgm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2996,13}{0,9} = 3329,03 \text{ Kgm} = 33290300 \text{ Nmm}$$

5.5.4. Perhitungan Penulangan Balok lift

❖ **Data Perencanaan :**

Mutu beton ($f'c$) : 35 MPa

Dimensi balok lift : 20/35

Bentang balok : 2500 mm
 Tulangan utama : D16 (420 MPa)
 Tulangan sengkang : Ø8 (280 MPa)
 Selimut beton (s) : 40 mm

❖ **Syarat Batas Penulangan Balok Penggantung Lift (BA Lift – 20/35 cm)**

Penulangan pada balok bordes dengan syarat batas dengan rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2019 .

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f'c = 35$ MPa maka menggunakan rumus yaitu $\beta : 0,85 - \frac{0,05 (f'c - 28)}{7}$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05 (f'c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 (35 - 28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,031$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,031 = 0,023$$

Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{min} = \frac{0,0018 \times 420}{420} Ag = \frac{0,0018 \times 420}{420} Ag$$

✚ **Penulangan Lentur Daerah Tumpuan**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot D_{Utama}) - \phi_{tul. \text{ Sengkang}} \\ &= 350 - 40 - (1/2 \cdot 16) - 8 \\ &= 294 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{tumpuan} = 7772,3 \text{ Kgm} = 77.723.000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{77723000}{200 \cdot 294^2} = 4,50 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 4,50}{420}} \right) = 0,0117$$

$$\rho_{min} = 0,0020 < \rho_{perlu} = 0,0117 < \rho_{max} = 0,023 \text{ (dipakai } \rho_{perlu} = 0,0120 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Atas)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0117 \cdot 200 \cdot 294 = 685,52 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **4D16** ($A_s = 804 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Bawah)

$$A_s' = \delta \times A_{s\text{ pakai}} = 0,5 \times 804 = 402 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D16** ($A_s = 603 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok penggantung lift (BA Lift – 20/35 cm) :

$$a = \frac{A_{s\text{ pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{804 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 200} = 56,75$$

$$M_n = A_{s\text{ pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 804 \cdot 420 \cdot \left(294 - \frac{56,75}{2} \right) = 89.695.753,41 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 89.695.753,41 \text{ Nmm} > M_{\text{awal}} = 77.723.000 \text{ Nmm (OK)}$$



Penulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - \left(\frac{1}{2} D_{\text{tul. Utama}} \right) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 350 - 40 - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \right) - 8 \\ &= 294 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 3329,03 \text{ Kgm} = 33.290.300 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{33290300}{200 \cdot 294^2} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,93}{420}} \right) = 0,0047$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0047 < \rho_{\text{max}} = 0,023 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0047 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Bawah)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0047 \cdot 200 \cdot 294 = 278,94 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D16** ($A_s = 603 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Atas)

$$A_s' = \delta \times A_{s\text{ pakai}} = 0,5 \times 603 = 301,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **2D16** ($A_s = 402 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok penggantung lift (BA Lift – 20/35 cm) :

$$a = \frac{A_{s\text{ pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 200} = 42,56$$

$$M_n = A_{s\text{ pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 402 \cdot 420 \cdot \left(294 - \frac{42,56}{2} \right) = 69.068.471,29 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 69.068.471,29 \text{ Nmm} > M_{awal} = 33.290.300 \text{ Nmm (OK)}$$

5.5.4.1. Penulangan Geser Balok Lift (BA Lift – 20/35 cm)

➤ Kekuatan Geser Beton

Beban geser terfaktor (V_u) = 10515,44 Kg = 105154,4 N

• Geser Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} x b x d = \frac{1}{6} \sqrt{35} x 200 x 294 = 57977,58 \text{ N}$$

➤ Periksa Kategori Desain

$$\phi V_c = 0,75 x 57977,58 = 43483,19 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} x 43483,19 = 21741,59 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} x b_w x d = \frac{1}{3} x 200 x 294 = 19600 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 x 19600 = 14700 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi V_s = 43483,19 + 14700 = 58183,19 \text{ N}$$

$$\min \phi V_s = 0,6 x 14700 = 8820 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \min \phi V_s = 43483,19 + 8820 = 52303,19 \text{ N}$$

$$\phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} x b_w x d = 0,6 x \frac{1}{3} \sqrt{35} x 200 x 294 = 69573,1 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} x b_w x d = 43483,19 + 69573,1 = 113056,23 \text{ N}$$

$$\phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} x b_w x d = 0,6 x \frac{2}{3} \sqrt{35} x 200 x 294 = 139146,2 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} x b_w x d = 43483,19 + 139146,2 = 182629,38 \text{ N}$$

Kategori desain :

$$V_{u1} = \frac{v_u (\frac{1}{2} Ln - d)}{\frac{1}{2} \cdot Ln} = \frac{105154,4 (\frac{1}{2} \cdot 250 - 29,4)}{\frac{1}{2} \cdot 250} = 92788,2 \text{ N}$$

Untuk $V_{u1} = 92788,2 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke – 4, dimana

$$\phi V_c + \min \phi V_s < V_{u1} < \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} x b_w x d = 52303,19 \text{ N} < 92788,2 \text{ N} \leq 182629,38 \text{ N}$$

Sehingga diperlukan tulangan geser minimum dengan sengkang yang harus memenuhi syarat berikut :

Kuat geser nominal tulangan :

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{92788,2}{0,75} - 43483,19 = 80234,47 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \times b_w \times d = 80234,47 \text{ N} < 115955,16 \text{ N (OK)}$$

$$\text{Syarat spasi sengkang} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \leq \frac{294}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \leq 147 \leq 600 \text{ mm}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 100 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{v\min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{200 \times 100}{3 \times 280} = 23,81 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v\min} = 23,81 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{23,81 \times 280 \times 294}{100} = 19600 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 19600 = 14700 \text{ N} > \min \phi V_s = 8820 \text{ N (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 100 \text{ mm}$

- **Geser Daerah Lapangan**

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 200 \times 294 = 57977,58 \text{ N}$$

- **Periksa Kategori Desain**

$$\phi V_c = 0,75 \times 57977,58 = 43483,19 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 43483,19 = 21741,59 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 200 \times 294 = 19600 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 19600 = 14700 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi V_s = 43483,19 + 14700 = 58183,19 \text{ N}$$

$$\min \phi V_s = 0,6 \times 14700 = 8820 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \min \phi V_s = 43483,19 + 8820 = 52303,19 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 200 \times 294 = 69573,1 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 43483,19 + 69573,1 = 113056,23 \text{ N} \\ \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{35} \times 200 \times 294 = 139146,2 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 43483,19 + 139146,2 = 182629,38 \text{ N} \end{aligned}$$

Kategori desain :

$$V_{u2} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} \cdot (L_n - \frac{1}{4} L_n) \right)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = \frac{105154,4 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (250 - 62,5) \right)}{\frac{1}{2} \cdot 250} = 78865,8 \text{ N}$$

Untuk $V_{u2} = 78865,8 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke - 4, dimana

$$\phi V_c + \min \phi V_s < V_{u2} < \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 52303,19 \text{ N} < 78865,8 \text{ N} \leq 182629,38 \text{ N}$$

Sehingga diperlukan tulangan geser minimum dengan sengkang yang harus memenuhi syarat berikut :

Kuat geser nominal tulangan :

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{78940,8}{0,75} - 43483,19 = 61771,21 \text{ N}$$

$$\text{Syarat : } V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 61771,21 \text{ N} < 115955,16 \text{ N (OK)}$$

$$\text{Syarat spasi sengkang} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$125 \leq \frac{294}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$125 \leq 147 \leq 600 \text{ mm}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 140 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{v\min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{200 \times 140}{3 \times 280} = 33,33 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$ dengan

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v\min} = 23,81 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_{s\text{ perlu}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{33,33 \times 280 \times 294}{140} = 19600 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 19600 = 14700 \text{ N} > \min \phi V_s = 8820 \text{ N (OK)}$$

Maka dipakai tulangan sengkang $\emptyset 8 - 140$ mm

5.5.4.2. Maka dipakai tulangan geser balok penggantung lift (Balok Lift 20/35) untuk daerah Tumpuan dan Lapangan adalah :

$$\text{Tulangan Geser pada Daerah Tumpuan} = \emptyset 8 - 100$$

$$\text{Tulangan Geser pada Daerah Lapangan} = \emptyset 8 - 140$$

5.6. Perencanaan Balok Anak Atap

Struktur sekunder balok anak atap dimana perhitungannya meliputi perhitungan beban, momen hingga perhitungan penulangan yang dibutuhkan. Terdapat tipe Balok Anak aTap BAA1, BAA2 dan BAA3 dan Direncanakan sesuai SNI 2847:2019 Pasal 9.3.1.1. tinggi minimum balok untuk balok nonprategang balok anak atap dianggap kedua ujung menerus sehingga menggunakan :

$$h = \frac{l}{21} = \frac{500}{21} = 23,80 \text{ cm}$$

Tinggi balok rencana yang akan dipakai $h = 40$ cm

Untuk lebar balok minimal :

$$b = 0,3h = 0,3 \times 35 = 12 \text{ cm maka dipakai } b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } b = \frac{h}{b} \leq 2$$

$$b = \frac{40}{30} \leq 2 = 1,3 \leq 2 \text{ (OK)}$$

❖ Gaya dalam pada balok 30/40 cm didapat dengan *output* hasil sebagai berikut :

$$M_{\text{tumpuan}} = 138447611 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 69223805 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 16941,27 \text{ Kg}$$

5.6.1. Perhitungan ¹ Penulangan Lentur Balok Anak Atap Tipe 1

❖ Data Perencanaan :

Mutu beton ($f'c$)	: 35 MPa
² Dimensi balok anak atap	: 30/40 cm
Bentang balok	: 5000 mm
Tulangan utama	: D16 (420 MPa)
Tulangan sengkang	: Ø8 (280 MPa)
Selimit beton (s)	: 40 mm

❖ Syarat Batas ² Penulangan Balok Anak Atap

Penulangan pada balok anak atap dengan syarat batas dengan ¹ rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2019 .,

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f'c = 35$ MPa maka menggunakan rumus yaitu $\beta : 0,85 - \frac{0,05 (f'c - 28)}{7}$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05 (f'c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 (35 - 28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,033$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,025$$

¹ Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{min} = 0,0035$$

✚ Penulangan Lentur Daerah Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset_{\text{tul. Utama}}) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 400 - 40 - (1/2 \cdot 16) - 8 \\ &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 134529824,70 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{138447611}{300 \cdot 344^2} = 3,79 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 3,79}{420}} \right) = 0,0100$$

$$\rho_{min} = 0,0035 < \rho_{perlu} = 0,0100 < \rho_{max} = 0,023 \text{ (dipakai } \rho_{perlu} = 0,0100 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Atas)

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d = 0,0100 \cdot 300 \cdot 344 = 1030,35 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **6D16** ($A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Bawah)

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

Digunakan tulangan **4D16** ($A_s = 803,84 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok anak atap :

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1205,76 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 56,74$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1205,76 \cdot 420 \cdot \left(344 - \frac{56,74}{2} \right) = 159840675,04 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 159840675,04 \text{ Nmm} > M_{awal} = 134529824,70 \text{ Nmm (OK)}$$

Penulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - \left(\frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul. Utama}} \right) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 400 - 40 - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \right) - 8 \\ &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{lapangan} = 69223805 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{69223805}{300 \cdot 344^2} = 1,95 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,95}{420}} \right) = 0,0048$$

$$\rho_{min} = 0,0035 < \rho_{perlu} = 0,0048 < \rho_{max} = 0,023 \text{ (dipakai } \rho_{perlu} = 0,0048 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Bawah)

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d = 0,0048 \cdot 300 \cdot 344 = 363,42 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **4D16** ($A_s = 803,84 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Atas)

$$A_s' = \delta \times A_{s \text{ pakai}} = 0,5 \times 803,84 = 401,92 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D16** ($A_s = 602,88 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok anak atap :

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{803,84 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 37,83$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 803,84 \cdot 420 \cdot (344 - \frac{37,83}{2}) = 109753234,42 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 109753234,42 \text{ Nmm} > M_{\text{awal}} = 69223805 \text{ Nmm (OK)}$$

5.6.2. Perhitungan Penulangan Geser Balok Anap Atap

➤ Kekuatan Geser Beton

Beban geser terfaktor (V_u) = 16941,27 kg = 166024,45 N

Geser Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 344 = 101756,57 \text{ N}$$

➤ Periksa Kategori Desain

ϕV_c	= 0,75 x 101756,57	= 76317,43 N
$\frac{1}{2} \phi V_c$	= $\frac{1}{2}$ x 76317,43	= 38158,71 N
$V_s = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$	= $\frac{1}{3}$ x 300 x 344	= 34400 N
ϕV_s	= 0,75 x 34400	= 25800 N
$\phi V_c + \phi V_s$	= 76317,43 + 25800	= 102117,43 N
min ϕV_s	= 0,6 x 25800	= 15480 N
$\phi V_c + \text{min } \phi V_s$	= 43778,99 + 15480	= 91797,43 N
$\phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$	= 0,6 x $\frac{1}{3} \sqrt{35}$ x 300 x 344	= 122107,89 N
$\phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$	= 76317,43 + 122107,89	= 198425,32 N
$\phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$	= 0,6 x $\frac{2}{3} \sqrt{35}$ x 300 x 344	= 244215,77 N
$\phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$	= 76317,43 + 244215,77	= 320533,20 N

Kategori desain :

$$V_{u1} = \frac{V_u (\frac{1}{2} \cdot L_n - d)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = \frac{166024,45 (\frac{1}{2} \cdot 500 - 34,4)}{\frac{1}{2} \cdot 500} = 143179,48 \text{ N}$$

Untuk $V_{u1} = 143179,48 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke - 4,

Syarat kategori desain ke - 4

$$\phi V_c + \text{min } \phi V_s < V_u \leq \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 91797,43 \text{ N} < 143179,48 \text{ N} \leq 122107,89 \text{ N}$$

Sehingga diperlukan tulangan geser minimum dengan sengkang yang harus

memenuhi syarat berikut :

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 143179,48 - 76317,43 = 66862,05 \text{ N}$$

$$\text{Syarat spasi sengkang} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 300 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq \frac{344}{2} \leq 300 \text{ mm}$$

$$150 \leq 172 \leq 300 \text{ mm}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 100 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{v\min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{300 \times 100}{3 \times 280} = 35,71 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki $\emptyset 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v\min} = 35,71 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,48 \times 280 \times 344}{100} = 96782,34 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s \text{ pakai} = 0,75 \times 96782,34 = 72586,75 \text{ N} > \min \emptyset V_s = 15480 \text{ N (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\emptyset 8 - 100 \text{ mm}$

- **Geser Daerah Lapangan**

$$V_u = 4375,24 \text{ kg} = 42877,35 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 101756,57 \text{ N}$$

- **Periksa Kategori Desain**

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 101756,57 = 76317,43 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} \times 76317,43 = 38158,71 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 344 = 34400 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s = 0,75 \times 34400 = 25800 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset V_s = 76317,43 + 25800 = 102117,43 \text{ N}$$

$$\min \emptyset V_s = 0,6 \times 25800 = 15480 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \min \emptyset V_s = 76317,43 + 15480 = 91797,43 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 122107,89 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 76317,43 + 122107,89 = 198425,32 \text{ N}$$

$$\phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 244215,77 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 76317,43 + 244215,77 = 320533,20 \text{ N}$$

Kategori desain :

$$V_{u2} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} \cdot L_n - d \right)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = \frac{42877,35 \left(\frac{1}{2} \cdot 500 - 125 \right)}{\frac{1}{2} \cdot 500} = 32158,01 \text{ N}$$

Untuk $V_{u2} = 32158,01 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke - 1, yaitu pada kategori desain ini tidak memiliki persyaratan tulangan

Syarat kategori desain ke - 1

$$V_{u2} \leq 0,5 \phi V_c = 32158,01 \text{ N} \leq 38158,71 \text{ N}$$

Sehingga diperlukan tulangan geser dengan sengkang yang harus

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 150 \text{ mm}$

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{v \text{ min}} = 53,57 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$A_v = 150 \text{ mm}^2 > A_{v \text{ min}} = 53,57 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,48 \times 280 \times 344}{150} = 64521,56 \text{ N}$$

$$\phi V_s \text{ pakai} = 0,75 \times 64521,56 = 48391,17 \text{ N} > \text{min } \phi V_s = 15480 \text{ N (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 150 \text{ mm}$

5.7. Perencanaan Balok Anak Lantai

Struktur sekunder balok anak lantai dimana perhitungannya meliputi perhitungan beban, momen hingga perhitungan penulangan yang dibutuhkan. Terdapat tipe Balok Anak Lantai BAL1, BAL2, BAL3 dan BAL4. Direncanakan sesuai SNI 2847:2019 Pasal 9.3.1.1. tinggi minimum balok untuk balok nonprategang balok anak atap dianggap kedua ujung menerus sehingga menggunakan :

$$h = \frac{l}{21} = \frac{700}{21} = 33,33 \text{ cm}$$

Tinggi balok rencana yang akan dipakai $h = 40 \text{ cm}$

Untuk lenar balok minimal :

$$b = 0,3h = 0,3 \times 35 = 10,5 \text{ cm maka dipakai } b = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } b = \frac{h}{b} \leq 2$$

$$b = \frac{40}{25} \leq 2 = 1,6 \leq 2 \text{ (OK)}$$

❖ Gaya dalam pada balok 30/40 cm didapat dengan *output* hasil sebagai berikut :

$$M_{tumpuan} = 15074429,60 \text{ Nmm}$$

$$M_{lapangan} = 7537214,82 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 3074,33 \text{ Kg}$$

5.7.1. Perhitungan ¹ Penulangan Lentur Balok Anak Lantai Tipe 1

❖ **Data Perencanaan :**

Mutu beton ($f'c$)	: 35 MPa
Dimensi balok anak atap	: 30/40
Bentang balok	: 3000 mm
Tulangan utama	: D16 (420 MPa)
Tulangan sengkang	: Ø8 (280 MPa)
Selimit beton (s)	: 40 mm

❖ **Syarat Batas ² Penulangan Balok Anak Lantai**

Penulangan pada balok anak lantai dengan syarat batas dengan ¹ rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2019 .

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f'c = 35$ MPa maka menggunakan rumus yaitu $\beta : 0,85 - \frac{0,05(f'c-28)}{7}$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05(f'c-28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(35-28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{420} \left(\frac{600}{600+420} \right) = 0,031$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,031 = 0,023$$

¹ Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

✚ Penulangan Lentur Daerah Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset_{\text{tul. Utama}}) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 400 - 40 - (1/2 \cdot 16) - 8 \\ &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 15074429,60 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{15074429,60}{300 \cdot 344^2} = 0,42 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,42}{420}} \right) = 0,0010$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0010 < \rho_{\min} = 0,0035 \text{ (dipakai } \rho_{\min} = 0,0035 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Atas)

$$A_{\text{sperlu}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300 \cdot 344 = 363,42 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D16** ($A_s = 602,88 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Bawah)

$$A_s' = \delta \cdot A_{\text{s pakai}} = 0,5 \cdot 602,88 = 310,44 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **2D16** ($A_s = 401,92 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok anak lantai

$$a = \frac{A_{\text{s pakai}} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{602,88 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 28,37$$

$$M_n = A_{\text{s pakai}} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 602,88 \cdot 420 \cdot \left(344 - \frac{28,37}{2} \right) = 83512219,96 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 83512219,96 \text{ Nmm} > M_{\text{awal}} = 15074429,60 \text{ Nmm (OK)}$$

✚ Penulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \emptyset_{\text{tul. Utama}}) - \emptyset_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 400 - 40 - (1/2 \cdot 16) - 8 \\ &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 7537214,82 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{7537214,82}{300 \cdot 344^2} = 0,21 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 0,21}{420}} \right) = 0,0005$$

$$\rho_{perlu} = 0,0005 < \rho_{min} = 0,0035 \text{ (dipakai } \rho_{min} = 0,0035)$$

Luas tulangan tarik (Bawah)

$$A_{sperlu} = \rho_{min} \times b \times d = 0,0035 \cdot 300 \cdot 344 = 363,42 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **3D16** ($A_s = 602,88 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan (Atas)

$$A_s' = \delta \times A_{s \text{ pakai}} = 0,5 \times 602,88 = 301,44 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **2D16** ($A_s = 401,92 \text{ mm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan pada balok anak lantai

$$a = \frac{A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{602,88 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 28,37$$

$$M_n = A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 608,22 \cdot 420 \cdot \left(344 - \frac{28,22}{2} \right) = 83512219,96 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 83512219,96 \text{ Nmm} > M_{awal} = 7537214,82 \text{ Nmm (OK)}$$

5.7.2. Perhitungan Penulangan Geser Balok Anap Lantai 25/40 cm

➤ **Kekuatan Geser Beton**

$$\text{Beban geser terfaktor (} V_u) = 3074,33 \text{ Kg} = 30128,43 \text{ N}$$

Geser Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 101756,57 \text{ N}$$

➤ **Periksa Kategori Desain**

$$\phi V_c = 0,75 \times 101756,57 = 76317,43 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 76317,43 = 38158,71 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 344 = 34400 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 34400 = 25800 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi V_s = 76761,14 + 25800 = 102117,43 \text{ N}$$

$$\min \phi V_s = 0,6 \times 25800 = 15480 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \min \phi V_s = 76317,43 + 15480 = 91797,43 \text{ N}$$

$$\phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 122107,89 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 76761,14 + 122107,89 = 198425,32 \text{ N}$$

$$\phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 244215,77 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \times b_w \times d = 76317,43 + 244215,77 = 320533,20 \text{ N}$$

Kategori desain :

$$V_{u1} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} \cdot Ln - d \right)}{\frac{1}{2} \cdot Ln} = \frac{30128,43 \left(\frac{1}{2} \cdot 300 - 34,4 \right)}{\frac{1}{2} \cdot 300} = 26673,71 \text{ N}$$

Untuk $V_{u1} = 26673,71 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke -1, yaitu pada kategori desain ini tidak memiliki persyaratan tulangan

$$V_{u1} \leq \frac{1}{2} \phi V_c = 26673,71 \text{ N} \leq 38158,71 \text{ N}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 100 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{vmin} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{300 \times 100}{3 \times 280} = 35,71 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{vmin} = 35,71 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{35,71 \times 280 \times 344}{100} = 96782,34 \text{ N}$$

$$\phi V_{s \text{ pakai}} = 0,75 \times 96782,34 = 72586,75 \text{ N} > \text{min } \phi V_s = 15480 \text{ N (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 100 \text{ mm}$

- **Geser Daerah Lapangan**

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 344 = 102348,18 \text{ N}$$

- **Periksa Kategori Desain**

$$\phi V_c = 0,75 \times 101756,57 = 76317,43 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \times 76317,43 = 38158,71 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 344 = 34400 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 34400 = 25800 \text{ N}$$

$$\phi V_c + \phi V_s = 76761,14 + 25800 = 102117,43 \text{ N}$$

$$\text{min } \phi V_s = 0,6 \times 25800 = 15480 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c + \min \phi V_s &= 76317,43 + 15480 &= 91797,43 \text{ N} \\ \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 &= 122107,89 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 76761,14 + 122107,89 &= 198425,32 \text{ N} \\ \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 0,6 \times \frac{2}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 344 &= 244215,77 \text{ N} \\ \phi V_c + \phi \cdot \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d &= 76317,43 + 244215,77 &= 320533,20 \text{ N} \end{aligned}$$

Kategori desain :

$$V_{u2} = \frac{V_u \left(\frac{1}{2} \cdot L_n - d \right)}{\frac{1}{2} \cdot L_n} = \frac{16434,6 \left(\frac{1}{2} \cdot 300 - 75 \right)}{\frac{1}{2} \cdot 300} = 12325,95 \text{ N}$$

Untuk $V_{u2} = 12325,95 \text{ N}$, termasuk dalam kategori desain ke -1, Dimana (tanpa syarat tulangan)

$$V_{u2} \leq \frac{1}{2} \phi V_c = 12325,95 \text{ N} \leq 38158,71 \text{ N}$$

Direncanakan sengkang dengan jarak $S = 150 \text{ mm}$

$$\text{Maka luas} = A_{vmin} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{300 \times 150}{3 \times 280} = 53,57 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki $\phi 8 \text{ mm}$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > A_{vmin} = 53,57 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Gaya geser perlawanan sengkang :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{53,57 \times 280 \times 344}{150} = 64521,26 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 64521,26 = 48391 \text{ N} > \min \phi V_s = 15480 \text{ N (OK)}$$

Makan dipakai tulangan sengkang $\phi 8 - 150 \text{ mm}$

5.7.2.1. Rekapitulasi Penulangan Struktur Sekunder

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap, Pelat lantai Pelat Bordes dan Pelat Tangga,

Tipe	Tulangan Pakai		Luas	Tulangan Perlu		Mtx (Kgm)	Mty (Kgm)	Kontrol Tulangan	
	a	b		Luas	b				
Pelat Atap	D	13	-	250	531	mm2	449,76	mm2	a > b
	Ø	8	-	200	251	mm2	240	mm2	OK
	D	13	-	300	442,22	mm2	374,63	mm2	OK
	Ø	8	-	200	251,20	mm2	240	mm2	OK
Pelat Lantai	Tulangan Pakai		Luas		Tulangan Perlu		Mtx (Kgm)	Mty (Kgm)	Kontrol Tulangan
	a		b		Luas				a > b
	D	13	-	300	442	mm2	311,67	mm2	OK
	Ø	8	-	200	251	mm2	240	mm2	OK
Pelat Bordes	D	13	-	300	442,22	mm2	268,33	mm2	OK
	Ø	8	-	200	251,20	mm2	240	mm2	OK
	Tulangan Pakai		Luas		Tulangan Perlu		Mtx (Kgm)	Mty (Kgm)	Kontrol Tulangan
	a		b		Luas				a > b

Tipe	Tulangan Pakai		Luas	Tulangan Perlu		Kontrol Tulangan			
	a	b		Luas	b				
Pelat Tangga	D	13	-	150	885,00	mm2	844,46	mm2	a > b
	Ø	8	-	150	334,93	mm2	300	mm2	OK
Pelat Bordes	D	13	-	150	885,00	0,00	820,66	mm2	OK
	Ø	8	-	150	334,93	0,00	300	mm2	OK

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes, Balok *Lift* Balok Anak Atap dan Balok Anak Lantai

Type	Dimensi (cm)	Tumpuan Pakai				Lapangan Pakai				Tumpuan Output SAP2000	Lapangan Output SAP2000	Kontrol Tulangan			
		Tulangan		Luas		Tulangan		Luas				a > c	b > d		
		a		b		c		d				e			
Balok Bordes	20/30	4	D 12	452,16	mm2	2	D 12	226,08	mm2	146,43	mm2	169,56	mm2	OK	OK
		2	D 12	226,08	mm2	3	D 12	339,12	mm2	226,08	mm2	146,43	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 120	100,48	mm2	23,81	mm2	28,57	mm2	OK	OK
Balok <i>Lift</i>	20/35	4	D 16	804,00	mm2	2	D 16	402,00	mm2	685,92	mm2	301,5	mm2	OK	OK
		3	D 16	603,00	mm2	3	D 16	603,00	mm2	402	mm2	278,94	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 140	100,48	mm2	23,81	mm2	33,33	mm2	OK	OK
BAA 1	30/40	6	D 16	1205,76	mm2	3	D 16	602,88	mm2	1164	mm2	358	mm2	OK	OK
		4	D 16	803,84	mm2	4	D 16	803,84	mm2	557	mm2	698	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	35,71	mm2	53,57	mm2	OK	OK
BAA 2	25/40	4	D 16	803,84	mm2	2	D 16	401,92	mm2	400	mm2	130	mm2	OK	OK
		3	D 16	602,88	mm2	3	D 16	602,88	mm2	262	mm2	298	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	29,76	mm2	44,64	mm2	OK	OK
BAA 3	30/40	4	D 16	803,84	mm2	2	D 16	401,92	mm2	373	mm2	122	mm2	OK	OK
		3	D 16	602,88	mm2	3	D 16	602,88	mm2	245	mm2	305	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	35,71	mm2	53,57	mm2	OK	OK
BAA 4	15/30	3	D 16	602,88	mm2	2	D 16	401,92	mm2	387	mm2	121	mm2	OK	OK
		2	D 16	401,92	mm2	3	D 16	602,88	mm2	186	mm2	213	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	17,86	mm2	26,79	mm2	OK	OK

Tipe	Dimensi (cm)	Tumpuan Pakai				Lapangan Pakai				Tumpuan Output SAP2000	Lapangan Output SAP2000	Kontrol Tulangan			
		Tulangan		Luas	Tulangan		Luas	e							
		a	b		c	d		a > c	b > d						
BAL 1	30/40	3	D 16	602,88	mm2	2	D 16	401,92	mm2	158	mm2	39	mm2	OK	OK
		2	D 16	401,92	mm2	3	D 16	602,88	mm2	79	mm2	102	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	35,71	mm2	53,57	mm2	OK	OK
		5	D 16	1004,80	mm2	3	D 16	602,88	mm2	933	mm2	295	mm2	OK	OK
		3	D 16	602,88	mm2	4	D 16	803,84	mm2	450	mm2	754	mm2	OK	OK
BAL 2	30/40	2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	35,71	mm2	53,57	mm2	OK	OK
		3	D 16	602,88	mm2	2	D 16	401,92	mm2	171	mm2	42	mm2	OK	OK
		2	D 16	401,92	mm2	3	D 16	602,88	mm2	85	mm2	104	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	29,76	mm2	44,64	mm2	OK	OK
		2	D 16	401,92	mm2	2	D 16	401,92	mm2	126	mm2	39	mm2	OK	OK
BAL 3	25/40	2	D 16	401,92	mm2	2	D 16	401,92	mm2	78	mm2	69	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2	17,86	mm2	26,79	mm2	OK	OK
		2	Ø 8 - 100	100,48	mm2	2	Ø 8 - 150	100,48	mm2					OK	OK

BAB VI

STRUKTUR PRIMER

6.1. Struktur Primer

Struktur Primer merupakan komponen utama yang terdiri dari balok induk, kolom, dan dinding struktur. Kekakuan dari komponen struktur dapat mempengaruhi perilaku bangunan, struktur primer direncanakan sebagai mempertimbangkan kemungkinan terjadinya keruntuhan karena gaya gempa dapat diperkecil. Pada tugas akhir ini, gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung akan dianalisa dengan program bantu komputer dengan pemodelan struktur berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 beserta SNI 1727 – 2020 untuk pembebanan bangunan gedung.

6.2. Data Perencanaan Struktur

Adapun data yang akan digunakan perencanaan struktur primer gedung Hotel Dracarys di Kota Depok, sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	= 35 MPa
Mutu baja tulangan utama (f_y)	= 420 MPa
Mutu baja tulangan geser (f_y)	= 420 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= $4700\sqrt{35} = 27805,58$ MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= 200000 MPa
Jumlah lantai	= 13 lantai + atap
Penutup atap	= Dak beton
Tinggi bangunan	= 52 m
Tinggi antar lantai	= 4 m
Panjang bangunan	= 35 m
Lebar bangunan	= 27 m
Dimensi balok induk	= 70/40 cm
Dimensi balok induk	= 60/40 cm
Dimensi kolom	= 70/70 cm
Klasifikasi situs tanah	= Tanah Sedang

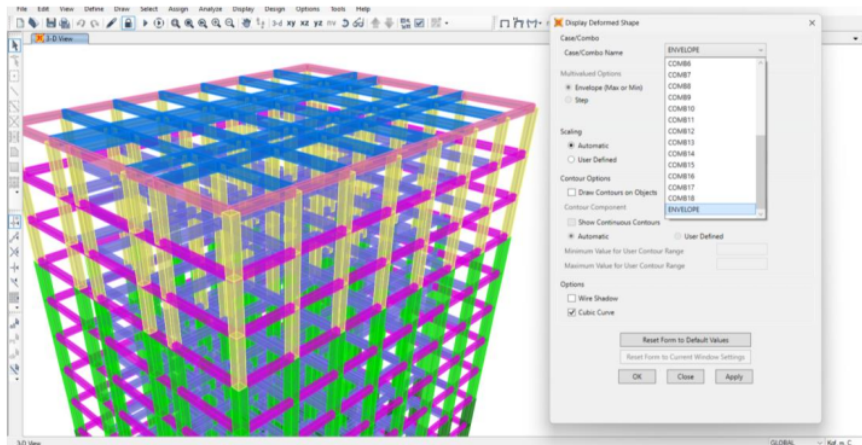
6.3. Menentukan Jenis Tanah

Adapun terdapat hasil penyelidikan tanah yang dilakukan di Jalan Raya Bogor Cisalak, Kec. Sukmajaya, Kota Depok provinsi Jawa Barat dengan mempertimbangkan nilai N-SPT atau nilai n rata-rata dapat disimpulkan bahwa lokasi proyek tersebut dikategorikan tanah sedang (SD) Dibuktikan dengan Nilai N-SPT rata-rata 15 sampai 50

Tabel 6. 1 Perhitungan N-SPT Kota Depok

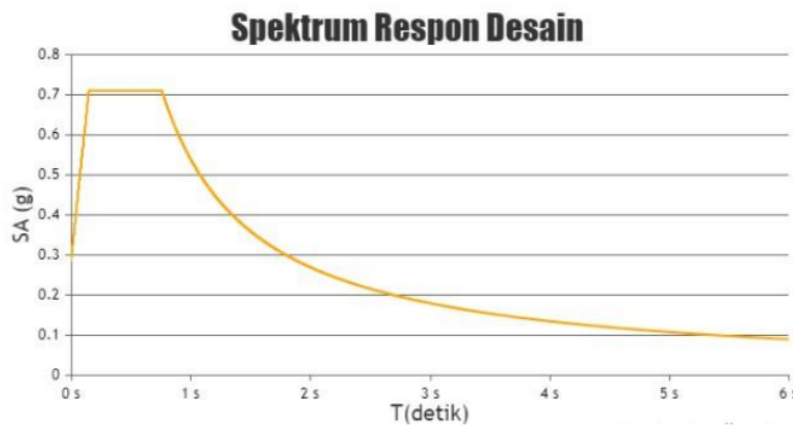
NO	Kedalaman	Tebal	Nilai SPT	N' = T/N
1	0,00 - 2,00	2	9,00	0,2222
2	2,00 - 4,00	2	14,00	0,1429
3	4,00 - 6,00	2	16,00	0,1250
4	6,00 - 8,00	2	20,00	0,1000
5	8,00 - 10,00	2	21,00	0,0952
6	10,00 - 12,00	2	20,00	0,1000
7	12,00 - 14,00	2	25,00	0,0800
8	14,00 - 16,00	2	60,00	0,0333
9	16,00 - 18,00	2	60,00	0,0333
10	18,00 - 20,00	2	60,00	0,0333
11	20,00 - 22,00	2	60,00	0,0333
12	22,00 - 24,00	2	56,00	0,0357
13	24,00 - 26,00	2	50,00	0,0400
14	26,00 - 28,00	2	47,00	0,0426
15	28,00 - 30,00	2	28,00	0,0714
Total (Σ)		30		1,1883
Mengacu pada peraturan SNI 1726 - 2019 Tabel 5 Klasifikasi Situs				
$\Sigma N = \text{Total } \Sigma T / \Sigma N = 25,2451$ (Tanah Sedang) SD = 15 sampai 50				

Berdasarkan **Tabel 6.1** perhitungan N-SPT, maka dapat disimpulkan Klasifikasi situs pada lokasi proyek zhotel Dracarys Depok termasuk dengan kelas situs SD atau Tanah Sedang, dengan nilai $N = 15 < 50$. Sehingga respon spektrum yang didapat dari Aplikasi Peta Gempa dan respon Spectra, ialah seperti pada **Gambar 6.1**



Gambar 6. 1 Jumlah *Mode Shape*

Berdasarkan pada Gambar 6.1 diatas, bahwa jumlah *Mode Shape* yang ada pada pemodelan struktur gedung hotel Dracarys dengan bantuan program bantu komputer yaitu berjumlah 19 *Mode Shape*. Gambar 6.1 yang menunjukkan tampilan *Mode Shape Envelope*



Gambar 6. 2 Respon Spektrum Kota Depok pada Tanah Sedang (SD)

¹ Diperoleh data dari hasil respon spektrum, sebagai berikut :

Kelas situs = SD (**Tanah** Sedang)

PGA (g) = 0,4407 **g**

- S_S atau parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek = 0,9407 g
- S_I atau parameter percepatan batuan dasar pada periode 1,0 detik = 0,4370 g
- F_A atau faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek = 1,1 g (SNI 1726 – 2019 Tabel 6)
- F_V atau faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik = 1,9 g (SNI 1726 – 2019 Tabel 6)
- S_{MS} atau parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek = $F_a \cdot S_S = 1,0347$ g
- S_{M1} atau parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik = 0,8303 g
- S_{DS} atau parameter percepatan spektral desain periode pendek = $2/3 S_{MS} = 0,6898$ g
- S_{D1} atau parameter percepatan spektral desain periode 1 detik = $2/3 S_{M1} = 0,5535$ g
- $T_0 = 0,2 S_{D1}/S_{DS} = 0,1604$ detik
- $T_1 = S_{D1}/S_{DS} = 0,8024$ detik

6.4. Faktor Sistem Penahan Gempa

Gedung Hotel Dracarys di Kota Depok dalam peraturan SNI 1726 – 2019 gedung ini merupakan tergolong dalam kategori risiko II. Dimana kategori ini berpengaruh pada penentuan gempa rencana dengan pengalihan faktor keutamaan (I_e) SNI 1726 – 2019 Tabel 4 serta penentuan Kategori Desain Seismik (KDS berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1}). Oleh karena itu perencanaan ini mempunyai nilai – nilai $I_e = 1,0$ dan KDS D. Dibuktikan dengan $0,50 \leq S_{DS}$ dan $0,20 \leq S_{D1}$.

Perencanaan Struktur Gedung Hotel Dracarys di Kota Depok ini menggunakan sistem struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada peraturan SNI 1726 – 2019 pada Tabel 12 didapatkan Koefisien Modifikasi Respon (R) = 8 ; Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) = 3 ; Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5 .

6.4.1. Periode Fundamental (T)

Terdapat pada Periode Fundamental Struktur (T) tidak diperbolehkan melebihi batas koefisien (C_u) dan Periode Fundamental Pendekatan (T_a). Maka untuk menentukan T_a yang akan dihitung berdasarkan peraturan SNI 1726 – 2019 pasal 7.8.2.1 menggunakan persamaan

$$: \quad T_a = C_u h_n^x$$

h_n merupakan ketinggian struktur dalam meter, untuk mendapatkan nilai C_t dan X untuk Rangka Beton Pemikul Momen ; $C_t = 0,0466$; $X = 0,9$ dan nilai $C_u = 1,4$ ($S_{d1} = 0,5535 > 0,4$ Maka, batasan Periode Fundamental (T) dengan diketahui :

- $C_t = 0,0466$
- $h_n = 52 \text{ m}$
- $C_u = 1,4$
- $X = 0,9$
- $T_a = C_t \cdot h_n^x$
 $= 0,0466 \times 52^{0,9}$
 $= 1,63 \text{ detik}$
- $T = C_u \times T_a$
 $= 1,4 \times 1,63 = 2,28 \text{ detik}$

6.4.2. Perhitungan Koefisien Respon Seismik

Koefisien respons berdasarkan peraturan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.8.1 untuk distirinsi gaya gempa berdasarkan geser seismik yang dibagi sepanjang tinggi struktur gedung. Maka menentukan nilai gaya geser dasar seismik terlebih dahulu mengetahui nilai dari koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai rumus sebagai berikut :

C_s = Koefisien respons seismik, sesuai peraturan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1.1

(R) = Koefisien Modifikasi Respon

(I_e) = faktor keutamaan gempa

S_{Ds} = atau parameter percepatan spektral desain periode pendek

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

$$= \frac{0,6898}{\left(\frac{8}{1,0}\right)}$$

$$= 0,086$$

Dengan tidak boleh melebihi,

- $C_s = \frac{S_{d1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$
 $= \frac{0,5535}{2,28\left(\frac{8}{1,0}\right)}$

$$= 0,030$$

Dengan syarat $C_s = 0,086$ tidak melebihi $< 0,030$ tidak terpenuhi, maka dipakai $C_s = 0,030$ dan tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,6898 \times 1,0 \geq 0,01 \\ &= 0,030 \geq 0,01 \text{ (Syarat Terpenuhi)} \end{aligned}$$

6.5. Pembebanan

Pembebanan struktur primer juga perlukan untuk perhitungan mengidentifikasi beban yang bekerja pada suatu struktur. Diantaranya dua beban yang diterima oleh struktur tersebut yaitu beban gravitasi serta beban gempa.

6.5.1. Perhitungan Beban Gravitasi

Beban gravitasi pada struktur terdiri dari beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*) yang bekerja pada setiap lantai, dengan beban setiap lantai sebagai berikut :

❖ Berat struktur lantai 13 (Atap)

• Beban mati (*Dead Load*)

Pelat	: $(35 \times 27 \times 0,12) \times 2400$	= 272160 kg
Balok Induk Interior	: $(0,40 \times 0,70 \times 5) \times 28 \times 2400$	= 94080 kg
Balok Induk Interior	: $(0,40 \times 0,70 \times 7) \times 18 \times 2400$	= 84672 kg
Balok Induk Interior	: $(0,40 \times 0,60 \times 3) \times 12 \times 2400$	= 20736 kg
Balok Induk Eksterior	: $(0,40 \times 0,60 \times 3) \times 4 \times 2400$	= 6912 kg
Balok Induk Eksterior	: $(0,40 \times 0,60 \times 5) \times 14 \times 2400$	= 40320 kg
Balok Induk Eksterior	: $(0,40 \times 0,60 \times 7) \times 6 \times 2400$	= 24192 kg
Balok Anak Atap (BAA1)	: $(0,15 \times 0,30 \times 2,5) \times 14 \times 2400$	= 3780 kg
Balok Anak Atap (BAA2)	: $(0,25 \times 0,40 \times 3) \times 14 \times 2400$	= 10080 kg
Balok Anak Atap (BAA3)	: $(0,25 \times 0,40 \times 7) \times 20 \times 2400$	= 33600 kg
Balok Anak Atap (BAA4)	: $(0,30 \times 0,40 \times 5) \times 20 \times 2400$	= 28800 kg
Balok Lift	: $(0,20 \times 0,35 \times 5) \times 2 \times 2400$	= 1680 kg
Plafond dan Penggantung	: $(35 \times 27) \times 18$	= 17010 kg
Plumbing + Ducting Ac (35 x 27) x 40		= 37800 kg
Spesi 2 cm	: $(35 \times 27) \times 42$	= 39690 kg
Aspal 1 cm	: $(35 \times 27) \times 14$	= 13230 kg

$$\begin{aligned} \text{Finishing} & : (35 \times 27) \times 21 & = & 19845 \text{ kg} \\ & & & \underline{\hspace{1.5cm}} \\ & & & = 748587 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ **Beban Hidup (Live Load)**

- **Beban hidup atap** : $35 \times 27 \times 488$ = 461160 kg

Berdasarkan PPIUG – 1983 pada Pasal 3.5 Tabel 3.3 Diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung Hotel. Maka nilai beban hidup adalah sebagai berikut :

$$\text{Beban hidup atap} : 0,30 \times 461160 = 138348 \text{ kg}$$

$$\text{Air Hujan pada pelat atap} : 35 \times 27 \times 50 = 47250 \text{ kg}$$

$$= 185598 \text{ kg}$$

Total Berat Lantai Atap :

$$\begin{aligned} \text{Qu} & = qD + qL \\ & = 748587 + 185598 \\ & = 934185 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ **Berat struktur lantai 1 - 12 (Lantai)**

• **Beban mati pada pelat Lantai**

$$\text{Pelat} : (35 \times 27 \times 0,12) \times 2400 = 272160 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Interior} : (0,40 \times 0,70 \times 5) \times 28 \times 2400 = 94080 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Interior} : (0,40 \times 0,70 \times 7) \times 18 \times 2400 = 84672 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Interior} : (0,40 \times 0,60 \times 3) \times 12 \times 2400 = 20736 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Eksterior} : (0,40 \times 0,60 \times 3) \times 4 \times 2400 = 6912 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Eksterior} : (0,40 \times 0,60 \times 5) \times 14 \times 2400 = 40320 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Eksterior} : (0,40 \times 0,60 \times 7) \times 6 \times 2400 = 24192 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Lantai (BAL1)} : (0,15 \times 0, \times 30) \times 14 \times 2400 = 3780 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Lantai (BAL2)} : (0,25 \times 0,40 \times 3) \times 14 \times 2400 = 10080 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Lantai (BAL3)} : (0,25 \times 0,40 \times 4,44) \times 20 \times 2400 = 21312 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Lantai (BAL4)} : (0,25 \times 0,40 \times 7) \times 18 \times 2400 = 30240 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} : ((35 \times 2) + (27 \times 2)) \times 1 \times 250 = 31000 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom (90x90cm)} : ((0,9 \times 0,9 \times 4) \times 48) \times 2400 = 225792 \text{ kg}$$

Kolom (80x80cm)	: ((0,9 x 0,9 x 4) x 48) x 2400	=	225792 kg
Kolom (70x70cm)	: ((0,7 x 0,7 x 4) x 48) x 2400	=	225792 kg
Plafond dan Peggantung	: (35 x 27) x 18	=	17010 kg
Plumbing + Ducting Ac	: (35 x 27) x 40	=	37800 kg
Spesi 2 cm	: (35 x 27) x 42	=	39690 kg
Aspal 1 cm	: (35 x 27) x 14	=	13230 kg
Furniture	: (35 x 27) x 150	=	19845 kg
			+

Beban mati total lantai (*Dead Load*) = 1763796 kg

❖ **Beban Hidup (*Live Load*)**

- **Beban hidup atap** : 35 x 27 x 192 = 181440 kg

Berdasarkan PPIUG – 1983 pada Pasal 3.5 Tabel 3.3 Diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung Hotel. Maka nilai beban hidup adalah sebagai berikut :

Beban hidup Lantai : 0,30 x 181440 = 54432 kg

Total Berat Lantai :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= q_D + q_L \\
 &= 1763796 + 54432 \\
 &= 1818228,40 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

❖ **Rekapitulasi perhitungan beban gravitasi**

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur gedung meliputi beban mati dan beban hidup. Berikut rekapitulasi berat tiap lantai dari gedung hotel Dracarys dapat dilihat pada Tabel 6.2 sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Gravitasi Berat Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h) (m)	Beban (Kg)		Berat Per lantai (W) (Kg)
		Mati	Hidup	
13	52	765853	185598	951451,00
12	48	1763796,40	54432	1818228,40
11	44	1763796,40	54432	1818228,40
10	40	1763796,40	54432	1818228,40
9	36	1763796,40	54432	1818228,40

8	32	1763796,40	54432	1818228,40
7	28	1763796,40	54432	1818228,40
6	24	1763796,40	54432	1818228,40
5	20	1763796,40	54432	1818228,40
4	16	1763796,40	54432	1818228,40
3	12	1763796,40	54432	1818228,40
2	8	1763796,40	54432	1818228,40
1	4	1763796,40	54432	1818228,40
Total (W)				22770191,80

6.6. ¹ **Beban Geser Dasar Seismik**

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.8.1 disebutkan bahwa gaya geser dasar seismik (V), dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut

:

$$\begin{aligned}
 V &= C_s W \\
 &= 0,030 \times 22770191,80 \\
 &= 683105,75
 \end{aligned}$$

Distribusi gaya gempa F_i dihitung berdasarkan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.8.3 dengan rumusan sebagai berikut :

$$F_i = C_{vx} V$$

$$\text{Dengan } C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

$$\text{Maka : } F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \times V$$

Dimana :

C_{vx} = ¹⁴ faktor distribusi vertical

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar stuktur (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total stuktur (W) yang ditempatkan atau dikarenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode stuktur dengan nilai :

Untuk stuktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

Untuk stuktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

Untuk stuktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 atau 2

Nilai k hasil interpolasi :

$$k = 1 - \left(\frac{Ta-0,5}{2,5-0,5} \right) (2-1)$$

$$k = 1 - \left(\frac{1,63-0,5}{2,5-0,5} \right) (2-1)$$

$$k = 1,565$$

$$\text{Maka : } F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \times V = F_x = \frac{951451 \cdot 52^{1,565}}{\square} \times 683105,75$$

Tabel 6. 3 Perhitungan Beban Gempa Tiap Lantai

Lantai	Beban Geser (Kg)	Tinggi Lantai (m)	Berat (Kg)	Faktor (k)	W.Z ^k	Fi
13	683105,754	52	951451,00	1,565	461244987,63	70073,91
12	683105,754	48	1818228,40	1,565	777662171,10	118145,08
11	683105,754	44	1818228,40	1,565	678659410,75	103104,24
10	683105,754	40	1818228,40	1,565	584618189,20	88817,18
9	683105,754	36	1818228,40	1,565	495749004,39	75315,87
8	683105,754	32	1818228,40	1,565	412295080,71	62637,27
7	683105,754	28	1818228,40	1,565	334542082,51	50824,77
6	683105,754	24	1818228,40	1,565	262832478,39	39930,40
5	683105,754	20	1818228,40	1,565	197587915,79	30018,23
4	683105,754	16	1818228,40	1,565	139346546,50	21170,00
3	683105,754	12	1818228,40	1,565	88831518,70	13495,59
2	683105,754	8	1818228,40	1,565	47096026,44	7154,99
1	683105,754	4	1818228,40	1,565	15917407,08	2418,23
					4496382819,20	

❖ **Kombinasi Beban**

Kombinasi pembebanan sesuai berdasarkan dengan SNI 1727 – 2020 yang akan diinput ke dalam program bantu komputer yaitu sebagai berikut :

Tabel 6. 4 Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi	Kombinasi Beban
1.	COMB 1	1,4D
2.	COMB 2	1,2D + 1,6L
3.	COMB 3	1,2D + L + GX + 0,3Y
4.	COMB 4	1,2D + L – GX – 0,3Y

5.	COMB 5	$1,2D + L - GX + 0,3Y$
6.	COMB 6	$1,2D + L - GX - 0,3Y$
7.	COMB 7	$0,9D + GX + 0,3GY$
8.	COMB 8	$0,9D + GX - 0,3GY$
9.	COMB 9	$0,9D - GX + 0,3GY$
10.	COMB 10	$0,9D - GX - 0,3GY$
11.	COMB 11	$1,2D + L + 0,3GX + GY$
12.	COMB 12	$1,2D + L + 0,3GX - GY$
13.	COMB 13	$1,2D + L - 0,3GX + GY$
14.	COMB 14	$1,2D + L - 0,3GX - GY$
15.	COMB 15	$0,9D + 0,3GX + GY$
16.	COMB 16	$0,9D + 0,3GX - GY$
17.	COMB 17	$0,9D - 0,3GX + GY$
18.	COMB 18	$0,9D - 0,3GX - GY$

⁴⁹

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

GX = Gempa dinamis arah X

GY = Gempa dinamis arah Y

¹

Dengan kombinasi pembebanan diinput melalui program bantu komputer, selanjutnya proses *run-analys* sehingga diketahui nilai gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur tersebut. Selanjutnya akan dilakukan *check of structure* maka akan terdapat beberapa notasi warna yang berbeda – beda dengan notasi warna tersebut menunjukkan kekuatan pada struktur tersebut. Selanjutnya apabila dengan notasi warna pada struktur tersebut berwarna merah menunjukkan bahwa suatu komponen dari struktur tersebut telah mengalami *failure* (kegagalan) dapat diartikan struktur tidak dapat mampu menahan beban yang bekerja. Selanjutnya akan dilakukan *redesign* pada perencanaan awal struktur tersebut. Kemudian jika warna yang muncul sudah menunjukkan warna biru, kuning, hijau, dan orange maka dapat diartikan struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja.

6.6.1. Batas Simpangan Antar Lantai

Jarak simpangan antara tiap lantai desain tidak boleh lebih dari simpangan antar tiap lantai tingkat yang diijinkan (Δ_a). Simpangan tingkat desain $\delta_x < \Delta_a$ simpangan antar lantai ijin. Bertujuan untuk membatasi bila terjadinya keruntuhan yang akan menyebabkan korban jiwa dan terjadi benturan antara gedung dengan sebalahnya atau sekitarnya. Maka dari itu, simpangan antar lantai dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\delta_{xy} = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \text{ berdasarkan (SNI 1726 - 2019 Pasal 7.8.6)}$$

$$\delta_{xy} < \Delta_a \text{ berdasarkan (SNI 1726 - 2019 Tabel 20)}$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral (SNI - 2019 Tabel 12)

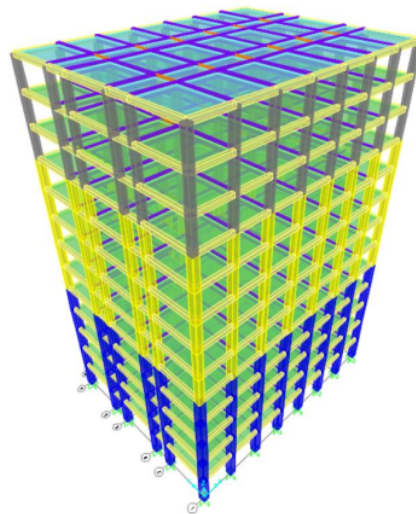
Δ_a = Simpangan ijin

$$= 0,025h \text{ (SNI 1726 - 2019 Tabel 20)}$$

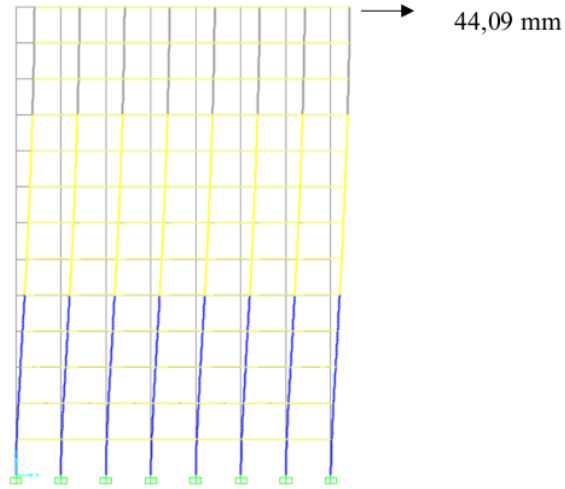
$$= 0,025 \times 4000$$

$$= 100 \text{ mm}$$

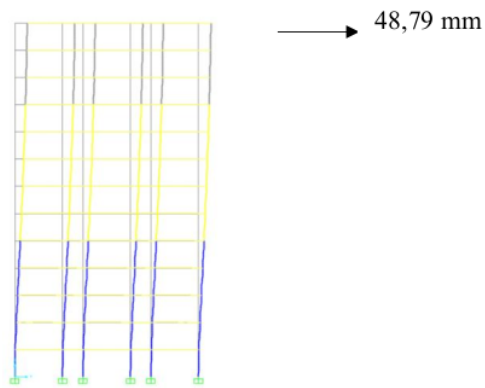
I_e = Faktor keutamaan gedung



Gambar 6. 3 Bentuk 3D Gedung Hotel Dracarys



Gambar 6. 4 Simpangan yang Terjadi Antar Lantai Arah X



Gambar 6. 5 Simpangan yang Terjadi Antar Lantai Arah Y

Dari hasil pemodelan struktur 3D yang terjadapat pada Gambar 6.3, 6.4 dan 6.5 dengan program bantu komputer yaitu SAP2000. Nilai simpangan antar lantai telah diketahui, maka perlu dilakukan perhitungan simpangan ijin antar lantai. Δxy .

$$\delta_x = \frac{Cd \times \delta x_e}{le} = \frac{5,5 \times (2,73 - 0,00)}{1,0} = 15,01 \text{ mm}$$

$$\delta_y = \frac{Cd \times \delta y_e}{le} = \frac{5,5 \times (2,73 - 0,00)}{1,0} = 15,01 \text{ mm}$$

1
Tabel 6. 5 Simpangan Antar Lantai pada Gedung Hotel Dracarys

Lantai	Hsx	δx	δy	Δx	Δy	Δa ijin	Keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	4000	36,45	41,93	6,93	10,18	100	Aman
13	4000	35,19	40,08	9,90	13,20	100	Aman
12	4000	33,39	37,68	12,43	15,68	100	Aman
11	4000	31,13	34,83	13,04	16,23	100	Aman
10	4000	28,76	31,88	14,74	17,71	100	Aman
9	4000	26,08	28,66	16,39	19,20	100	Aman
8	4000	23,10	25,17	17,99	20,68	100	Aman
7	4000	19,83	21,41	19,58	21,95	100	Aman
6	4000	16,27	17,42	19,64	21,73	100	Aman
5	4000	12,70	13,47	20,57	22,33	100	Aman
4	4000	8,96	9,41	20,74	22,11	100	Aman
3	4000	5,19	5,39	18,70	19,53	100	Aman
2	4000	1,79	1,84	9,85	10,12	100	Aman
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Aman

1
 Berdasarkan Tabel 6.5 dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terjadi pada lantai 2 hingga lantai atap pada arah X dan arah Y tidak melebihi simpangan ijin (Δa) struktur tersebut, sehingga struktur gedung hotel Dracarys dapat dikatakan aman dari beban gempa.

6.6.1. Kontrol Periode Getar Waktu

Kontrol periode getar waktu gedung dilakukan dengan perhitungan menggunakan metode *T-Rayleigh* dengan meninjau sumbu X dan Y dapat dilihat pada Tabel 6.6 dan Tabel 6.7

Tabel 6. 6 Perhitungan Kontrol Periode Getar Waktu menggunakan T-Raileigh Arah X

Lantai	Gaya Gempa F_i	W_i (Kg)	δx	δx^2	$W_i \times \delta x^2$	$F_i \times \delta x$
			(cm)	(cm)		
Atap	70073,91	951451,00	3,65	13,29	12641001,77	255419,39
13	118145,08	1818228,40	3,52	12,38	22515778,66	415752,53
12	103104,24	1818228,40	3,34	11,15	20271284,79	344265,07
11	88817,18	1818228,40	3,11	9,69	17620031,41	276487,89
10	75315,87	1818228,40	2,88	8,27	15039250,75	216608,45
9	62637,27	1818228,40	2,61	6,80	12366978,65	163358,00
8	50824,77	1818228,40	2,31	5,34	9702248,57	117405,22
7	39930,40	1818228,40	1,98	3,93	7149799,54	79181,99

6	30018,23	1818228,40	1,63	2,65	4813085,13	48839,66
5	21170,00	1818228,40	1,27	1,61	2932620,59	26885,90
4	13495,59	1818228,40	0,90	0,80	1459702,85	12092,05
3	7154,99	1818228,40	0,52	0,27	489759,82	3713,44
2	2418,23	1818228,40	0,18	0,03	58257,86	432,86
1	0	0	0	0	0	0
TOTAL					127059800,38	1960442,434

$$T_{rx} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i x \delta_x^2}{g x \sum F_i x \delta x}} = 6,3 \sqrt{\frac{127059800,38}{980 x 1960442,434}} = 0,649 \text{ detik}$$

Dengan demikian $T_a = 1,63 \text{ detik} < 3,5T_{rx}$

$$3,5T_{rx} = 3,5 x 0,649 = 2,27$$

$T_a < 3,5T_{rx} = 1,63 < 2,27$ (OK)

Maka, boleh dihitung dengan analisis gaya lateral ekuivalen.

Tabel 6. 7 Perhitungan Kontrol Periode Getar Waktu menggunakan T-Railegh Arah Y

Lantai	Gaya Gempa Fi	Wi (Kg)	δy	δy^2	$W_i x \delta x^2$	$F_i x \delta x$
			(cm)	(cm)		
Atap	70073,91	951451,00	4,19	17,58	16727696,94	293819,89
13	118145,08	1818228,40	4,01	16,06	29208137,38	473525,48
12	103104,24	1818228,40	3,77	14,20	25814886,82	388496,79
11	88817,18	1818228,40	3,48	12,13	22057454,19	309350,24
10	75315,87	1818228,40	3,19	10,16	18479280,70	240107,00
9	62637,27	1818228,40	2,87	8,21	14934848,08	179518,41
8	50824,77	1818228,40	2,52	6,34	11519002,38	127925,95
7	39930,40	1818228,40	2,14	4,58	8334542,62	85490,99
6	30018,23	1818228,40	1,74	3,03	5517530,45	52291,75
5	21170,00	1818228,40	1,35	1,81	3299009,97	28515,99
4	13495,59	1818228,40	0,94	0,89	1610006,70	12699,35
3	7154,99	1818228,40	0,54	0,29	528233,53	3856,54
2	2418,23	1818228,40	0,18	0,03	61557,94	444,95
1	0	0	0	0	0	0
TOTAL					158092187,70	2196043,333

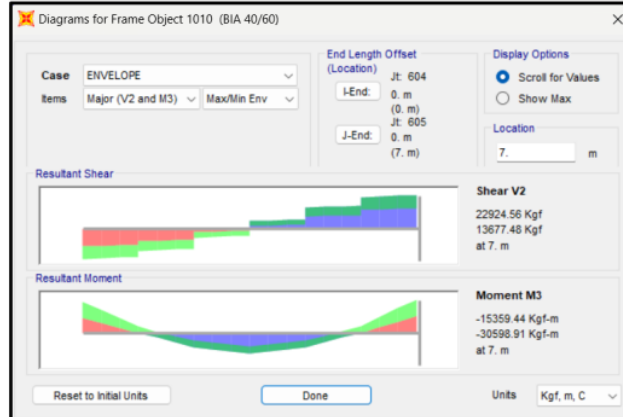
$$T_{rx} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i x \delta_y^2}{g x \sum F_i x \delta y}} = 6,3 \sqrt{\frac{158092187,70}{980 x 2196043,333}} = 1,5 \text{ detik}$$

Dengan demikian $T_a = 1,63 \text{ detik} < 3,5T_{rx}$

$$3,5T_{rx} = 3,5 x 1,5 = 5,25$$

$T_a < 3,5T_{rx} = 1,63 < 5,25$ (OK)

Maka, boleh dihitung dengan analisis gaya lateral ekuivalen.



Gambar 6.7 Output Frame 1010 Momen Lapangan (+) dan Geser (Kg)

Gambar 6.7 terdapat dari hasil *output* dengan bantuan program bantu komputer yaitu SAP2000 didapat momen lapangan diambil seperempat bentang balok dan geser seperti juga sama seperti pada Gambar 6.6 dominan pada balok induk 40/60 cm terdapat pada *frame* 1010 terdapat warna hijau di *frame* tersebut menandakan beban yang bekerja beban gravitasi dan juga gempa,



Gambar 6.8 Output Torsi Frame 1010 (Nmm)

Gambar 6.8 menunjukkan torsi yang terjadi pada *frame* 1010 hasil dari hasil *output* dengan bantuan program bantu komputer yaitu SAP2000, warna hijau di *frame* tersebut menandakan beban yang bekerja beban gravitasi dan juga gempa,

6.7.1. Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk 40/60 cm

Tabel 6. 8 Resume Momen Balok Induk Eksterior 40/60 cm (Frame object 1010)

Momen Tumpuan Tarik (-) (Nmm)	300072800,75
Momen Tumpuan Tekan (+) (Nmm)	150624652,28
Momen Lapangan Tarik (+) (Nmm)	300072800,75
Momen Lapangan Tekan (-) (Nmm)	190708549,62
Torsi (Nmm)	63780196,07
Geser Tumpusn	22924,56
Geser Lapangan	14691,99
Geser Gravitasi	22924,56

Data Perencanaan :

Mutu beton ($f'c$)	: 35 MPa
Dimensi balok induk	: 40/60 cm
Bentang balok	: 7000 mm
Tulangan utama	: D22 (420 MPa)
Tulangan sengkang	: D13 (420 MPa)
Selimit beton (s)	: 40 mm

❖ **Syarat Batas Penulangan Balok Induk 40/60 cm**

Penulangan pada balok induk eksterior dengan syarat batas dengan rencana dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2019 .

Faktor bentuk distribusi : Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dengan nilai $f'c = 35$ MPa maka menggunakan rumus yaitu $\beta : 0,85 - \frac{0,05(f'c-28)}{7}$

Maka, syarat batas untuk perencanaan diperoleh :

$$\beta = 0,85 - \frac{0,05(f'c-28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(35-28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{420} \left(\frac{600}{600+420} \right) = 0,033$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,025$$

Sesuai SNI 2847 – 2019 Tabel 8.6.1.1 dengan nilai $f_y = 420$ maka menggunakan rumus

$$\rho_{min} = 0,0020$$

Daerah Tumpuan (Momen Negatif) 40/60 cm

$$\begin{aligned}\text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (\frac{1}{2} D_{\text{tul. Utama}}) - D_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 600 - 40 - (\frac{1}{2} \cdot 22) - 13 \\ &= 536 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan Negatif}} = 300072800,75 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{300072800,75}{400 \cdot 536^2} = 2,61 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}}\right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 2,61}{420}}\right) = 0,0065$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0065 < \rho_{\text{max}} = 0,025 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0065 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Atas)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0110 \cdot 400 \cdot 536 = 1397,22 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **6D22** ($A_s = 2279,64 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tarik pakai

$$A_{S\text{pakai}} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan tarik

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot D_{\text{ges}} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 9 \cdot 22}{6 - 1}$$

$$s = 32,40 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 - 2019 Pasal 25.2.1 spasi bersih tulangan yang sejajar pada satu lapisan horizontal harus tidak kurang dari :

$$s > 25 \geq D_{\text{lentur}}$$

$$32,40 > 25 \geq 22 \text{ (OK)}$$

Maka tulangan disusun dengan satu lapis

Kontrol kekuatan tulangan pada Tumpuan (Momen Negatif)

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot x \cdot b} = \frac{2279,64 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 80,46$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 2279,64 \cdot 420 \cdot \left(536 - \frac{80,46}{2}\right) = 474675405,35 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 474675405,35 \text{ Nmm} > M_{\text{tumpuan Negatif}} = 300072800,75 \text{ Nmm (OK)}$$

✚ **Daerah Tumpuan (Momen Positif) 40/60 cm**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \varnothing_{\text{tul. Utama}}) - \varnothing_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 600 - 40 - (1/2 \cdot 22) - 13 \\ &= 536 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan Positif}} = 150624652,28 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{150624652,28}{400 \cdot 536^2} = 1,31 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,31}{420}} \right) = 0,0031$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0031 < \rho_{\text{max}} = 0,025 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0031 \text{)}$$

Luas tulangan tekan (Bawah)

$$A_{\text{sperlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0031 \cdot 400 \cdot 536 = 684,51 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **4D22** ($A_s = 1519,76 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan tekan pakai

$$A_{\text{Spakai}} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi 22^2 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan tekan

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot D_{ges} - n \cdot D_{lentur}}{4 - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 7 \cdot 22}{4 - 1}$$

$$s = 68,67 \text{ mm (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.2.1 spasi bersih tulangan yang sejajar pada satu lapisan horizontal harus tidak kurang dari :

$$s > 25 \geq D_{\text{lentur}}$$

$$68,67 > 25 \geq 22 \text{ (OK)}$$

Maka tulangan disusun dengan satu lapis

Kontrol kekuatan tulangan pada Tumpuan (Momen Positif)

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1519,76 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 53,64$$

$$M_n = A_s \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1519,76 \cdot 420 \cdot \left(536 - \frac{53,64}{2} \right) = 32500963,22 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 32500963,22 \text{ Nmm} > M_{\text{tumpuan Positif}} = 150624652,28 \text{ Nmm (OK)}$$

✚ **Daerah Lapangan (Momen Positif) 40/60 cm**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \varnothing_{\text{tul. Utama}}) - \varnothing_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 600 - 40 - (1/2 \cdot 22) - 13 \\ &= 536 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{lapangan Positif}} = 300072800,75 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{300072800,75}{400 \cdot 536^2} = 2,61 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 2,61}{420}} \right) = 0,0065$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0065 < \rho_{\text{max}} = 0,025 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0065 \text{)}$$

Luas tulangan tarik (Bawah)

$$A_{\text{sperlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0065 \cdot 400 \cdot 536 = 1379,22 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **6D22** ($A_s = 2279,64 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan pakai

$$A_{\text{Spakai}} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan tarik

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2 \cdot D_{\text{ges}} - n \cdot D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 6 \cdot 22}{6 - 1}$$

$$s = 32,40 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.2.1 spasi bersih tulangan yang sejajar pada satu lapisan horizontal harus tidak kurang dari :

$$s > 25 \geq D_{\text{lentur}}$$

$$32,40 > 25 \geq 22 \text{ (OK)}$$

Maka tulangan disusun dengan satu lapis

Kontrol kekuatan tulangan pada Lapangan (Momen Positif)

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{2279,64 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 80,46$$

$$M_n = A_s \cdot pakai \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2279,64 \cdot 420 \cdot \left(536 - \frac{80,46}{2} \right) = 474675405,35 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 474675405,35 \text{ Nmm} > M_{\text{lapangan Negatif}} = 300072800,75 \text{ Nmm (OK)}$$

Daerah Lapangan (Momen Negatif) 40/60 cm

$$\begin{aligned}\text{Tinggi efektif (dx)} &= h - s - (1/2 \cdot \varnothing_{\text{tul. Utama}}) - \varnothing_{\text{tul. Sengkang}} \\ &= 600 - 40 - (1/2 \cdot 22) - 13 \\ &= 536 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_{\text{lapangan Positif}} = 190708549 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,12$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{190708549}{400 \cdot 536^2} = 1,66 \text{ N/mm}^3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{14,12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,66}{420}} \right) = 0,0041$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0020 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0041 < \rho_{\text{max}} = 0,025 \text{ (dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0041 \text{)}$$

Luas tulangan tekan (atas)

$$A_{\text{sperlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0041 \cdot 400 \cdot 536 = 879,19 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **4D22** ($A_s = 1519,76 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan pakai

$$A_{\text{Spakai}} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan disusun dengan satu lapis

Jarak antar tulangan tekan

$$s = \frac{b - 2 \cdot ts - 2D_{\text{ges}} - nD_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 4 \cdot 22}{4 - 1}$$

$$s = 68,67 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 - 2019 Pasal 25.2.1 spasi bersih tulangan yang sejajar pada satu lapisan horizontal harus tidak kurang dari :

$$s > 25 \geq D_{\text{lentur}}$$

$$68,67 > 25 \geq 22 \text{ (OK)}$$

Maka tulangan disusun dengan satu lapis

Kontrol kekuatan tulangan pada Lapangan (Momen Negatif)

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot x \cdot b} = \frac{3 \cdot 19,76 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 53,64$$

$$M_n = A_{\text{s pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1519,76 \cdot 420 \cdot \left(536 - \frac{53,64}{2} \right) = 325009637,22 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 325009637,22 \text{ Nmm} > M_{\text{lapangan Negatif}} = 190708549 \text{ Nmm (OK)}$$

6.7.1.1. Persyaratan Pendetailan Komponen Lentur

Balok induk pada suatu gedung hotel Dracarys ini harus memenuhi persyaratan komponen lentur yang sesuai persyaratan SRPMK sesuai dengan berdasarkan SNI 2847 – 1029 sebagai berikut :

SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.2.1 :

Bentang bersih balok (l_n) harus minimal 4 kali tinggi efektif (d) :

- $l_n > 4d$
- 6300 mm > 4(536)
- 6300 mm > 2144 mm (OK)

Lebar penampang (b) harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250mm :

- $b \geq 0,3h$
- 400 mm \geq 0,3 (600)
- 400 mm \geq 180 mm (OK)

Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $0,75c_1$ (dimensi kolom dan arah bentang balok) dan c_2 (dimensi kolom tegak lurus c_1) pada masing – masing sisi kolom :

- $b \leq 0,75c_1$
400 mm \leq 0,75 (700)
400 mm \leq 525 mm
- $b \leq c_2$
400 mm \leq 700 mm (OK)

SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.3.1 :

Luas tulangan A_{smin} tidak boleh kurang dari (SNI 2847 – 2019 Pasal 9.6.1.2) :

$$A_{smin} = \frac{25\sqrt{35}}{f_y} \times b \times d = \frac{25\sqrt{35}}{420} \times 400 \times 536 = 755 \text{ mm}^2$$

Tidak boleh kurang dari :

$$A_{smin} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 536 = 714,67 \text{ mm}^2$$

AS tulangan lentur terkecil yang terpasang :

$$A_{Sterpasang} = 1519,76 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Syarat batas rasio penulangan $\rho = 0,025$, syarat ini terpenuhi karena ρ yang dipakai

tidak boleh lebih kecil dari ρ_{\min} dan tidak lebih besar dari $\rho_{\max} = 0,025$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho = 0,0065 < \rho_{\max} = 0,025 \text{ (OK)}$$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho = 0,0032 < \rho_{\max} = 0,025 \text{ (OK)}$$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho = 0,0065 < \rho_{\max} = 0,025 \text{ (OK)}$$

$$\rho_{\min} = 0,0020 < \rho = 0,0041 < \rho_{\max} = 0,025 \text{ (OK)}$$

Tulangan menerus harus disediakan paling sedikit 2 tulangan menerus pada sisi atas dan bawah. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, maka persyaratan ini terpenuhi dengan jumlah tulangan pada daerah lapangan dan tumpuan sudah lebih dari atau sama dengan persyaratan diatas.

SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.3.2 :

Momen positif pada muka joint harus lebih besar atau sama dengan $1/2$ momen negative

- $150624652,28 \text{ Nmm} > \frac{1}{2} (300072800,75)$
- $150624652,28 \text{ Nmm} > 150036400,38 \text{ Nmm}$ (OK)

Momen positif tau negative $\geq \frac{1}{4} \times (300072800,75)$

- $300072800,75 \text{ Nmm} > \frac{1}{4} (300072800,75)$
- $300072800,75 \text{ Nmm} > 75018200,19 \text{ Nmm}$ (OK)

SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.2.3 :

Bila perhitungan longitudinal balok diteruskan melalui joint balok – kolom, dimensi kolom yang paralel dengan tulangan balok tersebut tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok.

Tinggi efektif balok induk > 20 tulangan longitudinal terbesar balok

- $536 \text{ mm} > 20 (22)$
- $536 \text{ mm} > 440 \text{ mm}$ (OK)

6.7.1.2. Penulangan Geser Balok Induk 40/60 cm

✚ Probable Moment Capacities atau Kapasitas Momen Probabilitas (Mpr)

Kapasitas momen – momen diujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan :

$$a_{pr+} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1519,76 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 67,05 \text{ mm}$$

$$M_{pr+} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr+}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 1519,76 \cdot 420 \left(536 - \frac{67,05}{2} \right)$$

$$M_{pr+} = 400912442,16 \text{ Nmm}$$

$$a_{pr-} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2279,64 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 100,57 \text{ mm}$$

$$M_{pr-} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 2279,64 \cdot 420 \left(536 - \frac{100,57}{2} \right)$$

$$M_{pr-} = 581307646,85 \text{ Nmm}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{l_n} = \frac{400912442,16 + 581307646,85}{6300} = 155907,95 \text{ N}$$

Kapasitas momen – momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri :

$$a_{pr+} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2279,64 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 100,57 \text{ mm}$$

$$M_{pr+} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr+}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 2279,64 \cdot 420 \left(536 - \frac{100,57}{2} \right)$$

$$M_{pr+} = 581307646,85 \text{ Nmm}$$

$$a_{pr-} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1519,76 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 67,05 \text{ mm}$$

$$M_{pr-} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 1519,76 \cdot 420 \left(536 - \frac{67,05}{2} \right)$$

$$M_{pr-} = 400912442,16 \text{ Nmm}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{l_n} = \frac{581307646,85 + 400912442,16}{6300} = 155907,95 \text{ N}$$

✚ Diagram geser

Reaksi geser pada balok akibat oleh gempa didapatkan dari program bantu komputer
22924,56 Kg

$$V_u = 22924,56 \text{ Kg}$$

$$q_u = \frac{V_u \times 2}{l_n} = \frac{22924,56 \times 2}{6,3} = 7277,64 \text{ Kg/m}$$

1 Struktur bergoyang ke kanan :

- Reaksi geser pada ujung kiri balok

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{sway}} - V_u$$

$$= 155907,95 - 224660,688$$

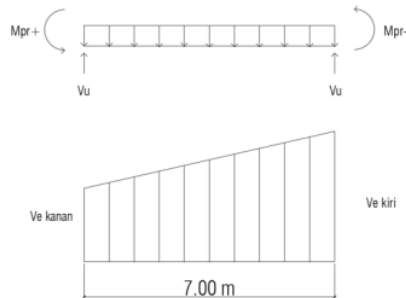
$$= -687527,40 \text{ N} = -68752,74 \text{ Kg}$$

- Reaksi geser pada ujung kanan balok

$$V_{e \text{ kanan}} = V_{\text{sway}} + V_u$$

$$= 155907,95 + 224660,688$$

$$= 3805686,40 \text{ N} = 380568,64 \text{ Kg}$$



Gambar 6. 9 Diagram Geser (Bergoyang ke Kanan)

Struktur bergoyang ke kiri :

- Reaksi geser pada ujung kiri balok

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{sway}} + V_u$$

$$= 155907,95 + 224660,688$$

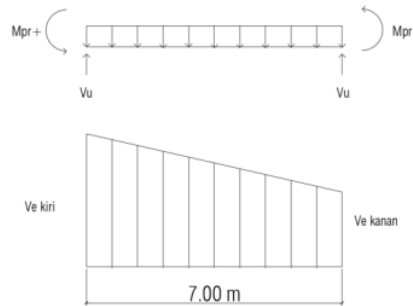
$$= 3805686,40 \text{ N} = 380568,64 \text{ Kg}$$

- Reaksi geser pada ujung kanan balok

$$V_{e \text{ kanan}} = V_{\text{sway}} - V_u$$

$$= 155907,95 - 224660,688$$

$$= -687527,40 \text{ N} = -68752,74 \text{ Kg}$$



Gambar 6. 10 Diagram Geser (Bergoyang ke Kiri)

✚ Cek Syarat Geser

Syarat pendetailan tulangan geser balok induk mengacu pada SNI 2847 – 2019.

Adapun syarat – syarat pendetailan tulangan geser antara lain adalah segai berikut :

- Pengecekan Syarat Geser

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.5.2, gaya geser akibat gempa mewakili setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.

$$V_{sway} \geq 0,5 \cdot V_c$$

$$155907,95 \text{ N} \geq 0,5 \times -68752,74 \text{ N}$$

$$155907,95 \text{ N} \geq 34376,37 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.5.2 juga disebutkan bahwa gaya tekan aksial terfaktor (P_u) termasuk pengaruh gempa kurang dari nilai berikut :

$$P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$$

$$9762,07 < \frac{(400 \cdot 600) \cdot 35}{20}$$

$$9762,07 < 420000 \text{ N (OK)}$$

- Tulangan Geser pada Daerah Sendi Plastis (Tumpuan)

Berdasarkan kedua syarat diatas terpenuhi, maka kekuatan geser balok didesain dengan mengasumsikan $V_c = 0$, tulangan geser terdapat di daerah sendi plastis dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_{s_{max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 536 \\ &= 845605 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{224660,68}{0,75} - 0 \\
 &= 299547,56 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_s \leq V_{s_{\max}} = 299547,56 \text{ N} < 845605 \text{ N (OK)}$$

Maka direncanakan dengan spasi tulangan, $s = 100 \text{ mm}$, luas tulangan geser perlu ialah :

$$\begin{aligned}
 A_{v \text{ perlu}} &= \frac{V_s \times s}{f_y \times d} \\
 &= \frac{299547,56 \times 100}{420 \times 536} \\
 &= 133,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan spasi tulangan geser 2 kaki dengan tulangan D13-100

$$\begin{aligned}
 A_{v \text{ pakai}} &= n \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \pi (13)^2 \\
 &= 265,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{v \text{ pakai}} \geq A_{v \text{ perlu}} = 265,33 \text{ mm}^2 \geq 133,06 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Pengecekan Syarat geser berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.4.1 dan Pasal 18.6.4.4 dengan kedua ujung komponen lentur harus terpasang sengkang sepanjang jarak kedua kali tinggi balok diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Maka sengkang pertama terpasang pada jarak $\leq 50 \text{ mm}$ dari perletakan. Spasi sengkang pengekanng tidak boleh melebihi nilai terkecil dari ketiga persyaratan pada bawah ini :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } d/4 &= 536/4 \\
 &= 134 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } 6 \times D_{\text{Longitudinal}} &= 6 \times 22 \\
 &= 132 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{➤ } 150 \text{ mm}$$

Cek syarat jarak sengkang

$$\text{Spasi} < 150 \text{ mm}$$

$$100 < 150 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan tulangan geser sengkang 2D13 – 100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

- **Pengecekan tulangan geser yang ada di daerah ujung sendi plastis (Lapangan)**

Jarak ujung sendi plastis dari muka kolom yaitu $2h = 2 \times 600 = 1200$ mm. Pada daerah ini untuk nilai pada geser beton (V_c) dierhitungkan sebagai berikut :

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

$$= 0,17 \sqrt{35} \times 400 \times 536$$

$$V_c = 215629,28 \text{ N}$$

Maka, direncanakan dengan spasi tulangan geser, $s = 150$ mm, luas tulangan geser perlu ialah :

$$V_u = V_c - (q_u \times 2h) = 380568,64 - (71320,85 (2 \times 0,6)) = 294983,61 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{294983,61}{0,75} - 215629,28 = 177682,21 \text{ N}$$

Maka, luas tulangan geser perlu adalah

$$A_v \text{ perlu} = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$= \frac{177682,21 \times 150}{420 \times 536}$$

$$= 118,39 \text{ mm}^2$$

Direncanakan spasi tulangan geser 2 kaki dengan tulangan D12-150

$$A_v \text{ pakai} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

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

$$A_v \text{ pakai} \geq A_v \text{ perlu} = 265,33 \text{ mm}^2 \geq 118,39 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Pengecekan Syarat geser berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6.4.6. Bila sengkang pengekang tidak diperlukan, sengkang harus dipasang bentang balok dengan spasi tidak boleh melebihi $d/2$.**

Kemudian cek persyaratan :

$$S_{\text{pakai}} < \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} < \frac{536}{2}$$

$$150 \text{ mm} < 268 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan tulangan geser sengkang 2D13 – 150 mm pada daerah lapangan balok induk.

6.7.1.3. Penulangan Torsi pada Balok Induk 40/60 cm

Periksa kecukupan penampang

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 22.7.7.1 dimensi penampang harus dipilih dengan sedemikian rupa sehingga memenuhi :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_u}{bd} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

Maka, didapat dari hasil analisa program bantu komputer, diperoleh nilai torsi maksimum dan geser maksimum sebagai berikut :

$$T_u = 63780196,07 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 224660,69 \text{ N}$$

Dimana :

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

$$= 0,17 \sqrt{35} \times 400 \times 536$$

$$V_c = 215629,28 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \cdot t_s - D_{geser} = 400 - (2 \cdot 40) - 13 = 307 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot t_s - D_{geser} = 600 - (2 \cdot 40) - 13 = 507 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 307 \times 507 = 155649 \text{ mm}^2$$

$$Ph = 2 (b_h + h_h) = 2 (307 + 507) = 1628 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$\sqrt{\left(\frac{224660,69}{400 \times 536}\right)^2 + \left(\frac{63780196,07 \times 1628}{1,7 \cdot 155649^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{224660,69}{400 \times 536} + 0,66\sqrt{35}\right)$$

$$1,05 \text{ MPa} \leq 5,72 \text{ MPa (OK)}$$

Karena didapat nilai $1,05 \text{ MPa} \leq 5,72 \text{ MPa}$, maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

✚ Cek persyaratan pengaruh puntir

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 22.7.4.1 (a) tulangan torsi dapat diabaikan jika memenuhi persyaratan berikut :

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

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

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

Sehingga :

$$63780196,07 < 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$63780196,07 \text{ Nmm} > 10606347,84 \text{ Nmm}$$

Maka, memerlukan tulangan torsi

✚ Kebutuhan tulangan torsi geser

Berdasarkan yang tercantum SNI 2847 – 2019 Pasal 22.7.6 kebutuhan tulangan torsi geser dihitung sesuai dengan persamaan :

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$\phi \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cot \theta \geq T_u$$

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Dengan nilai A_o :

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh}$$

$$= 0,85 \cdot 155649$$

$$= 132301,65 \text{ mm}^2$$

Maka kebutuhan tulangan torsi dapat dihitung :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{63780196,07}{0,75 \cdot 2 \cdot 132301,65 \cdot 420 \cdot \cot 35} = 0,36 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,36 \text{ mm}^2$$

✚ Tulangan longitudinal penahan torsi

Maka distribusi tulangan longitudinal (Al) torsi dihitung sesuai berdasarkan dengan SNI 2847 – 2019 Pasal 22.7.6.1

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot \theta$$

$$A_l = 0,14 \times 1628 \times \left(\frac{420}{420}\right) \times \cot^2 35$$

$$A_l = 1245,76$$

Maka, Luas total minimum tulangan torsi longitudinal ($A_{l_{min}}$) dihitung berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 9.6.4.3, sebagai berikut :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \cdot bw}{f_{yt}}$$

$$0,36 \geq \frac{0,175 \cdot 400}{420}$$

$$0,36 \geq 0,17$$

Maka diambil nilai $\frac{A_t}{s} = 0,36$

$$A_{l_{min}} = 0,42 \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{F_{yt}}{f_y}\right)$$

$$A_{l_{min}} = 0,42 \times \sqrt{35} \times \frac{240000}{420} - 0,17 \times 1628 \times \left(\frac{420}{420}\right)$$

$$A_{l_{min}} = 1143,10 \text{ mm}^2$$

Maka di ambil A_l terbesar = 1143,10 mm²

$$\frac{A_l}{4} = \frac{1143,10}{4} = 285,77 \text{ mm}^2$$

Penyebaran tulanga torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Sisi atas : maka dissalurkan pada tulangan tarik balok

- Sisi bawah : maka dissalurkan pada tulangan tekan balok

Maka sisi – sisi pinggang balok dipasasng luasan tulangan punter sebesar :

$$A_{s \text{ perlu}} = 2 \cdot \frac{A_l}{4} = 2 \times 285,77$$

$$= 571,55 \text{ mm}^2$$

Maka dengan direncanakan untuk tulngan torsi 4D16 mm pada sisi pinggang balok :

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}} = 803,84 \text{ mm}^2 \geq 571,55 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$



Tulangan geser tumpuan setelah torsi

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{299547,58}{420 \times 536}$$

$$= 1,33 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\begin{aligned}\frac{Avt}{s} &= \frac{Av}{s} + 2 \left(\frac{A_t}{s} \right) \\ &= 1,33 + 2(0,36) \\ &= 2,06 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D13 – 100 mm

$$\begin{aligned}\frac{Av \text{ pakai}}{s} &= \frac{n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2}{s} \\ &= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi 13^2}{100} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} \geq \frac{Avt}{s} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm} \geq 2,06 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}$$

✚ Tulangan geser lapangan setelah torsi

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi :

$$\begin{aligned}\frac{Av}{s} &= \frac{Vs}{f_y x d} = \frac{177682,21}{420 x 536} \\ &= 0,79 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\begin{aligned}\frac{Avt}{s} &= \frac{Av}{s} + 2 \left(\frac{A_t}{s} \right) \\ &= 0,79 + 2(0,36) \\ &= 1,51 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah 2 kaki D12 – 150 mm.

$$\begin{aligned}\frac{Av \text{ pakai}}{s} &= \frac{n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2}{s} \\ &= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi 12^2}{150} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} \geq \frac{Avt}{s} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm} > 1,51 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}$$

✚ Penambahan luas tulangan perlu :

➤ Tumpuan Atas (6D22)

$$A_s^{\text{perlu}} = 1397,22 + 571,55$$

$$A_s^{\text{perlu}} \leq A_s^{\text{pakai}} = 1968,77 \text{ mm}^2 \leq 2279,64 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

➤ Tumpuan Bawah (4D22)

$$A_s^{\text{perlu}} = 648,51 + 571,55$$

$$= 1256,06 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ perlu}} \leq A_{s\text{ pakai}} = 1256,06 \text{ mm}^2 \leq 1519,76 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

➤ Lapangan Bawah (6D22)

$$\begin{aligned} A_{s\text{ perlu}} &= 1397,22 + 571,55 \\ &= 1968,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{ perlu}} \leq A_{s\text{ pakai}} = 1968,77 \text{ mm}^2 \leq 2279,64 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

➤ Lapangan Atas (4D22)

$$\begin{aligned} A_{s\text{ perlu}} &= 872,19 + 571,55 \\ &= 1443,74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{ perlu}} \leq A_{s\text{ pakai}} = 1443,74 \text{ mm}^2 \leq 1889,70 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

6.7.1.4. Penyaluran dan Sambungan Lewatan Tulangan Balok Induk 40/70 cm

a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Sebagaimana tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.4.2.1. Maka panjang penyaluran batang ulir dalam kondisi tarik harus diambil nilai yang terbesar dari beberapa persyaratan berikut :

A. $l_d = 300 \text{ mm}$

B. $l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_{ci}}} \right) db \rightarrow \text{untuk } D \geq 16$

$$l_d = \left(\left(\frac{420 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \times 22 \right)$$

$$l_d = 918,73 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

Maka, panjang penyaluran yang akan digunakan adalah 1000 mm

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Sebagaimana tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.4.9.1, Maka panjang penyaluran batang ulir dalam kondisi tekan harus diambil nilai yang terbesar dari beberapa persyaratan berikut :

A. $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

B. $l_{dc} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y \cdot \psi_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_{ci}}} \right) db$

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 \cdot 420 \cdot 1}{1 \cdot \sqrt{35}} \right) \times 22$$

$$l_{dc} = 374,84 \text{ mm}$$

C. $l_{dc} = 0,043 f_y \Psi_y db$

$$= 0,043 \times 420 \times 1 \times 22$$

$$= 397,32 \text{ mm}$$

1 Maka, panjang penyaluran yang akan digunakan adalah 400 mm

c. **Panjang penyaluran kait tulangan lentur**

Sebagaimana tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.4.3.1, Maka panjang penyaluran batang ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan suatu kait harus diambil nilai yang terbesar dari persyaratan berikut :

A. $l_{dh} = 8 \cdot db = 8 \cdot 22 = 176$

B. $l_{dh} = 150$

C. $l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y \cdot \Psi_c \cdot \Psi_e \cdot \Psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \right) db$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 420 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 22$$

$$l_{dh} = 374,84 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

1 Maka panjang penyaluran kait yang digunakan adalah sebesar 450 mm

d. **Sambungan lewatan tulangan tarik**

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 25.5.2.1. Panjang sambungan lewatan pada kondisi tarik yaitu :

$$l_{st} = 1,3 \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_{c'}}} \right) db$$

$$l_{st} = 1,3 \left(\frac{420 \cdot 1 \cdot 1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) 22$$

$$l_{st} = 966,86 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

e. **Sambungan lewatan tulangan tekan**

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 25.5.5.1. Panjang sambungan lewatan pada kondisi tekan yaitu :

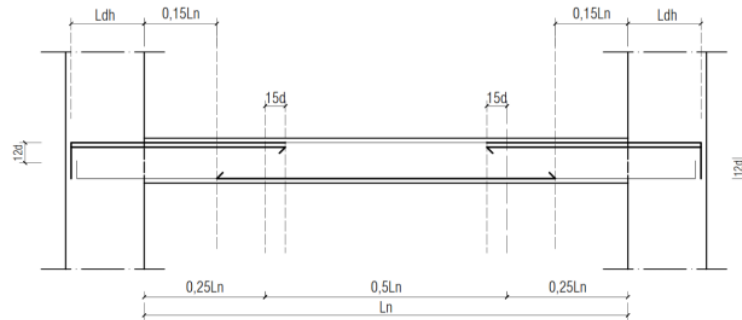
$$l_{sc} = 300 \text{ mm}$$

$$l_{sc} = 0,071 \cdot f_y \cdot d_b$$

$$l_{sc} = 0,071 \cdot 420 \cdot 22 = 656,04 \text{ mm}$$

Maka, sambungan lewatan yang akan digunakan = 700 mm

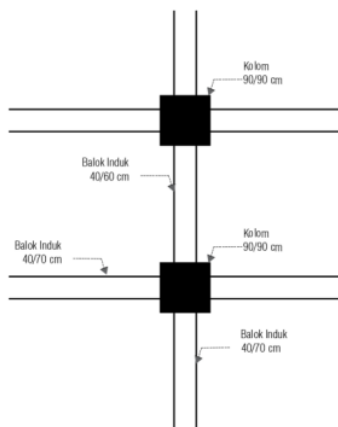
6.7.1.5. Pemutusan Tulangan pada Balok Induk 40/60 cm



Gambar 6. 11 Pemutusan Tulangan Balok Induk

6.8. Perencanaan Kolom

Pada perencanaan Balok Induk pada struktur gedung Hotel Dracarys ini direncanakan dengan tiga tipe dimensi yaitu 90/90 cm, 80/80 cm dan 70/70 cm. pada gedung Hotel Dracarys ini akan dibahas mengenai deain penulangan kolom, kontrol kolom dengan menggunakan program bantu komputer yaotu SPColoum dan juga pendetailan kolom sesuai dengan peraturan. Berikut data perencanaan kolom bisa dilihat sebagai berikut :



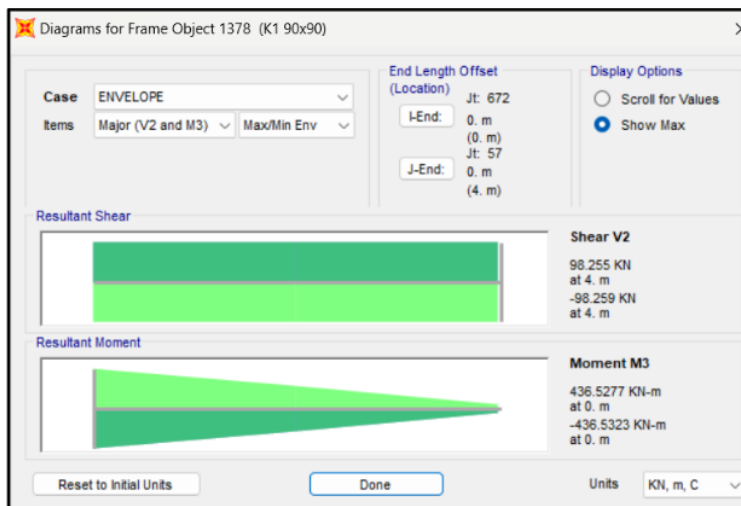
Gambar 6. 12 Kolom yang ditinjau

Data Perencanaan :

Mutu beton ($f'c$)	: 35 MPa
Panjang (L)	: 4000 mm
Tinggi (h)	: 900 mm
Lebar	: 900 mm
Tulangan utama	: D25 (420 MPa)
Tulangan Geser	: D16 (420 MPa)
Selimit beton (s)	: 40 mm

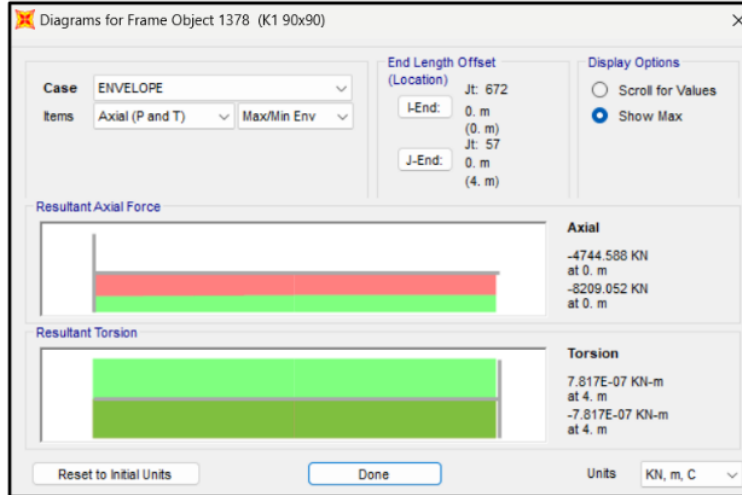
6.8.1. Analisa Gaya Dalam

Setelah dilakukan pembebanan, maka perhitungan untuk mencari momen (gaya dalam) dengan dicai dengan program bantu komputer sehingga perhitungannya sebagai berikut :



Gambar 6. 13 Output Frame 1378 Geser dan Momen Kolom 90/90 cm

Gambar 6.19 terdapat dari hasil *output* dengan bantuan program bantu komputer yaitu SAP2000 didapat geser dan momen kolom 90/90 cm terdapat pada frame 1378 terdapat warna hijau di frame tersebut menandakan beban yang bekerja beban gravitasi dan juga gempa,



Gambar 6. 14 Output Frame 1378 Aksial dan Torsi Kolom 90/90 cm

Gambar 6.20 hasil *output* dengan bantuan program bantu komputer yaitu SAP2000 didapat gaya axial dan juga torsi yang bekerja dalam kolom 90/90 cm terdapat pada frame 1378 terdapat warna hijau di frame tersebut menandakan beban yang bekerja beban gravitasi dan juga gempa,

Tabel 6. 9 Rekapitulasi Gaya pada Kolom

Gaya dalam Akibat Gaya	Nilai
Gempa	
M1ns Arah X (M3) kNm	436,5323
M2ns Arah X (M3) kNm	240,3483
M1ns Arah Y (M2) kNm	493,5948
M2ns Arah Y (M2) kNm	224,1905
Aksial kNm	8209,052
Torsi kNm	7,81
Geser Kn	98,25
Δ_0 mm	1,84

6.8.2. Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom

6.8.2.1. Menentukan kolom *Sway* dan *Non Sway*

Sebagaimana disebutkan didalam peraturan SNI 2847 – 2019 Pasal 6.6.4.3, kolom dan tingkat pada struktur boleh dianggap tak bergoyang jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\Sigma Pu \Delta 0}{V_{us} L_c} \leq 0,05 \\ &= \frac{8209,05 \times 1,84}{98,25 \times 4000} = 0,038 \leq 0,05 \end{aligned}$$

Maka, termasuk dalam kolom *non sway*

6.8.2.2. Kontrol Kelangsingan Kolom

Kolom 700 x 700 mm²

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{35} \\ &= 27805,57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times 900 \times 900^3 = 38272500000 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} E_c \times I_g &= 27805,57 \times 38272500000 \\ &= 10,64 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Balok Induk 400 x 700 mm² arah X :

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{35} \\ &= 27805,57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times 400 \times 700^3 = 8003333333 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} E_c \times I_g &= 27805,57 \times 8003333333 \\ &= 2,22 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Balok Induk 400 x 700 mm² arah Y :

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times 400 \times 700^3 = 8003333333 \text{ mm}^4$$

$$E_c \times I_g = 27805,57 \times 8003333333$$

$$= 2,22 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2$$

Berikutnya, dilakukan perhitungan faktor panjang tekuk kolom (k) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan Kolom Atas

$$\Psi_A = \frac{\frac{E_{cxi_{kolom}}}{l_{bawah}} + \frac{E_{cxi_{kolom}}}{l_{atas}}}{\frac{E_{cxi_{balok\ x}}}{l_{bawah}} + \frac{E_{cxi_{balok\ x}}}{l_{atas}} + \frac{E_{cxi_{balok\ y}}}{l_{bawah}} + \frac{E_{cxi_{balok\ y}}}{l_{atas}}}$$

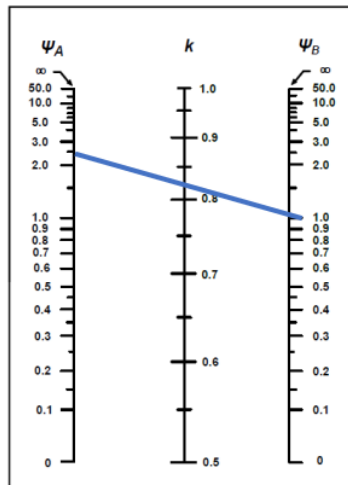
$$\Psi_A = \frac{\frac{10,64 \times 10^{14}}{4000} + \frac{10,64 \times 10^{14}}{4000}}{\frac{2,22 \times 10^{14}}{7000} + \frac{2,22 \times 10^{14}}{7000} + \frac{2,22 \times 10^{14}}{7000} + \frac{2,22 \times 10^{14}}{7000}}$$

$$= 2,3$$

Kekakuan kolom bawah

$$\Psi_B = 1,00 \text{ (karena terjepit penuh)}$$

Berikutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan pada kolom (k) sebagai berikut :



Gambar 6. 15 Nomogram Faktor kekakuan Kolom (Struktur Rangka Tidak Bergoyang)

Dari hasil nomogram diatas untuk nilai (k) maka didapatkan (k) = 0,87

Jari – jari inersia (r)

Terdapat dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 6.2.5.1 pengaruh kelangsingan kolom dapat diabaikan jika memenuhi persamaan sebagai berikut (r) :

$$r = 0,3 b$$

$$= 0,3 \times 0,9 = 0,27 \text{ m}$$

Kontrol kelangsingan

Berdasarkan dalam SNI 2847 Pasal 6.2.5.b, pengaruh kealngsingan kolom dapat diabaikan jika memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

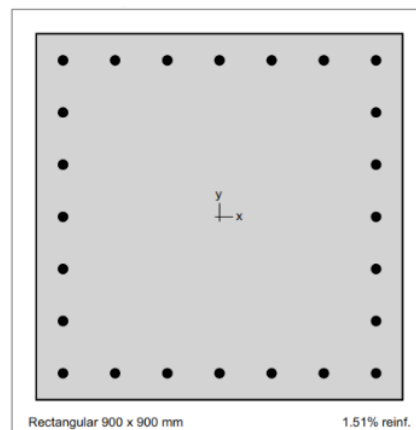
$$\frac{0,87 \cdot 4}{0,27} \leq 34 - 12 \left(\frac{44513,19}{24508,31} \right) \leq 40$$

$$12,15 \leq 12,21 \leq 40 \text{ (OK)}$$

Maka, kelangsingan kolom dapat diabaikan

6.8.2.1. Desain Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.4.1 beserta menurut , untuk luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak boleh melebihi dari $0,060A_g$ (Patrisko Hirel Karisoh, Servie O. Dupas, 2018). Kemudian untuk mendapatkan digunakan program bantu komputer SPColoum.



Gambar 6. 16 Konfigurasi penulangan Kolom

Dari hasil desain dengan menggunakan program bantu komputer berdasarkan gaya dalam dengan dimensi kolom menggunakan 900 x 900 mm, maka didapat konfigurasi penulangan 24D25 mm . Berdasarkan konfigurasi tersebut didapat dengan rasio tulangan $\rho = 1,51\% = 0,0151$, sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06 = 0,01 < 0,0151 < 0,06$ menunjukkan bahwa telah terpenuhi.

6.8.2.3. Perhitungan Kuat tekan Maksimal Rencana Kolom

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 24.2.2, maka untuk komponen nonprategang dan komponen baja beton, nilai P_n max dihitung dengan berdasarkan perumusan berikut :

$$\begin{aligned}A_{st} &= 24 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot (25^2)) = 11775 \\ \phi P_n \text{ max} &= \phi \cdot 0,85 \cdot ((0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})) \\ \phi P_n \text{ max} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot (0,85 \cdot 35 \cdot (810000 - 11775)) + 420 \cdot 11775 \\ \phi P_n \text{ max} &= 92593334,29 \text{ N} \\ \phi P_n \text{ max} > P_u &= 92593334,29 \text{ N} > 8209052 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

6.8.2.4. Cek Syarat Pendetailan Kolom SRPMK

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.2 kolom – kolom pada sistem rangka pemikulmomen khusus harus memenuhi pada persyaratan dibawah ini :

- A. Dimensi penampang terkecil diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri dan tidak kurang dari 300 mm.

$$b \geq 300 \text{ mm.}$$

$$900 \geq 300 \text{ mm. (OK)}$$

- B. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

$$\frac{900}{900} \geq 0,4$$

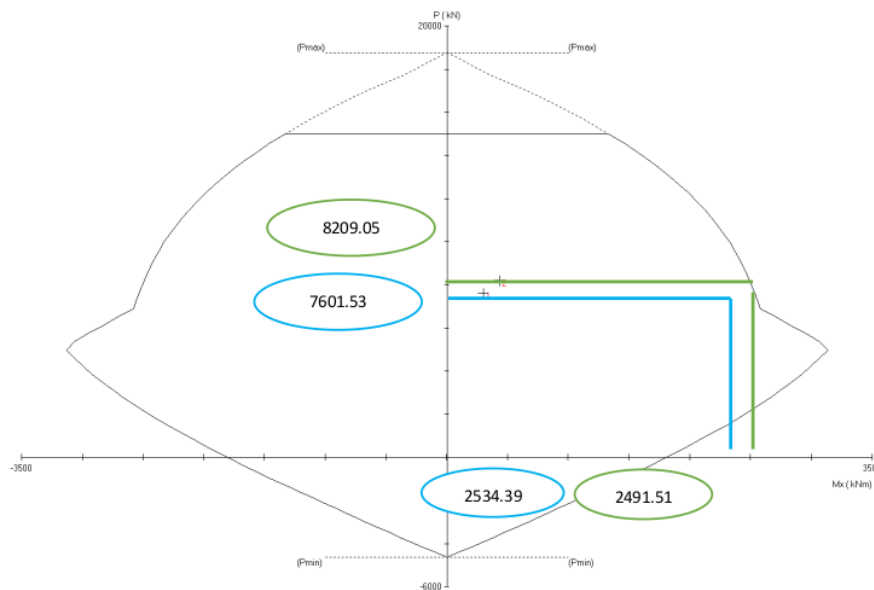
$$1 \geq 0,4 \text{ (OK)}$$

6.8.2.2. Pendetailan Strong Column Weak Beam

Pendetailan Strong Column Weak Beam yang berdasarkan SNI 2847 Pasal 18.7.3.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi syarat berikut ini :

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

Nilai M_{nc} didapatkan dari diagram interaksi dengan menyesuaikan dengan gaya aksial terfaktor. Nilai gaya terfaktor yang didapatkan dari hasil output program bantu komputer.



Gambar 6. 17 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Kolom 70/70 cm

Berdasarkan dari hasil *output* diagram interaksi pada Gambar 6.23 diatas, maka diperoleh momen M_x , terdapat P_u dari hasil kolom diatas yang berwarna biru berserta terdapat P_u dari hasil kolom dibawahnya yang berwarna hijau. Selanjutnya dari hasil tersebut didapat tanda (+) didalam diagram tersebut maka dinyatakan aman dan jauh dari batas zona kritis, untuk dengan mudah bagi pembaca maka dilakukan tarik garis pada P_u ke sumbu y dari P_{max} sesuai dengan hasil *output* tersebut dari tanda (+) dan juga tarik garis pada (+) ke ke momen M_x sumbu x sesuai dengan hasil *output* tersebut, maka hasil yang terdapat pada tabel 6.13 dibawah ini.

Tabel 6. 10 Factored Loads dan Moments with Corresponding Capacities

No.	P_u (Kn)	ϕM_{nc} (kNm)
1.	7601,53	2534.39
2.	8209,05	2491.51

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

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom – kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka – muka *joint*.

ΣM_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka – muka *joint*.

Dimana :

$$M_{nc \text{ atas}} = \frac{2534,39}{0,65} = 3833,09 \text{ KNm}$$

$$M_{nc \text{ bawah}} = \frac{436,53}{0,65} = 3833,09 \text{ KNm}$$

$$\Sigma M_{nc} = M_{nc \text{ atas}} + M_{nc \text{ bawah}}$$

$$\Sigma M_{nc} = 3833,09 + 3833,09 = 7732,15 \text{ kNm}$$

M_{nb} adalah momen pada balok yang berat pada sumbu lemah kolom. Balok yang berada pada sumbu lemah kolom yaitu balok induk dengan tulangan lentur sebagai berikut :

$$\text{Tulangan atas (9D22)} : A_s = 3421 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah (7D22)} : A_s = 2661 \text{ mm}^2$$

Dalam perhitungan M_{nb} harus dihitung juga luas tulangan pelat selebar lebar efektif pelat, dikarenakan pada kolom terdapat balok dan pelat lantai yang menyatu. Dimana pusat berat tulangan balok dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$d' = \frac{9(ts + D_{geser} + 0,5D) + 7(ts + D_{geser} + D + 25 + 0,5D)}{9 + 4}$$
$$= \frac{9(40 + 13 + 0,5 \cdot 22) + 7(40 + 13 + 22 + 25 + 0,5 \cdot 25)}{9 + 7}$$

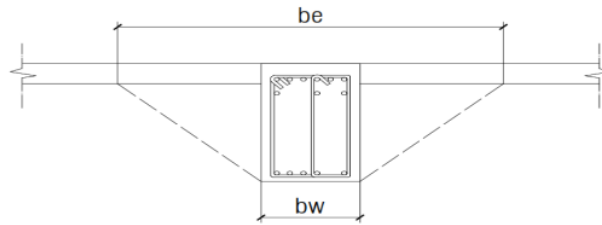
$$d' = 83,97 \text{ mm}$$

Jarak antar As tulangan pada balok dan pelat atas :

$$d1 = d' - s_{\text{pelat}} - 0,5 D_{\text{pelat}}$$
$$= 83,97 - 20 - (0,5 \cdot 13) = 57,47 \text{ mm}$$

Jarak antar As tulangan pada balok dan pelat bawah :

$$d2 = t_{\text{pelat}} - d1 - s_{\text{pelat}} - 0,5 D_{\text{pelat}}$$
$$= 120 - 57,47 - 20 - (0,5 \cdot 13) = 36,03 \text{ mm}$$



Gambar 6. 18 Lebar Efektif Balok T

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 6.3.2.1, untuk lebar balok T diambil dari nilai yang terkecil dari persyaratan berikut ini :

1. $bw + 8h = 400 + (8 \cdot 120) = 1360 \text{ mm}$
2. $bw + \left(\frac{S_w}{2}\right) = 400 + \left(\frac{4300}{2}\right) = 2550 \text{ mm}$
3. $bw + \left(\frac{fn}{8}\right) = 400 + \left(\frac{6300}{8}\right) = 1187,50 \text{ mm}$

maka, diambil dengan nilai terkecil $be = 1187,50 \text{ mm}$

Luas tulangan atas :

$$\begin{aligned} \text{As atas} &= \text{As balok} + \left(\frac{be}{\text{jarak tulangan pelat}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) \\ &= 3799,40 + \left(\frac{1187,50}{200} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2 \right) \\ &= 4416,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan bawah :

$$\text{As bawah} : 2659,58 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif balok T :

$$d \text{ atas} = d - \left[\left(\frac{As_{pelat}}{As_{atas}} \cdot d1 \right) + \left(\frac{As_{pelat}}{As_{atas}} \cdot d2 \right) \right]$$

$$d \text{ atas} = 636 - \left[\left(\frac{531}{4416,29} \cdot 57,47 \right) + \left(\frac{531}{4416,29} \cdot 36,03 \right) \right]$$

$$d \text{ atas} = 624,76 \text{ mm}$$

$$d \text{ bawah} = 636 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a. } M_{nb}^- &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{476,29 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\
 &= 155,87 \text{ mm} \\
 M_{nb}^- &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a^-}{2}\right) \\
 &= 4416,29 \cdot 420 \cdot \left(624,76 - \frac{155,87}{2}\right) \\
 M_{nb}^- &= 1014271245,71 \text{ Nmm} = 1014,27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } M_{nb}^+ &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{279,58 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\
 &= 131,41 \text{ mm} \\
 M_{nb}^+ &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a^+}{2}\right) \\
 &= 2659,58 \cdot 420 \cdot \left(636 - \frac{131,41}{2}\right) \\
 M_{nb}^+ &= 637030734,66 \text{ Nmm} = 637,03 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } \Sigma M_{nb} &= M_{nb}^- + M_{nb}^+ \\
 \Sigma M_{nb} &= 1014,27 + 637,03 \\
 \Sigma M_{nb} &= 1651,30 \text{ Knm}
 \end{aligned}$$

Berikutnya dilakukan dengan pengecekan persyaratan sebagai berikut :

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$7732,15 \geq 1,2 \cdot 1651,30$$

$$7732,15 \text{ kNm} \geq 1981,56 \text{ kNm (OK)}$$

Maka, persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

6.8.3. Perhitungan Tulangan Confinement

Berdasarkan yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.5.2, tulangan transversal harus dipasang sepanjang l_0 dari masing – masing muka *joint* kolom. Panjang l_0 tidak boleh kurang dari nilai terbesar dari ketiga persamaan sebagai berikut :

- Tinggi komponen struktur pada muka *joint* : $h = 700 \text{ mm}$

- $\frac{1}{6}$ tinggi bersih kolom = $\frac{1}{6} \times 3300 = 550$

- 450 mm

Maka digunakan pengeang terpanjang $l_0 = 700$ mm dari muka penampang

$$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$$

$$8209,05 \leq 0,3 \times 900 \times 900 \times 35$$

$$9160,94 \leq 8505 \text{ kNm}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 18.7.5.4, apabila nilai $P_u \leq 0,3 \cdot A_g \cdot f_c'$ maka luas penampang *hoops* diambil yang terbesar antara :

A. $\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y} bc$

B. $\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \frac{f_c'}{f_y} bc$

C. $0,2 \cdot k_f \cdot kn \cdot \left(\frac{P_u}{f_{yt} \cdot a_{ch}} \right)$

Dimana :

- Luas penampang beton :

$$A_g = b \times h$$

$$= 900 \times 900$$

$$= 810.000 \text{ mm}^2$$

- Luas penampang sampai luar tulangan

$$A_{ch} = (b - 2ts) (h - 2ts)$$

$$= (900 - 2(40)) (900 - 2(40))$$

$$= 672400 \text{ mm}^2$$

- Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal

$$bc = b - 2ts$$

$$= 900 - 2(40)$$

$$= 820 \text{ mm}$$

k_f = faktor kekuatan beton

$$k_f = \frac{f_c'}{175} + 0,8 \geq 1,0$$

$$= \frac{35}{175} + 0,6 \geq 1,0 = 0,8 < 1,0$$

Maka diambil nilai $k_f = 1,0$

k_n = faktor keefektifan pengekangan

$$k_n = \frac{nl}{nl-2}$$

$$= \frac{24}{24-2} = 1,09$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} - \frac{A_{sh}}{s} &= 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y} b c \\ &= 0,3 \left(\frac{810000}{672400} - 1 \right) \frac{35}{420} 820 \\ &= 4,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \frac{A_{sh}}{s} &= 0,09 \frac{f_c'}{f_y} b c \\ &= 0,09 \frac{35}{420} 820 \\ &= 6,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- 0,2 \cdot k_f \cdot k_n \cdot \left(\frac{P_u}{f_{yt} \cdot a_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1,0 \cdot 1,09 \left(\frac{8209,05}{420 \cdot 672400} \right) = 0,0000634 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka diambil nilai yang terbesar adalah $\frac{A_{sh}}{s} = 6,15 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.5.3, spasi tulangan transversal dari muka tumpuan kolom tidak boleh melebihi nilai dari berikut :

a. Seperempat dimensi terkecil penampang kolom

$$S_0 = \frac{900}{4} = 225 \text{ mm}$$

b. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil

$$S_0 = 6 \times 25 = 150$$

c. S_0 yang akan dihitung dengan :

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350-hx}{3} \right)$$

Dengan hx merupakan nilai terbesar dari spasi pusat ke pusat antara tulangan dengan tulangan yang bersebelahan

$$hx = \frac{900 - 2(40) - 2(16) - 25}{4} = 190,75 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 190,75}{3} \right) = 153,08$$

1 Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.5.3, disebutkan bahwa S_0 tidak boleh melebihi dari 150 mm dan tidak boleh kurang dari 100 mm, Karena S_0 lebih dari 150 mm, maka direncanakan dengan spasi tulangan sebesar 100 mm.

$$\frac{Ash}{s} = 6,15 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 = 615 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan sengkang 5 kaki D16 – 100mm

$$\begin{aligned} Ash_{pakai} &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 \\ &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Ash_{pakai} \geq Ash_{perlu}$$

$$803,84 \text{ mm}^2 \geq 615 \text{ mm}^2 \quad \text{1 (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.5.5, untuk daerah di luar l_0 harus diberi tulangan transversal dengan spasi minimum tidak kurang dari :

- Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil :

$$S_0 = 6 \times 25 = 150$$

- $S_0 = 150 \text{ mm}$

Maka spasi tulangan daerah l_0 direncanakan sebesar 150 mm

1 6.8.3.1. Perhitungan Tulangan Geser

Sebagaimana yang tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.6.1.1, gaya geser desain, V_e tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan *joint* berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke *joint*. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

A. Gaya Geser M_{pr} Kolom

$$V_e = \frac{M_{prcatas} + M_{prcbawah}}{l_u}$$

1 Dimana nilai M_{pr} kolom dihitung seperti sebagai berikut :

Tulangan terpasang pada kolom 24D25 ($A_s = 11775 \text{ mm}^2$)

$$a_{prc} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$
$$= \frac{1,25 \cdot 11775 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 900} = 230,88$$

$$M_{prc} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{prc}}{2} \right)$$
$$= 1,25 \cdot 11775 \cdot 420 \left(791,50 - \frac{230,88}{2} \right)$$
$$= 4179311139,71 \text{ Nmm}$$

Maka gaya geser pada Mpr kolom $V_e = \frac{4179311139,71 + 4179311139,71}{3300} = 2532915,84 \text{ N}$

Gaya geser Mpr kolom tidak perlu melebihi nilai gaya geser MPr balok yang dihitung pada perhitungan seperti berikut :

B. Gaya geser Mpr Balok

$$V_e = \frac{M_{prb_{atas}} DF_{atas} + M_{prb_{bawah}} DF_{bawah}}{l_u}$$

Df ialah faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah elemen yang didesain, karena kekakuan kolom dilantai atas dan bawah sama maka $DF_{atas} = DF_{bawah} = 0,5$

$$V_e = \frac{1101444523 \cdot 0,5 + 806117945,10 \cdot 0,5}{6100} = 156357,58 \text{ N}$$

C. Gaya Geser Hasil Analisis

$$V_e = 137874 \text{ kN}$$

D. Gaya Geser Dipakai

$$V_e \text{ balok} \leq V_e \text{ analisis} \leq V_e \text{ kolom}$$

$$137,87 \text{ kN} \leq 153,36 \text{ kN} \leq 2532,92 \text{ kN}$$

Digunakan nilai $V_e = 156,36 \text{ kN}$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.6 .2.1, tulangan transversal didesain untuk menahan gaya geser dengan menggunakan asumsi $V_c = 0$, apabila

$$V_e \geq 0,5 V_u$$

$$156,36 \geq 0,5 \cdot 2532,92$$

$$156,36 \text{ kN} \leq 1266,46 \text{ (Tidak OK)}$$

$$P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$$

$$8209,05 < \frac{810000 \cdot 35}{20}$$

$$8209052 \text{ N} < 1417500 \text{ N} \text{ (Tidak OK)}$$

Karena kedua persyaratan diatas tidak terpenuhi, maka nilai V_c tidak dapat diasumsikan sama dengan 0 dan harus dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{8209052}{14 \cdot 810000} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 900 \cdot 791,50$$

$$V_c = 1235062,74 \text{ N}$$

Pada kolom digunakan tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur,

Sehingga :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

Tulangan *confident* pada sebelumnya dipasang 5 kaki D16 – 100, maka dari itu :

$$V_s = \frac{803,84 \cdot 420 \cdot 791,50}{100} = 2672205,31 \text{ N}$$

Sehingga :

$$\emptyset(V_c + V_s) \geq V_c \text{ kolom}$$

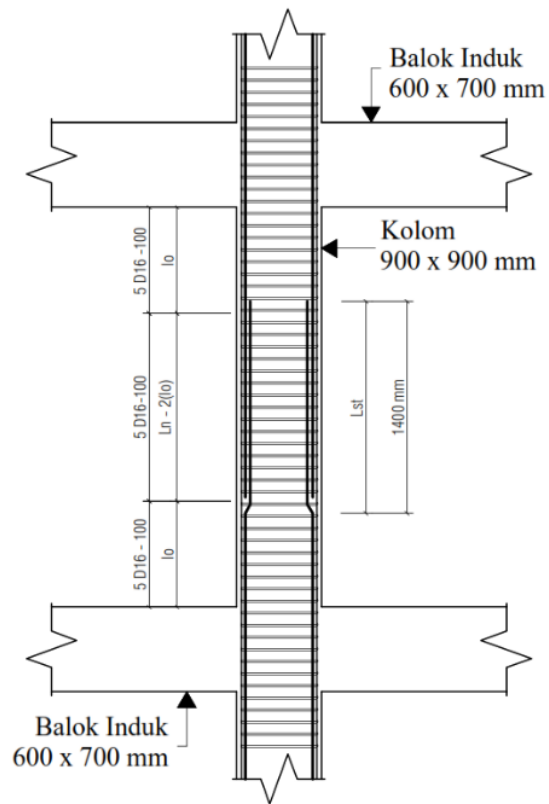
$$0,75(1235062,74 + 2672205,31) \geq 2.487.124,29 \text{ N}$$

$$2930451,04 \text{ N} \geq 2532915,84 \text{ N (OK)}$$

6.8.4. Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan pada Kolom

Sambungan lewatan yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.4.3, sambungan lewatan diizinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik dan harus dilingkupi dengan tulangan transversal. Panjang sambungan lewatan ditentukan berdasarkan perumusan yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Tabel 25.5.2.1. Sebgaik berikut :

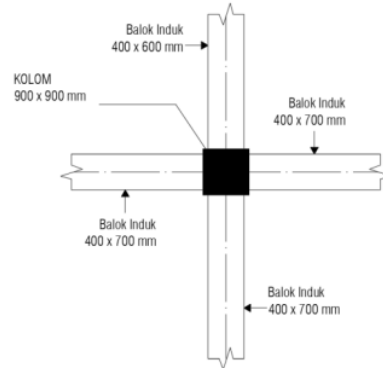
$$l_{st} = 1,3 \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) db = 1,3 \left(\frac{420 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 25 = 1357,22 = 1400 \text{ mm}$$



Gambar 6. 19 Tulangan Sambungan pada Kolom

6.8.5 ¹ Desain Hubungan Balok Kolom

Hubungan antara balok dengan kolom untuk perencanaan dengan sistem rangka pemikul momen khusus yang tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8. ¹ Sebagai contoh perhitungan hubungan balok dengan kolom dilakukan pada salah satu joint yang terletak pada lantai satu sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 6.39 dibawah ini:



Gambar 6. 20 Hubungan Balok kolom yang Ditinjau

A. Cek Persyaratan Dimensi Kolom

Sebagaimana yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.2.3, bila tulangan longitudinal balok diteruskan melalui *joint* balok – kolom, dimensi kolom paralel dengan tulangan balok tersebut tidak boleh kurang 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar dari balok tersebut.

$$20D_{\text{balok}} \leq 900 = 20 \cdot 22 \leq 900$$

$$= 440 \text{ mm} \leq 900 \text{ mm (OK)}$$

B. Luas Efektif Joint

Luas efektif *joint*, A_j , sebagaimana yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.4.3, harus dihitung dari perkalian antara tinggi dengan lebar efektif *joint*

$$A_j = h \cdot b_{\text{efektif}}$$

Tinggi *joint* harus diambil sebesar lebar kolom (h), sedangkan lebar efektif *joint* diambil dari nilai terkecil dari lebar balok ditambah tinggi *joint* dan dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom seperti pada persamaan berikut :

$$b_{\text{efektif}} = b + \bar{h} \leq b + 2x$$

$$b_{\text{efektif}} = 400 + 700 \leq 400 + 2 \left(\frac{700 - 400}{2} \right)$$

$$b_{\text{efektif}} = 1100 < 700 \text{ mm}$$

$$A_j = h \cdot b_{\text{efektif}}$$

$$= 700 \times 700$$

$$= 490.000 \text{ mm}^2$$

C. Cek Persyaratan tulangan transversal

Apabila pada keempat sisi joint terdapat balok yang merangka kepadanya dan lebar $\geq \frac{3}{4}$ lebar kolom yang tercantum dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.3.2, maka jumlah tulangan *confinement* dapat direduksi setengahnya. Dalam peraturan tersebut juga, spasi tulangan *confinement* dapat diperbesar hingga 150 mm

$$b_{\text{balok}} \geq \frac{3}{4} b_{\text{kolom}}$$

$$400 \geq \frac{3}{4} \cdot 900$$

$$400 \text{ mm} \leq 675 \text{ mm}$$

Maka pada jumlah tulangan *confinement* tidak perlu direduksi setengahnya dan juga spasi tulangan *confinement* tidak perlu diperbesar hingga 150 mm

6.8.6. Desain Hubungan Balok Kolom yang Terkekang oleh 4 Balok

A. Cek Gaya Geser pada Joint

Gaya geser terjadi pada joint dihitung menggunakan momen probabilitas (M_{pr}) tulangan atas dan tulangan bawah balok dengan nilai $DF = 0,5$

$$M_c = DF (M_{pr}^+ + M_{pr}^-)$$

$$= 0,5 (806117945,10 + 1101444523,48)$$

$$= 953781234,29 \text{ Nmm}$$

Maka didapat dari nilai M_c , sehingga dapat ditentukan V_{sway} merupakan hasil dari penjumlahan M_c atas dan M_c bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_c + M_c}{t_u}$$

$$= \frac{953781234,29 + 953781234,29}{3300}$$

$$= 578049,23 \text{ N}$$

Geser yang terjadi pada joint juga disebabkan dari gaya tekan dan tarik pada tulangan longitudinal balok.

- Gaya tarik yang bekerja pada tulangan balok dibagian kiri joint

$$T_1 = 1,25 A_s f_y$$

$$= 1,25 \cdot 3799,40 \cdot 420$$

$$T_1 = 1994685 \text{ N}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada bagian kiri joint

$$C_1 = T_1 = 1994685 \text{ N}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada tulangan balok dibagian kanan joint

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s f_y$$

$$= 1,25 \cdot 2659,58 \cdot 420$$

$$T_2 = 1396279,50 \text{ N}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada bagian kanan joint

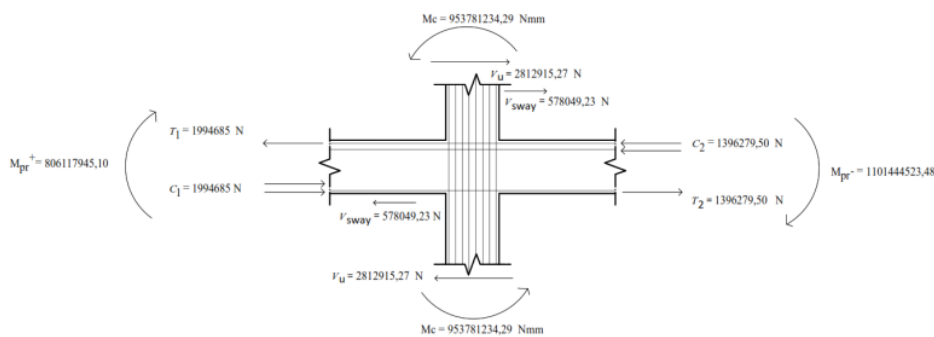
$$C_2 = T_2 = 1396279,50 \text{ N}$$

Maka, total gaya geser yang bekerja pada joint sebagai berikut

$$V_u = T_1 + C_2 - V_{sway}$$

$$= 1994685 + 1396279,50 - 578049,23$$

$$= 2812915,27 \text{ N}$$



Gambar 6. 21 Hubungan Balok kolom Terkekang Empat Balok

B. Kapasitas Kuat Geser Joint

Kapasitas kuat geser joint dimana yang tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.4.1, kapasitas kekuatan geser nominal pada joint, V_n dengan joint yang rerkekangbalok pada keempat sisinya dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_n = 1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j$$

$$= 1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 490.000$$

$$V_n = 4928094,46$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$(0,75 \cdot 4928094,46) \geq 2812915,27 \text{ N}$$

$$3696070,84 \text{ N} \geq 2812915,27 \text{ N (OK)}$$

6.8.7. Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang 3 atau 2 Balok

A. Cek Gaya Geser pada Joint

Gaya geser terjadi pada joint dihitung menggunakan momen probabilitas (M_{pr}) tulangan atas dan tulangan bawah balok dengan nilai $DF = 0,5$

$$\begin{aligned} M_c &= DF (M_{pr}^+) \\ &= 0,5 \cdot 806117945,10 \end{aligned}$$

$$M_c = 403058927,55 \text{ Nmm}$$

Maka didapat dari nilai M_c , sehingga dapat ditentukan V_{sway} merupakan hasil dari penjumlahan M_c atas dan M_c bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom

$$\begin{aligned} V_{sway} &= \frac{M_c + M_c}{l_u} \\ &= \frac{403058927,55 + 403058927,55}{3300} \\ &= 244278,17 \text{ N} \end{aligned}$$

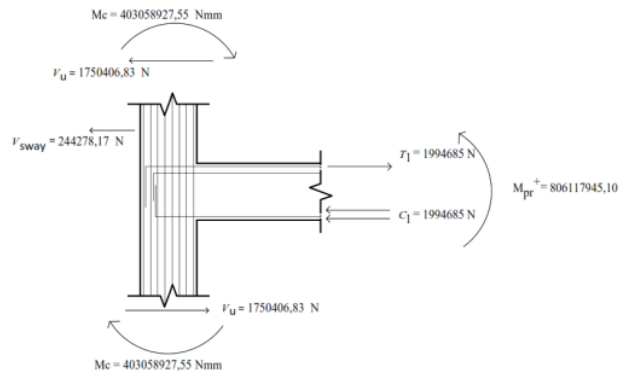
Geser yang terjadi pada joint juga disebabkan dari gaya tekan dan tarik pada tulangan longitudinal balok.

- Gaya tarik yang bekerja pada tulangan balok dibagian kiri joint

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,25 A_s f_y \\ &= 1,25 \cdot 3799,40 \cdot 420 \\ T_1 &= 1994685 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka, total gaya geser yang bekerja pada joint sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_u &= T_1 - V_{sway} \\ &= 1994685 - 244278,17 \\ &= 1750406,83 \text{ N} \end{aligned}$$

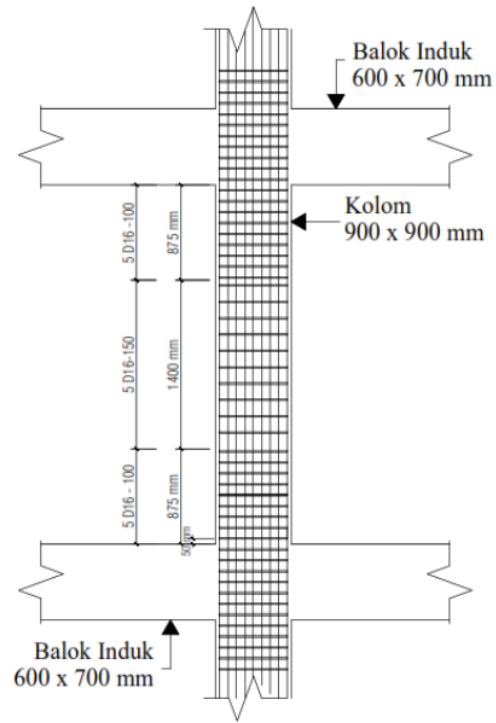


Gambar 6. 22 Hubungan Balok kolom Terkekang 3 Balok atau 2 Balok

C. Kapasitas Kuat Geser Joint

Kapasitas kuat geser joint dimana yang tercantum berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.4.1, kapasitas kekuatan geser nominal pada joint, V_n dengan joint yang rerkekangbalok pada keempat sisinya dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1,2 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j \\
 &= 1,2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 490.000 \\
 V_n &= 1478654,91 \text{ N} \\
 \phi V_n &\geq V_u \\
 (0,75 \cdot 1478654,91) &\geq 1750406,83 \text{ N} \\
 2608991,18 \text{ N} &\geq 1750406,83 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 23 Detail Penulangan Kolom

6.8.8. Rekapitulasi Penulasan Struktur Primer

Tabel 6. 11 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Lantai	Dimensi (cm)	Dimensi (cm)	Tumpuan Pakai		Lapangan Pakai		Tumpuan Output SAP2000	Lapangan Output SAP2000	Kontrol		
			Tulangan	Luas	Tulangan	Luas			a > c	b > d	
2-5	40/60	Atas	6 D 22	2279,64 mm ²	4 D 22	1519,76 mm ²	1968,77 mm ²	1443,74 mm ²	OK	OK	
		Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	571,55 mm ²	571,55 mm ²	OK	OK	
	Senggang	Bawah	4 D 22	1519,76 mm ²	6 D 22	2279,64 mm ²	1256,06 mm ²	1968,77 mm ²	OK	OK	
		Atas	2 D 13 - 100	2,65 mm ² /mm	2 D 13 - 150	1,77 mm ² /mm	2,06 mm ² /mm	1,51 mm ² /mm	OK	OK	
	40/70	Atas	10 D 22	3799,40 mm ²	7 D 22	2659,58 mm ²	2997,33 mm ²	2334,03 mm ²	OK	OK	
		Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	672,87 mm ²	672,87 mm ²	OK	OK	
		Bawah	7 D 22	2659,58 mm ²	10 D 22	3799,40 mm ²	1910,01 mm ²	3125,24 mm ²	OK	OK	
			Senggang	3 D 13 - 100	3,98 mm ² /mm	3 D 13 - 150	2,65 mm ² /mm	2,45 mm ² /mm	1,94 mm ² /mm	OK	OK
	6-10	40/60	Atas	5 D 22	1899,70 mm ²	4 D 22	1519,76 mm ²	1765,53 mm ²	1243,62 mm ²	OK	OK
			Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	431,79 mm ²	431,79 mm ²	OK	OK
Bawah		4 D 22	1519,76 mm ²	5 D 22	1899,70 mm ²	1230,85 mm ²	1699 mm ²	OK	OK		
		Senggang	2 D 13 - 100	2,65 mm ² /mm	2 D 13 - 150	2,65 mm ² /mm	2,45 mm ² /mm	2,45 mm ² /mm	OK	OK	
40/70		Atas	7 D 22	2659,58 mm ²	5 D 22	1899,70 mm ²	1563,05 mm ²	607,88 mm ²	OK	OK	
		Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	612,36 mm ²	612,36 mm ²	OK	OK	
Bawah		5 D 22	1899,70 mm ²	7 D 22	2659,58 mm ²	1099,39 mm ²	1397,79 mm ²	OK	OK		
		Senggang	3 D 13 - 100	398,00 mm ²	3 D 13 - 150	398,00 mm ²	109,65 mm ² /mm	1,81 mm ² /mm	OK	OK	
11-13		40/60	Atas	4 D 22	1519,76 mm ²	3 D 22	1139,82 mm ²	1462,22 mm ²	894,8 mm ²	OK	OK
			Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	455,64 mm ²	455,64 mm ²	OK	OK
	Bawah	4 D 22	1519,76 mm ²	4 D 22	1519,76 mm ²	1230,85 mm ²	1405,21 mm ²	OK	OK		
		Senggang	2 D 13 - 100	2,65 mm ² /mm	2 D 13 - 150	2,65 mm ² /mm	2,45 mm ² /mm	2,45 mm ² /mm	OK	OK	
40/70	Atas	7 D 22	2659,58 mm ²	5 D 22	1899,70 mm ²	1625,42 mm ²	894,8 mm ²	OK	OK		
	Tengah	4 D 16	803,84 mm ²	4 D 16	803,84 mm ²	455,64 mm ²	455,64 mm ²	OK	OK		
	Bawah	5 D 22	1899,70 mm ²	7 D 22	2659,58 mm ²	982,52 mm ²	1141,47 mm ²	OK	OK		
Senggang	3 D 13 - 100	398,00 mm ² /mm	3 D 13 - 150	398,00 mm ² /mm	112,60 mm ² /mm	116,38 mm ² /mm	OK	OK			

Tabel 6. 12 Rekapitulasi Penulangan Kolom

No	Lantai	Kolom	Dimensi cm	Tulangan		Tumpuan		Output SAP2000			Kontrol	
				D	D	Mn (Tonm)	ϕ Pn (Ton)	Mn (Tonm)	Pu (Ton)	Moment	Aksial	
1.	1 - 5	K1	900 x 900	24	D 25	497,57	10652,66	49,07	922,74	OK	OK	
2.	6 - 10	K2	800 x 800	20	D 25	360,91	8809,53	78,54	585,61	OK	OK	
3.	11 - 13	K3	700 x 700	16	D 25	246,70	7005,08	57,28	202,36	OK	OK	

BAB VII

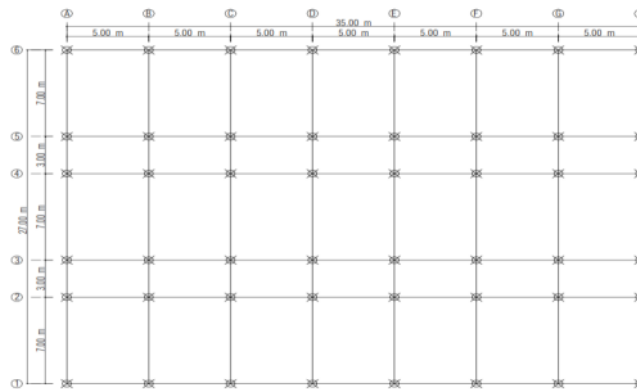
PERENCANAAN PONDASI

7.1. Umum

Dalam perencanaan sebuah konstruksi, setelah merencanakan struktur atas, selanjutnya dilakukan sebuah perencanaan struktur bawah yang meliputi *Sloof*, *Pile Cap* dan juga pondasi pada perencanaan gedung “Hotel Dracarys” ini menggunakan pondasi tiang pancang dengan bahan utama beton bertulang. Dalam perencanaan sebuah struktur bawah ini dilakukan perhitungan struktur atas dengan benar agar struktur bawah dapat direncanakan dengan baik sehingga gedung “Hotel Dracarys” ini dapat berdiri dengan kokoh dan layak dihuni bagi pengguna gedung “Hotel Dracarys”.

7.2. Beban Aksial Pondasi

Pemodelan struktur pada sebelumnya yang akan digunakan dalam perhitungan sebagai pembebanan pada pondasi agar memperoleh reaksi perletakan dengan bantuan program bantu komputer SAP2000. Titik – titik perletakan pondasi dapat dilihat pada Gambar 7.1 dibawah ini, beserta hasil reaksi perletakan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.1 yang diambil adalah reaksi beban yang terbesar dari hasil *Out-put* SAP2000.



Gambar 7. 1 Titik – titik perletakan pondasi

(Sumber : Program Bantu Komputer)

7.3. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Dalam perencanaan struktur bawah Hotel Dracarys pada tugas akhir ini menggunakan pondasi tiang pancang. Perencanaan yang meliputi perhitungan daya dukung tiang pancang, kebutuhan tiang pancang, kontrol tegangan maksimum pada tiang pancang kelompok

Pada perencanaan pondasi tiang pancang ini digunakan tiang pancang dengan tipe *square piles* dengan dimensi 600 mm. Menggunakan tiang pancang dengan tipe ini dengan dikarenakan :

A. Kapasitas Beban Lebih Tinggi

Beton sangat tinggi yang digunakan dalam tumpukan ini membuat tumpukan yang dihasilkan dapat menerima beban yang lebih tinggi.

B. Daya Dukung Tanah Lebih Lama

Dalam sebuah beton yang kompak dan seragam dapat dibuat menghasilkan perlindungan korosi pada tulangan.

C. Ketahanan Beban Lateral yang Lebih Tinggi

Kawat penguat dan prategang dapat disesuaikan untuk menerima momen lentur desain dan beban lateral yang diperlukan

7.4. Spesifikasi Tiang Pancang

Perencanaan pondasi gedung Hotel Dracarys ini menggunakan tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah sebagai berikut :

✚ Dimensi Tiang	: 600 mm
✚ Kelas	: A
✚ Luas Penampang	: $2826 \text{ cm}^2 = 28260 \text{ mm}^2$
✚ Berat Tiang	: 393 kg/m
✚ Momen Retak	: 10,25 ton.m
✚ Momen Ultimit	: 15,75 ton.m
✚ Kuat Beton	: 252,70 ton $P_{\text{bahan}} = 252,70 \text{ ton}$

Produk dari PT. Wijaya Karya Beton ini mempunyai P_{bahan} beton *precast* sebesar 252,70 Ton. Panjang tiang pancang yang direncanakan adalah 15 meter dengan besar daya dukung

tanah pada kedalaman tersebut, kemudian dikontrol harus lebih kecil dari P_{bahan} beton *precast*.

Periksa kekuatan berdasarkan kekuatan bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \text{luas penampang tiang pancang (mm}^2\text{)} \\ &= 0,7 \times A \times f_c' = 0,7 \times 28260 \times 52 \\ &= 1028664 \text{ N} = 1028,66 \text{ Ton} \end{aligned}$$

7.4.1. Daya Dukung Tiang

Dalam daya dukung tiang dalam perencanaan pondasi guna untuk kemampuan suatu tiang mendukung beban dari struktur yang berada di atasnya. Dalam analisis daya dukung tiang memerlukan data tanah meliputi data *Standard Penetration Test (SPT)* dan *Cone Penetration Test (CPT)*. Dalam perencanaan ini menggunakan *Standard Penetration Test (SPT)* dan *Cone Penetration Test (CPT)* diambil nilai yang terkecil guna untuk mengetahui kebutuhan tiang pancang, maka menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Data SPT} \rightarrow P_{\text{tiang}} = \frac{40 \cdot N\text{-SPT} \cdot A}{3}$$

$$\text{CPT} = P_{\text{tiang}} = \frac{\text{Conus} \cdot A}{3}$$

Dimana :

Standard Penetration Test (SPT)

$N\text{-SPT} = 60$ (data *Standard Penetration Test (SPT)* pada kedalaman 15 m)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \\ &= 0,282 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Data SPT} \rightarrow P_{\text{tiang}} &= \frac{40 \cdot N\text{-SPT} \cdot A}{3} \\ &= \frac{40 \cdot 60 \cdot 0,282}{3} = 226,08 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana :

$$Conus = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (data Cone Penetration Test (CPT))}$$

$$CPT = P_{\text{tiang}} = \frac{Conus \cdot A}{3}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 60^2$$

$$= 2826 \text{ cm}^2$$

$$CPT = P_{\text{tiang}} = \frac{Conus \cdot A}{3}$$

$$= \frac{250 \cdot 2826}{3} = 235,5 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, daya dukung tiang diatas didapat dengan diambil dari nilai yang terkecil yaitu $SPT = P_{\text{tiang}} = 226,08 \text{ ton}$

Keterangan :

K = keliling tiang pancang (cm)

Cn = tekanan konus rata – rata

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm²)

$\sum Cn$ = tekanan konus rata – rata akibat keruntuhan

n1 = angka keamanan (3)

n2 = angka keamanan (5)

Berat tiang pancang :

$$\text{Berat sendiri tiang} = 393 \text{ kg/m} \times 15 \text{ m} = 5895 \text{ kg} = 5,89 \text{ ton}$$

Beban ijin tiang yang diperkenankan pada tiang tersebut

$$P_{\text{ijin tiang}} = P_{\text{tiang}} - \text{Berat Sendiri tiang}$$

$$= 226,08 - 5,89 = 220,19 \text{ ton} < P_{\text{bahan}} = 220,19 \text{ (OK)}$$

Diperoleh ² daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan ⁵ kekuatan bahan beton lebih besar dibandingkan dengan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan ⁵ kekuatan tanah, maka kekuatan ijin tiang digunakan daya dukung pondasi tiang berdasarkan pada kekuatan tanah.

7.4.2. Rencana Kebutuhan Tiang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang akan dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang. Hasil dari perhitungan untuk jumlah tiang pancang sebagai berikut :

$$N_u = 837,09 \text{ Ton.m}$$

$$M_x = 50,33 \text{ Ton.m}$$

$$M_y = 40,51 \text{ Ton.m}$$

Perhitungan Pembebanan :

Beban yang harus dipikul oleh 1 kelompok tiang

Beban sendiri Pile cap	= 4,80 x 4,80 x 1,2 x 2400	=	66355,2 kg
Beban Tiang pancang	= 393 kg/m x 15 m	=	5895 kg
Beban aksial kolom (Nu)		=	837090 kg
Berat Sloof	= 0,5 x 0,7 x 7 x 2400	=	5880 kg
Berat Sloof	= 0,4 x 0,7 x 5 x 2400	=	3360 kg

$$\Sigma P = 918580 \text{ kg}$$

Kebutuhan tiang pancang :

Kebutuhan tiang pancang dalam satu kolom dapat diketahui dengan membagi berat total beban dengan daya dukung ijin satu tiang. Berikut merupakan jumlah kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tiang}}} = \frac{918,58}{0,7 \times 220,19} = 6 \text{ tiang pancang, maka direncanakan menggunakan 7 tiang}$$

Menggunakan 8 buah tiang pancang dengan ukuran 500 x 500 mm dengan antisipasinya keamaan pada kekuatan struktur. Beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan berat tiap kolom yang dipikul. Jarak tiang pancang direncanakan dihitung dengan menggunakan perumusan sebagai berikut ;

Jarak Antar Tiang

$$2,5D \leq S \leq 3D$$

$$2,5 \cdot 60 \leq S \leq 3 \cdot 60$$

$$150 \leq l < 180$$

Diambil jarak antar tiang (S) = 150 cm

✚ Jarak Tepi Tiang

$$1,5D \leq S \leq 2D$$

$$1,5 \cdot 60 \leq S \leq 2 \cdot 60$$

$$90 \leq S \leq 120$$

Diambil jarak tepi tiang (S) = 90 cm

Berdasarkan dari hasil jumlah tiang pancang maka diperoleh ukuran Pile cap sehingga terdapat 3 tipe pondasi, yaitu pada Gambar 7.1, Gambar 7.2 dan Gambar 7.3.

7.4.3. Daya Dukung Tiang Kelompok

Tiang pancang yang bekerja dalam kelompok kekuatannya akan terkoreksi sehingga tidak akan sebesar tiang pancang yang bekerja sendiri. Sehingga efisiensi bisa dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

5
Dimana :

m = jumlah pancang arah y

n = jumlah pancang arah x

$$\theta = \text{arc tg } D/S = \text{arc tg } 50/125 = 21,801$$

Sehingga efisiensi tiang pancang dalam kelompok

$$efisiensi(E_s) = 1 - \text{arc} \cdot \text{tg} \frac{D}{S} \times \frac{m(n-1) + n(m-1)}{90mn}$$

Contoh perhitungan nilai efisiensi, dimana :

$$2 \text{ Jumlah baris tiang (m)} = 3$$

$$\text{Jumlah kolom tiang (n)} = 2$$

Maka nilai efisiensi tiang kelompok pada titik A6 ialah :

$$efisiensi(E_s) = 1 - \text{arc} \cdot \text{tg} \frac{D}{S} \times \frac{61}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$= 1 - \text{arc} \cdot \text{tg} \frac{60}{125} \times \frac{3(2-1) + 2(3-1)}{90 \cdot 3 \cdot 2}$$

$$= 0,717$$

Sehingga besarnya nilai daya dukung tiang kelompok dapat dihitung :

$$P_{\text{ijin grup}} = P_{\text{ijin tiang bersih}} \cdot E_g$$

$$= 220,19 \cdot 0,717$$

$$= 157,96 \text{ Ton}$$

$$\Sigma P_{\text{ijin grup}} = P_{\text{ijin grup}} \cdot 7$$

$$= 157,96 \text{ Ton} \cdot 7 = 1105,72 \text{ Ton}$$

2 7.4.4. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada suatu tiang pancang dalam kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang tersebut. Untuk menghitung besarnya gaya maksimum pada tiang dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{max}} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\text{max}}}{\Sigma x^2} + \frac{M_y \cdot Y_{\text{max}}}{\Sigma y^2} \leq P_{\text{ijin}}$$

Dimana :

P_{max} = Beban maksimum tiang pancang

ΣP = Jumlah total beban normal

n = jumlah tiang pancang rencana

M_x = Momen yang terjadi pada bidang tegak lurus sumbu (x)

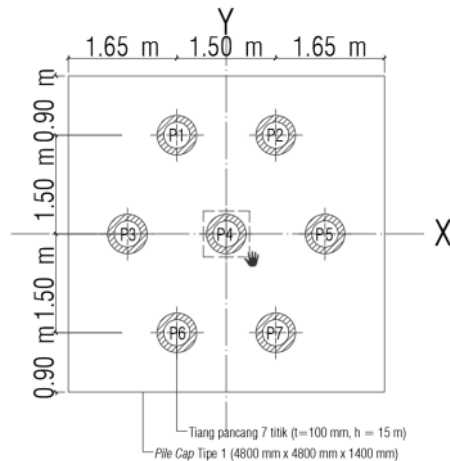
M_y = Momen yang terjadi pada bidang tegak lurus sumbu (y)

X_{max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Σx^2 = Jumlah kuadrat X

Σy^2 = Jumlah kuadrat Y



Gambar 7. 2 Pile Cap Tipe 1

Contoh Perhitungan dari Gambar 7.3 sebagai berikut :

$$X_{maks} = 1,5$$

$$Y_{maks} = 1,5$$

$$\Sigma x^2 = 3 \times 1,25 = 4,25 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 2 \times 1,25 = 3 \text{ m}^2$$

$$n = 7 \text{ titik}$$

Maka, pada 1 tiang pancang kelompok, beban yang bekerja berdasarkan jarak pancang ke sumbu netral :

$$P1 = \frac{918,58}{7} + \frac{44,51 \times 1,5}{3} - \frac{50,33 \times 1,5}{4,25} = 133,96 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{918,58}{7} + \frac{44,51 \times 1,5}{3} + \frac{50,33 \times 1,5}{4,25} = 150,74 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{918,58}{7} - \frac{44,51}{3} - \frac{50,33 \times 1,5}{4,25} = 99,61 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{918,58}{7} = 131,23 \text{ ton}$$

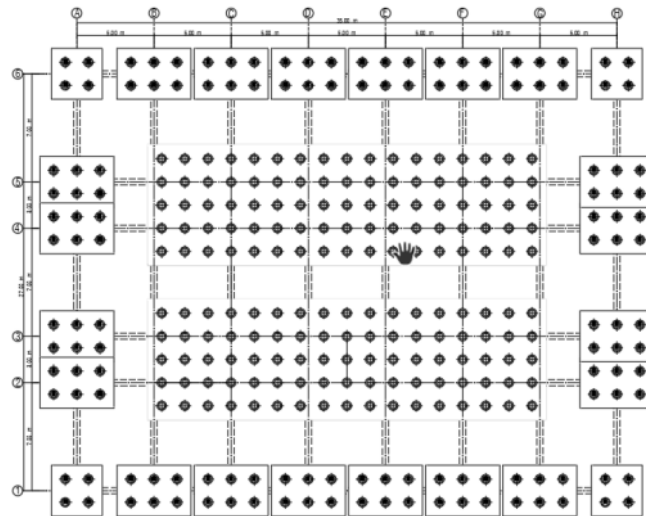
$$P5 = \frac{918,58}{7} - \frac{44,51}{3} + \frac{50,33 \times 1,5}{4,25} = 133,17 \text{ ton}$$

$$P6 = \frac{918,58}{7} - \frac{44,51 \times 1,5}{3} - \frac{50,33 \times 1,5}{4,25} = 111,71 \text{ ton}$$

$$P7 = \frac{918,58}{7} - \frac{44,51 \times 1,5}{3} + \frac{50,33 \times 1,5}{4,7} = 128,49 \text{ ton}$$

Dengan hasil perhitungan diatas, diperoleh :

$$P_2 = 150,74 \text{ ton} < P_{ijin \text{ grub}} = 157,96 \text{ ton (OK)}$$



Gambar 7. 3 Denah Rencana Pondasi

Tabel 7. 1 Nilai Beban Aksial

Titik	Beban (P) (Ton)	Titik	Beban (P) (Ton)
A1	438,73	E1	658,56
A2	580,85	E2	833,86
A3	580,49	E3	837,09
A4	580,49	E4	837,09
A5	580,85	E5	833,86
A6	438,73	E6	658,56
B1	650,12	F1	657,92
B2	815,54	F2	832,40
B3	817,28	F3	835,60
B4	817,28	F4	835,60
B5	815,54	F5	832,40
B6	650,12	F6	657,92

C1	657,92
C2	832,40
C3	835,60
C4	835,60
C5	832,40
C6	657,92
D1	658,56
D2	833,86
D3	837,09
D4	837,09
D5	833,86
D6	658,56

G1	650,12
G2	815,54
G3	817,28
G4	817,28
G5	815,54
G6	650,12
H1	438,73
H2	580,85
H3	580,49
H4	580,49
H5	580,85
H6	438,73

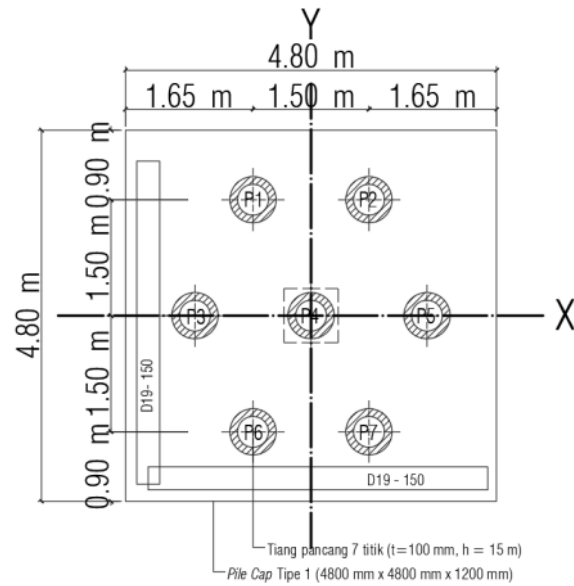
Tabel 7. 2 Hasil Kontrol Pmax Satu Tiang Pancang pada Satu Kelompok Tiang

TITIK	JUMLAH TIANG	P	Mx	My	Pmax	Σ Pijin	Kontrol
		² Ton	Ton.m	Ton.m	Ton 1	Ton 2	
E3	7	837,09	50,33	44,51	150,74	157,96	OK
D1	6	658,56	48,11	42,87	148,07	157,96	OK
H1	4	438,73	45,09	43,28	152,06	166,85	OK

7.5. Perencanaan *Pile Cap*

7.5.1. Perencanaan *Pile cap* Tipe 1

Adapun data perencanaan yang digunakan untuk perhitungan penulangan *pile cap* tipe 1 dengan jumlah 7 titik adalah sebagai berikut :



Gambar 7. 4 Pile Cap Tipe 1 (PC-1)

² Mutu beton f_c'	= 40 MPa
Mutu tulangan	= 420 Mpa
Lebar (b)	= 4800 mm
Panjang (h)	= 4800 mm
Tebal (t)	= 1200 mm
² Dimensi Kolom	= 900 x 900 mm
Dimensi Tiang Pancang	= 600 mm
Diameter Tulangan	= D19 mm
Tebal selimut (t_s)	= 75 mm
Rasio sisi panjang dan pendek kolom	
β	= $\frac{900}{900} = 1$

$$\text{Tinggi efektif arah (dx)} = 900 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 815,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif arah (dy)} = 900 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 796,5 \text{ mm}$$

✚ Kontrol Tebal *Pile Cap*

Untuk kontrol ketebalan *pile cap* digunakan cara *trial and error*. Sebagai contoh

Perhitungan pada *Pilecap* tipe 1 sebagai berikut :

$$\text{Beban aksial (P)} = 759395 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 407,88 \text{ kg/cm}^2$$

Maka,

$$\sigma_{pons} = 0,65\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,65\sqrt{407,88}$$

$$\sigma_{pons} = 12,118 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5P}{2x \cdot (b+h) \cdot h}$$

Dicoba tebal *pile cap*, $h = 100 \text{ cm}$

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5 \cdot 759395}{4 \cdot x \cdot (90+120) \cdot x \cdot 120}$$

$$12,118 \geq 11,301 \quad \text{(OK)}$$

Jadi ketebalan *pile cap* digunakan 120 cm

✚ Kontrol Geser Pondasi

Perencanaan pada tebal *pile cap* harus memenuhi ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Penampang kritis adalah pada daerah di bawah kolom, keliling penampang kritis dihitung sebagai berikut :

bo = keliling penampang kritis *pile cap*

$$= 2(bc + dx) + 2(h + dx)$$

$$= 2(900 + 815,5) + 2(900 + 815,5)$$

$$= 6862 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 22.6.5.2 untuk komponen dua arah nonprategang,

V_c diambil nilai terkecil dari persamaan berikut :

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

$$= 0,33 \cdot 1 \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5$$

$$\begin{aligned}
&= 37295361,78 \text{ N} \\
- \quad V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
&= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\
&= 57638286,38 \text{ N} \\
- \quad V_c &= 0,083 \left(\frac{a_s \times d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
&= 0,083 \left(\frac{20 \times 815,5}{6862} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\
&= 41056454,22 \text{ N}
\end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil yaitu $V_c = 37295361,78 \text{ N} = 3729,54 \text{ ton}$

Besar beban kolom yang digunakan adalah beban terbesar yang terjadi pada perencanaan, titik yang memiliki beban terbesar .

Berat tiang pancang = $A_p \cdot \gamma$ beton bertulang x L

Dimana :

$$\begin{aligned}
A_p &= \text{Luas penampang tiang} \\
&= D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,282
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L &= \text{Panjang tiang} \\
&= 15 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat tiang pancang} &= A_p \cdot \gamma \text{ beton bertulang} \times L \\
&= 0,282 \cdot 2,4 \text{ ton/m}^3 \times 15 \\
&= 10,17 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Maka untuk $\sum P_{u\text{tiang}}$ adalah :

$$\begin{aligned}
\text{Berat pada tiang pancang sendiri} &= 10,17 \text{ ton} \\
\text{Berat aksial pada kolom} &= 837,09 \text{ ton} \\
\text{Beban sendiri pile cap} &= 69,12 \text{ ton}
\end{aligned}$$

$$\frac{\quad}{\quad} + \sum P_{u_{\text{tiang}}} = 916,38 \text{ ton}$$

$$\phi V_c \geq \sum P_{u_{\text{tiang}}}$$

$$0,75 (3729,54) \geq 916,38$$

$$2797,15 \text{ ton} \geq 933,55 \text{ ton} \quad \text{(OK)}$$

7.5.1.1. Penulangan Pile Cap

✚ Syarat Batas Tulangan

Berdasarkan Tabel 8.6.1.1 SNI 2847 – 2019 rasio tulangan minimum pelat dua arah nonprategang dengan $f_y \geq 420$ Mpa ditentukan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

Rasio maksimum dihitung berdasarkan persamaan berikut :

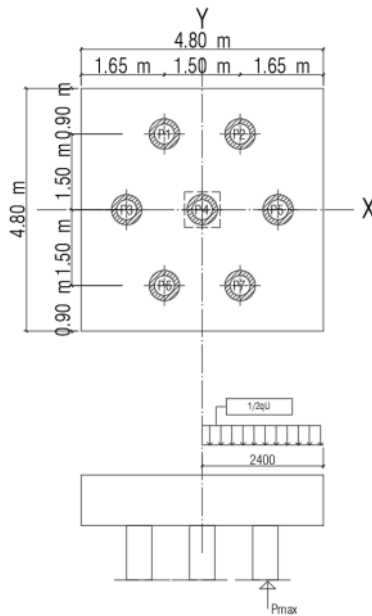
$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Dimana nilai β_1 untuk $28 \text{ Mpa} < f_c' < 55 \text{ Mpa}$ berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dihitung sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (f_c' - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 (40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,027$$



Gambar 7.5 Statika Pile Cap Tipe 1 (PC – 1)

❖ **Penulangan Arah X**

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} qu &= b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton} \\ &= 4,8 \cdot 1,2 \cdot 2,4 = 13,82 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$P_{\max} \text{ PC - 1} = 150,74 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Mu &= (P_{\max} \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2\right) \\ &= (150,74 \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 13,82 \cdot 2,4^2\right) \\ &= 640170815,85 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{640170815,85}{0,8} = 800213519,82 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$Rn = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{800213519,82}{4800 \cdot 815,5^2} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,25}{420}} \right) = 0,0006$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0006 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2

Tulangan Perlu :

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 4800 \cdot 815,5 = 7045,92 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

Direncanakan tulangan D19 – 150 mm

$$AS_{\text{pakai}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{4800}{150} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 9068,32 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{perlu}} \leq AS_{\text{pakai}} = 7045,92 \text{ mm}^2 \leq 9068,32 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

❖ Penulangan Arah Y

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} qu &= b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton} \\ &= 4,8 \cdot 1,2 \cdot 2,4 = 13,82 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$P_{\max} \text{ PC} - 1 = 150,74 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Mu &= (P_{\max} 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2 \right) \\ &= (150,74 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 13,82 \cdot 2,4^2 \right) \\ &= 640170815,85 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{640170815,85}{0,8} = 800213519,82 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$Rn = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{800213519,82}{4800 \cdot 815,5^2} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,25}{420}} \right) = 0,0006$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0006 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2 Tulangan Perlu :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 4800 \cdot 815,5 = 7045,92 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

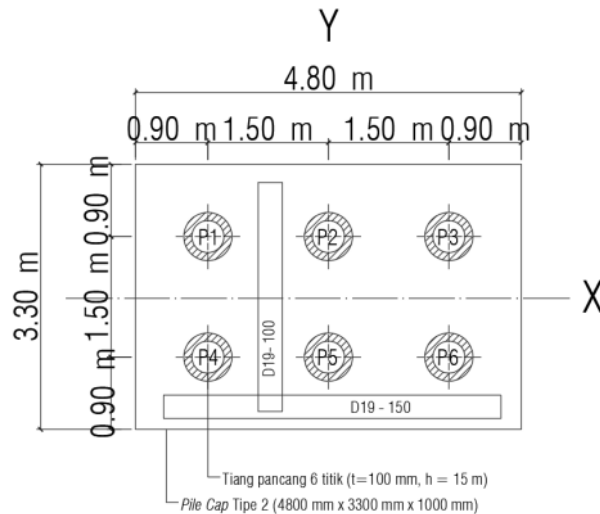
Direncanakan tulangan D19 – 150 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{4800}{150} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 9068,32 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} \leq A_{S_{\text{pakai}}} = 7045,92 \text{ mm}^2 \leq 9068,32 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

7.5.2. Perencanaan Pile cap Tipe 2

Adapun data perencanaan yang digunakan untuk perhitungan penulangan pile cap tipe 2 dengan jumlah 6 titik adalah sebagai berikut :



Gambar 7. 6 Pile Cap Tipe 2 (PC-2)

Mutu beton f_c'	= 40 MPa
Mutu tulangan	= 420 Mpa
Lebar (b)	= 4800 mm
Panjang (h)	= 3300 mm
Tebal (t)	= 1000 mm
Dimensi Kolom	= 900 x 900 mm
Dimensi Tiang Pancang	= 600 mm
Diameter Tulangan	= D19 mm
Tebal selimut (ts)	= 75 mm
Rasio sisi panjang dan pendek kolom	
β	$= \frac{900}{900} = 1$
Tinggi efektif arah (dx)	$= 900 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 815,5 \text{ mm}$
Tinggi efektif arah (dy)	$= 900 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 796,5 \text{ mm}$

🔧 Kontrol Tebal *Pile Cap*

Untuk kontrol ketebalan *pile cap* digunakan cara *trial and error*. Sebagai contoh Perhitungan pada Pilecap tipe 2 sebagai berikut :

Beban aksial (P)	= 597436 kg
Mutu beton	= 40 Mpa = 407,88 kg/cm ²

Maka,

$$\sigma_{pons} = 0,65\sqrt{\sigma_b k} = 0,65\sqrt{407,88}$$

$$\sigma_{pons} = 12,118 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5P}{2x \cdot (b+h) \cdot h}$$

Dicoba tebal pile cap, h = 100 cm

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5 \cdot 597436}{4 \cdot x \cdot (90+100) \cdot x \cdot 100}$$

$$12,118 \geq 11,791 \quad \text{(OK)}$$

Jadi ketebalan pile cap digunakan 100 cm

✚ Kontrol Geser Pondasi

Perencanaan pada tebal *pile cap* harus memenuhi ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pondasi yang terjadi. Penampang kritis adalah pada daerah di bawah kolom, keliling penampang kritis dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kritis pile cap} \\ &= 2(bc + dx) + 2(h + dx) \\ &= 2(900 + 815,5) + 2(900 + 815,5) \\ &= 6862 \text{ mm} \end{aligned}$$

¹⁸ Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 22.6.5.2 untuk komponen dua arah nonprategang,

V_c diambil nilai terkecil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} - V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 37295361,78 \text{ N} \\ - V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 57638286,38 \text{ N} \\ - V_c &= 0,083 \left(\frac{a_s x d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,083 \left(\frac{20 \times 815,5}{6862} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 41056454,22 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil yaitu $V_c = 37295361,78 \text{ N} = 3729,54 \text{ ton}$

Besar beban kolom yang digunakan adalah beban terbesar yang terjadi pada perencanaan, titik yang memiliki beban terbesar .

Berat tiang pancang = $A_p \cdot \gamma$ beton bertulang x L

Dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang tiang} \\ &= D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,282 \end{aligned}$$

L = Panjang tiang

$$= 15 \text{ m}$$

Berat tiang pancang = $A_p \cdot \gamma \text{ beton bertulang} \times L$

$$= 0,282 \cdot 2,4 \text{ ton/m}^3 \times 15$$

$$= 10,17 \text{ ton}$$

Maka untuk $\sum Pu_{\text{tiang}}$ adalah :

Berat pada tiang pancang sendiri = 10,17 ton

Berat aksial pada kolom = 658,56 ton

Beban sendiri pile cap = 39,60 ton

$$\sum Pu_{\text{tiang}} = 708,33 \text{ ton} \quad +$$

$$\phi V_c \geq \sum Pu_{\text{tiang}}$$

$$0,75 (3729,54) \geq 708,33$$

$$2797,15 \text{ ton} \geq 708,33 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7.5.2.1. Penulangan Pile Cap

Syarat Batas Tulangan

Berdasarkan Tabel 8.6.1.1 SNI 2847 – 2019 rasio tulangan minimum pelat dua arah nonprategang dengan $f_y \geq 420 \text{ Mpa}$ ditentukan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

Rasio maksimum dihitung berdasarkan persamaan berikut :

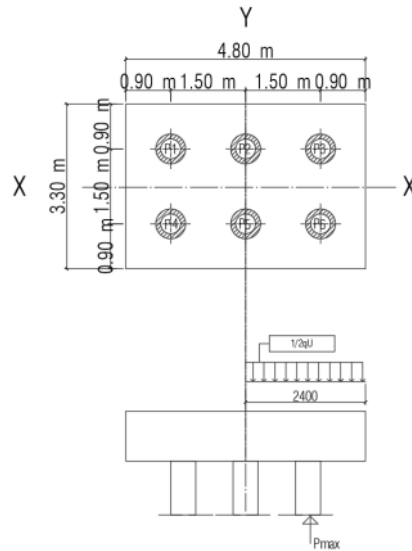
$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Dimana nilai β_1 untuk $28 \text{ Mpa} < f_{c'} < 55 \text{ Mpa}$ berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dihitung sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (f_{c'} - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 (40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,027$$



Gambar 7.7 Statika Pile Cap Tipe 2 (PC – 2)

❖ **Penulangan Arah X**

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$q_u = b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton}$$

$$= 4,8 \cdot 1,2,4 = 11,52 \text{ ton/m}$$

$$P_{\max} \text{ PC} - 1 = 148,07 \text{ Ton}$$

$$M_u = (P_{\max} \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2\right)$$

$$= (148,07 \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 11,52 \cdot 2,4^2\right)$$

$$= 698619665,88 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{698619665,88}{0,8} = 873274582,35 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ diminta}}{b \cdot d x^2} = \frac{873274582,35}{4800 \cdot 815,5^2} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,40}{420}} \right) = 0,0010$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0010 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2

Tulangan Perlu :

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 4800 \cdot 815,5 = 7045,92 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

Direncanakan tulangan D19 – 150 mm

$$AS_{\text{pakai}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{4800}{150} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 9068,32 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{perlu}} \leq AS_{\text{pakai}} = 7045,92 \text{ mm}^2 \leq 9068,32 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

❖ Penulangan Arah Y

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 4,80 \text{ m} = 4800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} qu &= b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton} \\ &= 3,3 \cdot 1 \cdot 2,4 = 7,92 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$P_{\max} \text{ PC} - 1 = 148,07 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Mu &= (P_{\max} \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2 \right) \\ &= (148,07 \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 7,92 \cdot 2,4^2 \right) \\ &= 820630082,52 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{820630082,52}{0,8} = 1025787603,15 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$Rn = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{1025787603,15}{3300 \cdot 815,5^2} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,25}{420}} \right) = 0,0011$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0011 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2 Tulangan Perlu :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 3300 \cdot 815,5 = 4844,07 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

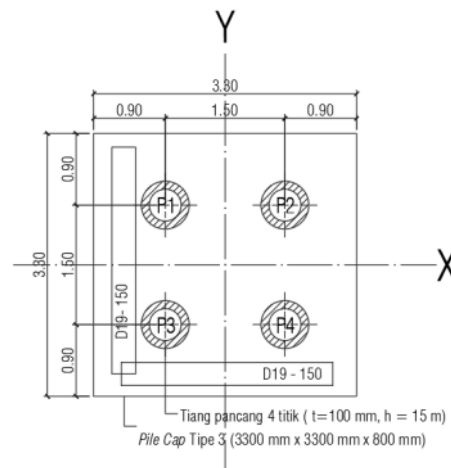
Direncanakan tulangan D19 – 100 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{3300}{100} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 9351,71 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} \leq A_{S_{\text{pakai}}} = 4844,07 \text{ mm}^2 \leq 9351,71 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

7.5.3. Perencanaan Pile cap Tipe 3

Adapun data perencanaan yang digunakan untuk perhitungan penulangan pile cap tipe 2 dengan jumlah 4 titik adalah sebagai berikut :



Gambar 7. 8 Pile Cap Tipe 3 (PC-3)

Mutu beton f_c'	= 40 MPa
Mutu tulangan	= 420 Mpa
Lebar (b)	= 3300 mm
Panjang (h)	= 3300 mm
Tebal (t)	= 800 mm
Dimensi Kolom	= 900 x 900 mm
Dimensi Tiang Pancang	= 600 mm
Diameter Tulangan	= D19 mm
Tebal selimut (ts)	= 75 mm
Rasio sisi panjang dan pendek kolom	
β	$= \frac{900}{900} = 1$
Tinggi efektif arah (dx)	$= 900 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 815,5$ mm
Tinggi efektif arah (dy)	$= 900 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 796,5$ mm

Kontrol Tebal *Pile Cap*

Untuk kontrol ketebalan *pile cap* digunakan cara *trial and error*. Sebagai contoh

Perhitungan pada Pilecap tipe 3 sebagai berikut :

$$\text{Beban aksial (P)} = 398009 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 407,88 \text{ kg/cm}^2$$

Maka,

$$\sigma_{pons} = 0,65\sqrt{\sigma_b k} = 0,65\sqrt{407,88}$$

$$\sigma_{pons} = 12,118 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5P}{2x \cdot (b+h) \cdot h}$$

Dicoba tebal pile cap, $h = 80$ cm

$$\sigma_{pons} \geq \frac{1,5 \cdot 398009}{4 \cdot x \cdot (90+80) \cdot 1800}$$

$$12,118 \geq 10,118 \quad \text{(OK)}$$

Jadi ketebalan pile cap digunakan 80 cm

✚ Kontrol Geser Pondasi

Perencanaan pada tebal *pile cap* harus memenuhi ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pondasi yang terjadi. Penampang kritis adalah pada daerah di bawah kolom, keliling penampang kritis dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kritis pile cap} \\ &= 2(bc + dx) + 2(h + dx) \\ &= 2(900 + 815,5) + 2(900 + 815,5) \\ &= 6862 \text{ mm} \end{aligned}$$

18 Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 22.6.5.2 untuk komponen dua arah nonprategang,

V_c diambil nilai terkecil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} - V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 37295361,78 \text{ N} \\ - V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 57638286,38 \text{ N} \\ - V_c &= 0,083 \left(\frac{a_s x d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,083 \left(\frac{20 \times 815,5}{6862} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 6862 \cdot 815,5 \\ &= 41056454,22 \text{ N} \end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil yaitu $V_c = 37295361,78 \text{ N} = 3729,54 \text{ ton}$

Besar beban kolom yang digunakan adalah beban terbesar yang terjadi pada perencanaan, titik yang memiliki beban terbesar .

Berat tiang pancang = $A_p \cdot \gamma$ beton bertulang x L

Dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang tiang} \\ &= D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,282 \end{aligned}$$

L = Panjang tiang

$$= 15 \text{ m}$$

Berat tiang pancang = $A_p \cdot \gamma \text{ beton bertulang} \times L$

$$= 0,282 \cdot 2,4 \text{ ton/m}^3 \times 15$$

$$= 10,17 \text{ ton}$$

Maka untuk $\sum Pu_{\text{tiang}}$ adalah :

Berat pada tiang pancang sendiri = 10,17 ton

Berat aksial pada kolom = 438,73 ton

Beban sendiri pile cap = 21,78 ton

$$\sum Pu_{\text{tiang}} = 470,68 \text{ ton} \quad +$$

$$\phi V_c \geq \sum Pu_{\text{tiang}}$$

$$0,75 (3729,54) \geq 470,68$$

$$2797,15 \text{ ton} \geq 470,68 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

7.5.3.1. Penulangan Pile Cap

Syarat Batas Tulangan

Berdasarkan Tabel 8.6.1.1 SNI 2847 – 2019 rasio tulangan minimum pelat dua arah nonprategang dengan $f_y \geq 420 \text{ Mpa}$ ditentukan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} = \frac{0,0018 \times 420}{420} = 0,0018$$

Rasio maksimum dihitung berdasarkan persamaan berikut :

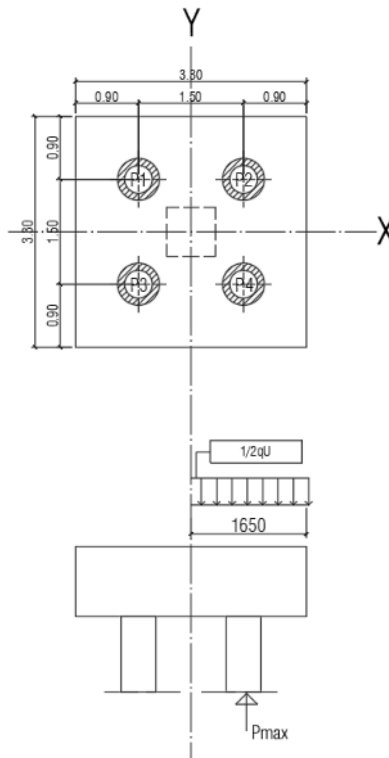
$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Dimana nilai β_1 untuk $28 \text{ Mpa} < f_{c'}' < 55 \text{ Mpa}$ berdasarkan SNI 2847 – 2019 Tabel 22.2.2.4.3 dihitung sebagai sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (f_{c'}' - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 (40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,027$$



Gambar 7.9 Statika Pile Cap Tipe 3 (PC - 3)

❖ **Penulangan Arah X**

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$qu = b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton}$$

$$= 3,3 \cdot 1 \cdot 2,4 = 6,34 \text{ ton/m}$$

$$P_{\max} \text{ PC - 1} = 152,06 \text{ Ton}$$

$$Mu = (P_{\max} \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2\right)$$

$$= (152,06 \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 6,34 \cdot 2,4^2\right)$$

$$= 1016901983,91 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{1016901983,91}{0,8} = 1271127479 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$Rn = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{1271127479}{3300 \cdot 815,5^2} = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,58}{420}} \right) = 0,0014$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0014 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2
Tulangan Perlu :

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 3300 \cdot 815,5 = 4844,07 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

Direncanakan tulangan D19 – 150 mm

$$AS_{\text{pakai}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{3300}{150} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 6234,47 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{perlu}} \leq AS_{\text{pakai}} = 4844,07 \text{ mm}^2 \leq 6234,47 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

❖ Penulangan Arah Y

Momen yang terjadi

$$\text{Panjang pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pile cap } 3,30 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} qu &= b \cdot t \cdot \gamma \text{ beton} \\ &= 3,3 \cdot 1 \cdot 2,4 = 6,34 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$P_{\max} \text{ PC} - 1 = 152,06 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Mu &= (P_{\max} \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2 \right) \\ &= (152,06 \cdot 0,625 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \cdot 6,34 \cdot 2,4^2 \right) \\ &= 1016901983,91 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{1016901983,91}{0,8} = 1271127479 \text{ Nmm}$$

Rasio Tulangan Perlu

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{Mn \text{ diminta}}{b \cdot dx^2} = \frac{1271127479}{3300 \cdot 815,5^2} = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \cdot 0,58}{420}} \right) = 0,0014$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} = 0,0014 \leq 0,0018 \leq 0,027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka yang digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$

2 Tulangan Perlu :

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 3300 \cdot 815,5 = 4844,07 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pakai :

Direncanakan tulangan D19 – 150 mm

$$AS_{\text{pakai}} = \frac{b}{s} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{3300}{150} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 6234,47 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{perlu}} \leq AS_{\text{pakai}} = 4844,07 \text{ mm}^2 \leq 6234,47 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

Makan dari perhitungan diatas penulis merencanakan 3 tipe pile cap dengan ketebalan yang berbeda untuk area interior bangunan menggunakan pile ap tipe 1, kemudian untuk daerah area tepi bangunan menggunakan pile cap tipe 2 dan untuk bagian sudut bangunan menggunakan pile cap tipe 3, dibawah ini adalah rekapitulasi tulangan yang direncanakan

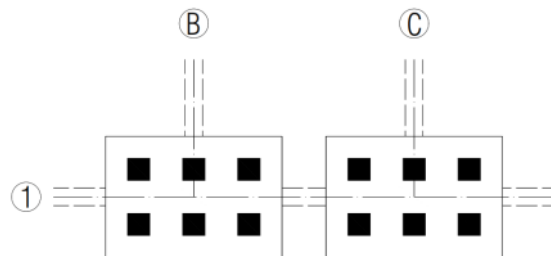
Tabel 7.3 Rekapitulasi Tulangan Pile Cap

Tipe	Tulangan Pakai				Luas		Tulangan Perlu		Kontrol Tulangan
	a				b		Luas		
									a > b
Pile Cap Tipe 1	19	-	D	150	9068	mm2	7045,92	mm2	OK
	19	-	D	150	9068	mm2	7045,92	mm2	OK
Pile Cap Tipe 2	19	-	D	150	9068,32	mm2	7045,92	mm2	OK
	19	-	D	100	9351,71	mm2	4844,07	mm2	OK
Pile Cap Tipe 3	19	-	D	150	6234,47	mm2	4844,07	mm2	OK
	19	-	D	150	6234,47	mm2	4844,07	mm2	OK

7.6. Perencanaan Sloof

7.6.1. Perencanaan Sloof Tipe S-2

Perencanaan penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial tarik dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom. Contoh perhitungan sloof dilakukan pada sloof tipe S-2 sebagaimana yang ditunjukkan denah seperti pada Gambar 7.8, data – data perencanaan sloof, yaitu seperti dibawah ini :



Gambar 7. 10 Rencana Sloof yang ditinjau

Gaya aksial dasar kolom	= 721250 Kg
Pu Sloof	= 10% . 721250 Kg = 72125 Kg = 721,25
Dimensi Sloof	= 40/60 cm
Panjang Sloof	= 7 m
Mutu Beton (f_c')	= 35 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 420 MPa
Tulangan Utama	= D22
Tulangan Geser	= D10
Selimut Beton (ts)	= 50 mm
Tinggi efektif	
d	= $h - ts - D_{geser} - 0,5D_{lentur}$
d	= $600 - 50 - 10 - 0,5 (22)$
d	= 529 mm

7.6.2. Analisa Gaya Dalam Sloof

Beban yang diterima Sloof

❖ **Beban Mati**

$$\begin{array}{rcl}
 - \text{ Berat Sendiri} & = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400 & = 576 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Berat dinding} & = 6 \cdot 250 & = 1500 \text{ Kg/m} \\
 & & \hline
 & & + \\
 & & \mathbf{qU} = 2076 \text{ Kg/m}
 \end{array}$$

❖ **Beban Ultimate**

$$\begin{array}{rcl}
 - \mathbf{qU} & = 1,4D . = 1,4 (2076) \\
 - \mathbf{qU} & = 2906,40 \text{ Kg/m}
 \end{array}$$

❖ **Gaya aksila sloof**

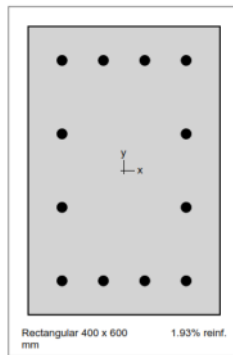
$$\begin{array}{rcl}
 \mathbf{Pu} & = 10\% \cdot \mathbf{Pu} \text{ kolom} \\
 & = 10\% \cdot 721250 = 72125 \text{ Kgm} = 721,25 \text{ kNm}
 \end{array}$$

❖ **Momen Sloof**

$$\begin{array}{rcl}
 \mathbf{Mu} & = \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 2906,40 \cdot 7^2 \\
 & = 17801,70 \text{ Kgm} = 178,01 \text{ kNm}
 \end{array}$$

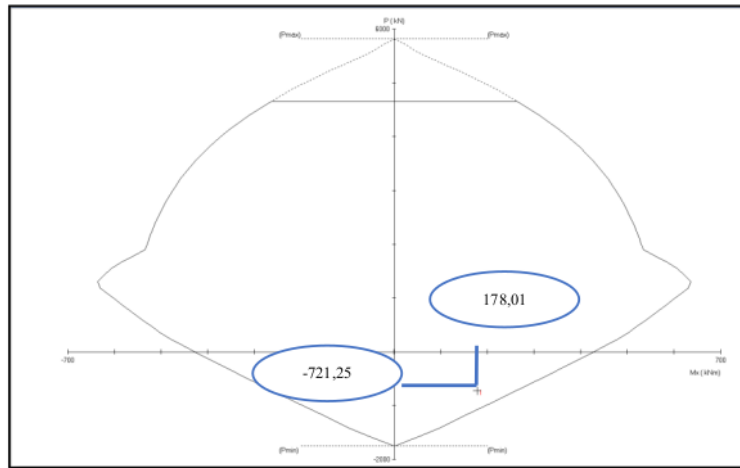
7.6.3. Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak boleh dari $0,06A_g$. Maka untuk mendapatkan konfigurasi tulangan untuk dimensi 400 x 600 mm ,maka digunakan program bantu komputer yaitu SPColumn, seperti Gambar 7.9 dibawah ini.



Gambar 7. 11 Konfigurasi Penulangan Sloof

(Sumber : Program Bantu SPColumn)



Gambar 7.12 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Sloof 40/60 cm

1
 Dari hasil menggunakan program bantu komputer SPColumn berdasarkan gaya dalam dengan dimensi menggunakan 400 x 600 mm pada Gambar 8.0, maka didapat konfigurasi penulangan 12D22. Berdasarkan konfigurasi tersebut didapat dengan rasio tulangan $\rho = 1,93\% = 0,0193$, sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06 = 0,01 < 0,0193 < 0,06$ menunjukkan bahwa telah terpenuhi.

7.6.4. Perhitungan Penulangan Geser Sloof

Perlakuan sloof sama dengan sloof, sehingga perhitungan geser sloof, untuk kekuatan geser nominal untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial maka dapat dihitung menggunakan persamaan seperti dibawah ini :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14(A_g)}\right) \cdot bd$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(1 + \frac{721250}{14(500 \cdot 700)}\right) \cdot 400 \cdot 529$$

$$V_c = 258.495,23 \text{ N}$$

7.6.5. Tulangan Geser yang Diperlukan

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (2076) \cdot 7 = 7266 \text{ Kg} = 71206,80 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$71206,80 \text{ N} < 0,75 \cdot 2584,95,23 \text{ N}$$

$$71206,80 \text{ N} < 193.871,42 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan pada penampang tidak perlu tambahan tulangan geser, maka dipasang tulangan geser praktis. Berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.13.3.2 spasi tulangan sloof tidak boleh melebihi nilai terkecil dari nilai berikut :

$$S_{\min} = \frac{h}{2} = \frac{600}{2}$$

$$S_{\min} = 300 \text{ mm}$$

Maka dikarenakan menggunakan tulangan geser D10 – 300 mm

7.6.6. Rekapitulasi Penulangan Pondasi dan Sloof

Tabel 7. 4 Rekapitulasi Penulangan Sloof

Tipe Sloof	Dimensi	Tulangan	
Sloof tipe 1	50/70 cm	Tul. Atas	12D22
		Tul. Sengkang	D10 - 350
		Selimit Beton	50 mm
Sloof tipe 2	40/60 cm	Tul. Atas	12D22
		Tul. Sengkang	D10 - 300
		Selimit Beton	50 mm

BAB VIII

56

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan pada perencanaan struktur Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di kota Depok berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2019b) & (Badan Standardisasi Nasional, 2019a) tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung dan juga tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan Penjelasan, beserta SNI 1727 – 2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727- 1989 pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung. Dari hasil perhitungan perencanaan dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

8.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik pada tugas akhir “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di kota Depok berdasarkan SNI 1726 – 2019 & SNI 2847 – 2019” diantaranya yaitu :

1. Berdasarkan kontrol pendetailan untuk hubungan balok kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.6 sampai dengan Pasal 18.8. Beserta dari hasil analisa pada hubungan balok kolom terkekang 4 balok telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.4.1. Struktur gedung Hotel Dracarys ini dapat menahan gaya geser yang terjadi pada *joint* yang terkekang oleh 4 balok dan 3 atau 2 balok.
2. Berdasarkan nilai simpangan horizontal (*drift*) yang terjadi pada struktur gedung Hotel Dracarys didapat 36,45, tidak melebihi batas dari simpangan ijin (Δ_a) = 100 mm dan juga kontrol waktu getar didapat $T_a = 1,63$ detik, tidak melebihi batas waktu getar alami pada arah X sebesar $T_r x = 2,27$ detik, pada arah Y sebesar $T_r y = 5,25$ detik. Maka dari hal ini menunjukkan bahwa perencanaan struktur gedung Hotel Dracarys mampu menahan beban gempa yang terjadi dan menjaga stabilitas lateral struktur.

3. Berdasarkan kontrol ¹⁷ *Strong Column Weak Beam* (SCWB) telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.3.2. rencana kolom kuat dengan kapasitas kolom lebih besar 1,2 balok kapasitas dengan nilai didapat $\sum M_{nc} = 7732,15$ kNm $\geq \sum M_{nb} = 1981,56$ kN telat memenuhi., maka bila terjadi gempa pada stuktur maka keruntuhan bangunan akibat dari simpangan antar lantai maka dapat meminimalisir dampak yang besar akibat gempa.

8.2. Saran

Berdasarkan dari proses analisis proses Perencanaan pada Struktur Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 lantai ² dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di kota Depok demi mendukung perkembangan rencana dan penulisan dimasa yang akan datang penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan studi lebih lanjut dalam Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 lantai pada tugas akhir ini ini dengan disarankan pembaca agar gapat melanjutkan atau merencanakan perencanaan dengan data yang sama, tetapi memiliki dinamika dengan perbedaan luas penampang, tulangan dan lain – lain.
2. Pada perencanaan bangunan, juga memikirkan untuk kemudahan dalam aplikasi pada saat dilapangan dengan itu bagi pelaksana maka dapat dengan mudah untuk menyelesaikan pekerjaan dengan baik sehingga pekerjaan menjadi lancar sesuai dengan perencanaan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ³² Badan Standardisasi Indonesia. (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. *Jakarta*, 8, 1–336.
- ⁸ Badan Standardisasi Nasional. (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Sni 1727-2013*, 196. www.bsn.go.id
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. *SNI 2847-2019*, Badan Standardisasi, Jakarta, 720.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. *SNI 1726-2019*, Badan Standardisasi, Jakarta.
- Hartini, H. (2021). Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang Pada Tanah Granular Menggunakan Metode Statis Dan Dinamis. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 10(1), 20–30. <https://doi.org/10.55340/jmi.v10i1.665>
- ³⁶ Honarto, R. J. (2019). Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2), 201–208.
- Irawan, D. (2023). Perencanaan struktur beton bertulang gedung perkantoran dir 10 lantai dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus di Kabupaten Ende. *Jurnal Axial*, 11(1), 159–174. <https://erepository.uwks.ac.id/15660/>
- ³³ Patrisko Hirel Karisoh, Servie O. Dupas, R. P. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). *Universitas Sam Ratulangi Manado*, 6(6), 1–260.
- Risnandar, R., & Ryanto, M. (2022). Bertulang Elemen Balok Dan Kolom Pada Gedung Bertingkat 10 Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. *Jurnal Axial*, 2(2).
- ² Salsabila, A. D., & Machmoed, S. P. (2023). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Dame 10 Lantai Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Di Kota Padang. *Jurnal Axial*, 11(1), 159–174.

<https://erepository.uwks.ac.id/15660/>

SNI 03 1727. (1989). SNI 03-1727-1989 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1–17.

Tiara, P., & Janggur, S. (2023). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel “HAZELTOWN” 12 Lantai Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Palu*. 225. Surabaya. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Tugas Akhir FinaL_Juan R2-19110043.pdf

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

13%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	erepository.uwks.ac.id Internet Source	7%
2	repository.its.ac.id Internet Source	2%
3	Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper	2%
4	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%
5	Submitted to Korea National Open University Student Paper	1%
6	www.scribd.com Internet Source	1%
7	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1%
8	scholar.unand.ac.id Internet Source	<1%
9	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1%

10	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
11	repository.unbari.ac.id Internet Source	<1 %
12	Submitted to itera Student Paper	<1 %
13	tekonsipil.sv.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
14	eprints.umsb.ac.id Internet Source	<1 %
15	Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta Student Paper	<1 %
16	herbycalvinpascal.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
17	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
18	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
19	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
20	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %

21	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	<1 %
22	Submitted to Clarkston Community Schools Student Paper	<1 %
23	Submitted to North South University Student Paper	<1 %
24	repository.podomorouniversity.ac.id Internet Source	<1 %
25	Rio Septian, Marlinda Poernomo, Hayu Lusianawati, Achmad Haikal. "Representasi Makna Pada Karakter "Si Delos" Dalam Maskot Pilkada Depok Tahun 2020 (Analisis Teori Semiotika Roland Barthes)", Jurnal Media Penyiaran, 2021 Publication	<1 %
26	Submitted to Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia Student Paper	<1 %
27	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
28	Submitted to University of Massachusetts - Amherst Student Paper	<1 %
29	www.yumpu.com Internet Source	<1 %

- | | | |
|----|--|------|
| 30 | repository.ub.ac.id
Internet Source | <1 % |
| 31 | Submitted to Sriwijaya University
Student Paper | <1 % |
| 32 | Yudistira Ekatama, Kasmat Saleh Nur, Mirzan Gani. "ANALISIS GAYA GESER DASAR DAN SIMPANGAN STRUKTUR GEDUNG UTAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO BERDASARKAN SNI", Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako, 2023
Publication | <1 % |
| 33 | Akbar Giynasiar Fatah, Ahmad Ridwan, Sigit Winarto. "Studi Perencanaan Bangunan Atas Gedung Permata Indah di Desa Kedung Dowo Kabupaten Nganjuk", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2020
Publication | <1 % |
| 34 | Rohmat Ilyas Kurniawan, Ahmad Ridwan, Sigit Winarto, Agata Iwan Candra. "PERENCANAAN PONDASI TIANG (Studi Kasus HOTEL MERDEKA TULUNGAGUNG)", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2019
Publication | <1 % |
| 35 | Putri Aru Anjani, Radinal Bakri, Yoga C. V. Tethool. "Structure Design Modification of DPW Nasdem Office Building using Steel Special Moment Resisting Frame", JISTECH: | <1 % |

Journal of Information Science and Technology, 2023

Publication

36

Aip Samsul Ma'rip, Telly Rosdiyani, Fitri Aida Sari. "PERENCANAAN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM PADA GEDUNG BANTEN ISLAMIC CENTER KOTA SERANG", Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE), 2023

Publication

<1 %

37

Wiratna Tri Nugraha. "PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL 5 LANTAI DKOTA BALIKPAPAN", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2021

Publication

<1 %

38

www.slideshare.net

Internet Source

<1 %

39

Irfan Fahriza, Nandang Rusmana, Nandang Budiman, Andre Julius et al. "PSYCHOLOGICAL FIRST AID (PFA) PADA ANAK-ANAK KORBAN GEMPA BUMI DI CAMP PENGUNGSIAN LAPANGAN PRAWATASI JOGLO CIANJUR", Jurnal Terapan Abdimas, 2023

Publication

<1 %

40

lib.unnes.ac.id

Internet Source

<1 %

41 M. Basyir, F. Amir, S. Maricar, I.G.M. Oka. "Perancangan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Ruko 4 Lantai Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019", REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development, 2022

Publication

<1 %

42 Submitted to Universitas Pancasila

Student Paper

<1 %

43 Iwan Rustendi, Ary Sismiani. "Studi Efisiensi Struktur Fondasi Pada Penggunaan Dinding dan Panel Lantai Beton Ringan Aerasi", Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto), 2022

Publication

<1 %

44 Kwok-Kwan LAU, Takashi KIYOTA, Masataka SHIGA, Pei-Chen HSIEH. "Investigation of soil density and fabric effect on SPT and V_s measurements using a calibration chamber", SEISAN KENKYU, 2023

Publication

<1 %

45 Mulyadi, Mulyadi. "Evaluasi geologi teknik pada pelaksanaan konstruksi terowongan saluran pengelak bendungan jragung kabupaten Semarang, Jawa Tengah",

<1 %

Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia),
2023

Publication

46

Annasir, Muhammad Abdul Malik. "Analisis value engineering pada proyek pembangunan rumah sakit ki ageng sedayu kabupaten Pekalongan", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

47

Alwin A Lerebulan, Fauzan A Sangadji, Christy Gery Buyang. "IDENTIFIKASI KRITERIA PRASYARAT GREEN BUILDING PADA GEDUNG OJK PROVINSI MALUKU", ALE Proceeding, 2023

Publication

<1 %

48

"Proceedings of the International Conference on Emerging Smart Cities (ICESC2022)", Springer Science and Business Media LLC, 2024

Publication

<1 %

49

N. Septian, G. Turuallo, I.K. Sulendra. "Kinerja Portal Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Ganda Menggunakan Metode Pushover Analysis", REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development, 2022

Publication

<1 %

50

Widya Kusmila, Mas Herni, Sari Utama Dewi. "ANALISIS STRUKTUR PELAT LANTAI BETON KONVESIONAL DAN PELAT LANTAI BONDEK (GEDUNG KULIAH FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN RADEN INTAN LAMPUNG)", JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil, 2020

Publication

<1 %

51

Eri Rihandiar, Muhammad Robby Indrawan. "KOMPARASI PERENCANAAN KONSTRUKSI SERTA RENCANA BIAYA PEMBANGUNAN GEDUNG KONSTRUKSI BETON DAN GEDUNG KONSTRUKSI BAJA KOMPOSIT", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2020

Publication

<1 %

52

Submitted to Landmark University

Student Paper

<1 %

53

Rahman, Arif. "Analisis Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP) Tarif Bus Rapid Transit (BRT) Trans Jateng Koridor Semarang-Gubug", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

54

Shabihah, Khansa. "Risiko Keuangan, Good Corporate Governance, dan Kinerja Keuangan pada Perbankan go Public di Bursa Efek Indonesia", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024

Publication

<1 %

55

Ziyan Lutfy Mubarak, Mohamad. "Analisis biaya transportasi dan tingkat pelayanan jalan dengan adanya on street parking terhadap kinerja ruas jalan KH Agus Salim", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

56

Dessy Yanti, Indra Gunawan, Endang Setyawati Hisyam. "PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN TANJUNG GUDANG BELINYU KABUPATEN BANGKA", FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil), 2018

Publication

<1 %

57

Maharani, Cheka Putri. "Sistem Pakar Untuk Deteksi Kerusakan Inkubator Bayi Dengan Metode Fuzzy Logic", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

58

Muhar Junef. "IMPLEMENTASI UNDANG-UNDANG NOMOR 32 TAHUN 2014 TENTANG KELAUTAN (STUDI KASUS PRINSIP PENCEMAR MEMBAYAR) (Implementation of The Law Number 32, Year 2014 Concerning Marine (Case Study: Principle of one who pollute must be fined)", Jurnal Penelitian Hukum De Jure, 2017

Publication

<1 %

59

Parwanti, Asnun. "Model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

60

Tanjung Rahayu. "PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 7 LANTAI", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2021

Publication

<1 %

61

van Schalkwyk, Alfonso. "Die Invloed van Geologie op die Ontwerp en Konstruksie van Groter Damhe in Suid-Afrika", University of Pretoria (South Africa), 2023

Publication

<1 %

62

Fatkurozak, Fatkhurozak. "Evaluasi kinerja desain struktur gedung ICU, PICU dan NICU RSUD Suradadi Kabupaten Tegal", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off