



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
EMPAT LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH ( SRPMM )  
DAN METODE PELAKSANAAN PELAT LANTAI**

Mahasiswa :

BAGUS RIFAUL

NRP. 3114030093

AFHAS YASER RAMADHAN

NRP. 3114030165

Dosen Pembimbing :

Ir. SRIE SUBEKTI, MT.

NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG  
DIKNAS EMPAT LANTAI DENGAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH ( SRPMM )  
DAN METODE PELAKSANAAN  
PELAT LANTAI**

Mahasiswa :

BAGUS RIFAUL

NRP. 3114030093

AFHAS YASER RAMADHAN

NRP. 3114030165

Dosen Pembimbing :

Ir. SRIE SUBEKTI, MT.

NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**BUILDING STRUCTURAL DESIGN OF EDUCATION  
OFFICE FOUR FLOOR WITH INTERMEDIATE MOMENT  
RESISTING FRAME METHOD ( SRPMM ) AND  
CONSTRUCTION OF PLATE**

Student:

BAGUS RIFAUL

NRP. 3114030093

AFHAS YASER RAMADHAN

NRP. 3114030165

Consellor Lecture :

Ir. SRIE SUBEKTI, MT.

NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS EMPAT  
LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH ( SRPMM ) DAN METODE PELAKSANAAN  
PELAT LANTAI**

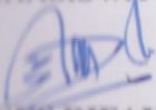
**TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Diploma Teknik Sipil  
pada

Bidang Studi Bangunan Gedung Teknik Infrastruktur Sipil  
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

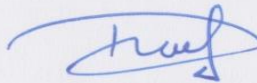
Oleh :

MAHASISWA I



**BAGUS RIFAAL**  
3114030093

MAHASISWA II



**AFHAS YASER R.**  
3114030165

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Ir. Sri SuBekti, MT**  
NIP. 19560520 198903 2 001

Surabaya, juli 2017

24 JUL 2017





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

No. Agenda :  
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 10 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Bangunan Gedung Diknas IV Lantai dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai		
Nama Mahasiswa 1	Bagus Rifaul	NRP	3114030093
Nama Mahasiswa 2	Afhas Yaser Ramadhan	NRP	3114030165
Dosen Pembimbing 1	Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	-	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
... Dirubah percht: penulangan plat .	 Ir. Boedi Wibowo, CES NIP 19530424 198203 1 002
	 Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001
-> Cac Koefisien desain seismik (KDS) berdasarkan ketentuan (SI 9rd 55) -> Perbaiki abstrak dan kesimpulan -> Cac Slab 4/ agar terevisi -> Cac gambar danah pelat	 Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001
	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Ir. Boedi Wibowo, CES NIP 19530424 198203 1 002	 Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001	 Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1 	Dosen Pembimbing 2
--	------------------------	--------------------







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

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Bagus Rifaul 2 Afhas Yaser R.  
 NRP : 1 3114030093 2 3114030165  
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Bangunan Gedung Diknas 1 Lantai Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai  
 Dosen Pembimbing : Bu Ir. Subekti

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	27-04-2017	Gambar pada perhitungan ditambahkan cek prelin mencukupi tidak				
7.	02-06-2017	cek momen geser lapangan Tulangan sengkang & kaki? kolom, RA COL, Gambar? <i>keangkeran' perku' bangunan sengkang gambar di print</i>		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	06-06-2017	Penulangan pelat <del>1</del> pertama <sup>bentang</sup> perdek Detail tulangan ditambah <del>keterangan</del>		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	16-06-2017	Detail sambungan kolom dan balok - Zoom detail sambungan kolom dan balok, - Sambungan balok pada momen nol. - Tambahan pada soal slump buat benda uji silinder. - Cari SNI Hg hubungan volume cor dgn benda uji - Cari Kapan harus berhenti cor plat.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	07-07-2017	Layout, elevasi, font, petangan, kolom 2, gambar penulangan pelat, penulangan kolom				

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





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

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Bagus Ryaul 2 Affas Yaser R.  
**NRP** : 1 3114030093 2 3114030165  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Bangunan Gedung Diknas 10 Lantai dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai  
**Dosen Pembimbing** : Bu Ir. Sri Subekti

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan			
1.	23-02-2017	Peraturan tentang bentuk bangunan					
		tidak beraturan					
		Daerah diperbaiki			B	C	K
		Balok Induk 2 macam		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Pembebanan dicek lagi					
2.	16-03-2017	Daerah pelat, Daerah Pembalokan					
		Tulangan geser < tulangan lentur			B	C	K
		Perubahan untuk beban dinding		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Perbaiki sloof					
		Menjaga gambar perhitungan					
3.	20-03-2017	Kolom Perbaiki			B	C	K
		Prelim balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Bata ringan					
		Penjelasan hb pada pelat					
		Daerah kolom			B	C	K
		Daerah sloof, Daerah pelat		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.	03-04-2017	Tulisan diperbesar					
		Balok Induk & balok anak dipakainya					
5.	17-04-2017	Gambar portal pada beban gempa			B	C	K
		cek beban mati struktur, tambah keterangan gbr		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Keterangan pelat, tulangan dibantu					

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

**PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS EMPAT  
LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH ( SRPMM )DAN METODE PELAKSANAAN  
PELAT LANTAI**

**Nama Mahasiswa 1 : Bagus Rifaul**  
**NRP Mahasiswa 1 : 3114030093**  
**Nama Mahasiswa 2 : Afhas Yaser Ramadhan**  
**NRP Mahasiswa 2 : 3114030165**  
**Program Studi : Teknik Infrastruktur Sipil**  
**Bidang Studi : Bangunan Gedung**  
**Dosen pembimbing : Ir. Srie Subekti, MT**  
**NIP : 19560520 198903 2 001**

**ABSTRAK**

Perencanaan struktur bangunan terutama bangunan gedung bertingkat memerlukan suatu analisis struktur yang mengarah pada perencanaan bangunan tahan gempa. Dalam tugas akhir terapan ini, penulis mempelajari bagaimana merancang elemen-elemen struktur pada bangunan Gedung Diknas Empat Lantai agar gedung tersebut mampu mendukung beban-beban yang bekerja Gedung Diknas Empat Lantai merupakan gedung yang memiliki 3 lantai. Gedung ini direncanakan dengan daktilitas penuh dan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Pada penulisan tugas akhir ini penulis merancang pelat atap, tangga, pelat lantai, balok, serta kolom sebagai elemen struktur atas dan sloof untuk struktur bawah. Beban-beban yang dianalisis meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Perancangan dilakukan dengan konsep desain kapasitas yang mengacu pada SNI 03-2847-2013. Struktur direncanakan dengan menggunakan SAP 2000 dengan tinjauan 3 dimensi. Hasil perencanaan struktur yang diperoleh pada tugas-

akhir ini berupa dimensi dimensi tangga, dimensi struktur pelat, balok, kolom, dan penulangannya yaitu jumlah tulangan, dimensi tulangan, dan spasi tulangan.

Ketentuan-ketentuan dan prinsip-prinsip ditetapkan sesuai peraturan-peraturan yang berlaku. Secara garis besar tahapan perencanaan struktur diawali dengan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk perencanaan dan juga data pembebanan seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa ataupun kombinasi dari beban-beban tersebut, setelah itu dapat dilakukan perhitungan-perhitungan analisis struktur dan desain struktur. Dalam menganalisa struktur perhitungan beban dan gaya-gaya dalam pada perencanaan struktur gedung ini dilakukan dengan program SAP 2000. Hasil akhir dari penulisan ini adalah mengetahui akibat pengaruh gempa rencana terhadap struktur dan merencanakan serta menginterpretasikan ke dalam gambar rencana, berupa detail penulangan dari elemen-elemen struktur dan pendetailan sambungan balok-kolom. Selain itu pada Tugas Akhir Terapan ini juga mencantumkan metode pelaksanaan pelat.

Dari penyusunan tugas akhir terapan ini diperoleh laporan hasil perhitungan struktur bangunan kantor diknas yang mampu menahan gaya-gaya yang dipikul bangunan. Dari perhitungan pelat didapatkan tebal pelat lantai = 12 cm, untuk balok induk lantai dua dengan dimensi 40/60 cm didapatkan tulangan lentur sebanyak 6 D22 dan pada tulangan kolom didapat tulangan lentur sebanyak 8 D22. Selain itu disertakan perhitungan volume tulangan pada pelat lantai dua sebesar  $102,31 \text{ m}^3$  serta rasio volume tulangan pada pelat lantai dua sebesar  $204,54 \text{ kg/m}^3$ . Dalam laporan tugas akhir terapan juga merencanakan metode pelaksanaan pada pelat lantai.

**Kata Kunci : Bangunan Gedung, Bangunan Diknas Empat Lantai, SRPMM**

# **BUILDING STRUCTURAL DESIGN OF EDUCATION OFFICE FOUR FLOOR WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME METHOD ( SRPMM ) AND CONSTRUCTION OF PLATE**

**Student Name 1 : Bagus Rifaul**  
**NRP : 3114030093**  
**Student Name 2 : Afhas Yaser Ramadhan**  
**NRP : 3114030165**  
**Major : Civil Infrastruktur Engineering**  
**Department**  
**Consellor Lecture : Ir. Srie Subekti, MT**  
**NIP : 19560520 198903 2 001**

## **ABSTRACT**

*Building structural design, especially high rise buildings requires structure analysis that leads to earthquake resistant building design. From this final assignment, the writer learn how to design the structural elements of education building that consist of four floors which able to support the work loads of 3 floors above it. The building was designed with full ductility and used Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM). In this thesis, the authors were asked to design the slab for roof and floor under it, stairs, beams, and columns as upper structure elements and sloof as the bottom structure. The analyzed loads composed of dead load, live load, and earthquake load. Design capacity concept were used, and it's refered to SNI 03-2847-2013. It was designed using SAP 2000 program with 3 dimensional views. The result obtained from this task are the dimension of ladder, slab, beam, column, and it's reinforcement;*

*number of bar needed, the bar dimension, and the space needed between bar.*

*The terms and principles are stipulated in accordance with applicable regulations. Broadly speaking, structure's design begins with the collected data for design it, also load data such as dead load, live load, wind load, earthquake load or combination of these loads, which its structural analysis and the design can be calculated after. The result of it, is to know the dynamic response due to the planned earthquake effect on the structure and design while interpret it into a drawing plan, in the form of detail repetition of the elements structure reinforcement and detailed beam-column connection. In addition, it also includes construction of slab.*

*From the final assignment is obtained report of the calculation of the structure of the education office building able to withstand the style that bears the building. From plate calculation found thick plate of floor = 12cm, for second floor beam with dimension 40/60 cm got bending reinforcement as much as 6 D22 and on column reinforcement obtained by bending reinforcement as much as 8D22. in addition, the calculation of the volume of reinforcement on the second floor plate of 102.31 m<sup>3</sup> and the ratio of reinforcing volume on the second floor plate of 204.54 kg / m<sup>3</sup>. In the final assignment report also plan the construction of plate.*

**Keywords : Building Structures, Education Office Building Four Floor, Intermediate Moment Resisting Frame Method**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya, kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Perencanaan Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ( SRPMM ) dan Metode Pelaksanaan Pelat.**

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

1. Kedua orang tua dan saudara – saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materiil, serta doanya.
2. Ibu Ir. Srie Subekti, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir terapan.
3. Teman – teman angkatan yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran – saran yang telah diberikan ini.

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

Surabaya, 08 juli 2017,

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR NOTASI .....	xix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang .....	1
1.1. Rumusan Masalah .....	2
1.2. Batasan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Manfaat .....	4
1.5. Data Bangunan.....	4
1.5.1. Data Awal.....	4
1.5.2. Data Perubahan .....	5
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7

2.1.	Sistem Penahan Gaya Gempa .....	7
2.2	Sistem Rangka Pemikul Momen .....	9
2.3.	Ketentuan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.....	9
2.3.1.	Detail Tulangan .....	9
2.3.2.	Kekuatan Geser .....	10
2.3.3.	Balok .....	11
2.3.4.	Kolom.....	12
2.3.5.	Pelat.....	15
BAB III.....		17
METODOLOGI .....		17
3.1.	Pengumpulan Data .....	18
3.2.	Perencanaan Dimensi Struktur .....	18
3.2.1.	Menentukan Tebal Pelat ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 ).....	19
3.2.2.	Menentukan Dimensi Tangga ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 ).....	19
3.2.3.	Menentukan Dimensi Balok ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 ).....	20
3.2.4.	Menentukan Dimensi Kolom ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 ).....	20
3.3.	Analisa Pembebanan .....	20
3.4.	Analisa Struktur.....	29
3.5.	Analisa Gaya Dalam.....	30

3.6.	Perhitungan Tulangan .....	31
3.6.1.	Metodologi Perhitungan Tulangan Pelat .....	31
3.6.2.	Metodologi Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes .....	32
3.6.3.	Metodologi Perhitungan Tulangan Lentur Balok.....	32
3.6.4.	Metodologi Perhitungan Tulangan Geser Balok .....	34
3.6.5.	Metodologi Perhitungan Torsi Balok .....	36
3.6.6.	Metodologi Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	37
3.6.7.	Metodologi Perhitungan Tulangan Kolom.....	38
3.7.	Gambar Perencanaan.....	40
3.8.	Flow Chart.....	41
4.8.1.	Langkah-langkah dalam Perencanaan Struktur Bangunan.....	41
3.8.2.	Gempa .....	43
3.8.3.	Pelat Lantai.....	45
3.8.4.	Pelat Tangga dan Bordes.....	47
3.8.5.	Balok Lentur.....	49
3.8.6.	Balok Geser .....	51
3.8.7.	Kolom Lentur .....	53
3.8.8.	Kolom Geser .....	57
3.9.	Jadwal Penyusunan Tugas Akhir Terapan .....	59
BAB IV .....		61
ANALISA DAN PEMBEBANAN .....		61
4.1	Perencanaan Dimensi Struktur.....	61

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok .....	61
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom.....	68
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof .....	69
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat.....	73
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga.....	78
4.2 Perhitungan Struktur.....	81
4.2.1 Pembebanan Struktur.....	81
4.2.2 Perhitungan Pelat Lantai .....	106
4.2.3 Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes .....	138
4.2.4 Perhitungan Balok.....	150
4.2.5 Perhitungan Kolom.....	370
4.2.6 Rekapitulasi Penulangan.....	398
4.3 Metode Pelaksanaan Pelat Lantai .....	404
BAB V .....	411
PENUTUP .....	411
5.1 Kesimpulan .....	411
5.2 Saran.....	417
DAFTAR PUSTAKA.....	419
LAMPIRAN .....	421
BIODATA PENULIS.....	429

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Geser desain untuk rangka momen menengah*
- Gambar 3.1 Koefisien tekanan dinding SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1*
- Gambar 3.2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (S<sub>s</sub>) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun*
- Gambar 3.2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 detik (S<sub>I</sub>) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun*
- Gambar 3.3 Spektrum Respons Desain*
- Gambar 3.4 Faktor Panjang Efektif k*
- Gambar 4.1.1.1 Denah Perencanaan Balok BI – 1*
- Gambar 4.1.1.2 Gambar Rencana BI-1*
- Gambar 4.1.1.3 Denah Perencanaan Balok BI – 2*
- Gambar 4.1.1.4 Gambar Rencana BI-2*
- Gambar 4.1.1.5 Denah Perencanaan Balok BA – 1*
- Gambar 4.1.1.6 Gambar Rencana BA-1*
- Gambar 4.1.1.7 Denah Perencanaan Balok BA – 2*
- Gambar 4.1.1.8 Gambar Rencana BA-2*
- Gambar 4.1.2.1 Rencana Denah Kolom*
- Gambar 4.1.2.2 Rencana Rencana Kolom 40/60*
- Gambar 4.1.3.1 Rencana Denah Sloof S-1*
- Gambar 4.1.3.2 Rencana Rencana Sloof S-1 35/50*
- Gambar 4.1.3.3 Rencana Denah Sloof S-2*
- Gambar 4.1.3.4 Rencana Rencana Sloof S-2 30/45*
- Gambar 4.1.5.1 Rencana Denah Tangga*
- Gambar 4.2.1.4.1 Kategori Resiko Bangunan*

*Gambar 4.2.1.4.2 Prakiran cuaca provinsi jawa timur  
(sumber : meteo.bmkg.go.id)*

*Gambar 4.2.3.1.1 Momen Pelat Tangga Arah Y*

*Gambar 4.2.3.1.2 Momen Pelat Tangga Arah X*

*Gambar 4.2.3.2.1 Momen Pelat Bordes Arah Y*

*Gambar 4.2.3.2.2 Momen Pelat Bordes Arah X*

*Gambar 4.2.4.1.1 Momen Puntir Balok Bordes*

*Gambar 4.2.4.1.2 Momen Lapangan Balok Bordes*

*Gambar 4.2.4.1.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Bordes*

*Gambar 4.2.4.1.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Bordes*

*Gambar 4.2.4.1.5 Gaya Geser Balok Bordes*

*Gambar 4.2.4.2.1 Momen Puntir Balok Sloof 35/50*

*Gambar 4.2.4.2.2 Momen Lapangan Balok Sloof 35/50*

*Gambar 4.2.4.2.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Sloof 35/50*

*Gambar 4.2.4.2.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Sloof 35/50*

*Gambar 4.2.4.2.5 Gaya Geser Balok Sloof 35/50*

*Gambar 4.2.4.3.1 Momen Puntir Balok Sloof 30/45*

*Gambar 4.2.4.3.2 Momen Lapangan Balok Sloof 30/45*

*Gambar 4.2.4.3.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Sloof 30/45*

*Gambar 4.2.4.3.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Sloof 30/45*

*Gambar 4.2.4.3.5 Gaya Geser Balok Sloof 30/45*

*Gambar 4.2.4.4.1 Momen Puntir Balok Induk 40/60*

*Gambar 4.2.4.4.2 Momen Lapangan Balok Induk 40/60*

*Gambar 4.2.4.4.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 40/60*

*Gambar 4.2.4.4.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 40/60*

*Gambar 4.2.4.4.5 Gaya Geser Balok Induk 40/60*

*Gambar 4.2.4.5.1 Momen Puntir Balok Induk 20/30*

*Gambar 4.2.4.5.2 Momen Lapangan Balok Induk 20/30*

*Gambar 4.2.4.5.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 20/30*

*Gambar 4.2.4.5.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 20/30*



*Gambar 4.2.4.5.5 Gaya Geser Balok Induk 20/30*  
*Gambar 4.2.4.6.1 Momen Puntir Balok Anak 25/35*  
*Gambar 4.2.4.6.2 Momen Lapangan Balok Anak 40/60*  
*Gambar 4.2.4.6.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Anak 25/35*  
*Gambar 4.2.4.6.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Anak 25/35*  
*Gambar 4.2.4.6.5 Gaya Geser Balok Anak 25/35*  
*Gambar 4.2.4.7.1 Momen Puntir Balok Anak 15/20*  
*Gambar 4.2.4.7.2 Momen Lapangan Balok Anak 15/20*  
*Gambar 4.2.4.7.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Anak 15/20*  
*Gambar 4.2.4.7.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Anak 15/20*  
*Gambar 4.2.4.7.5 Gaya Geser Balok Anak 15/20*  
*Gambar 4.2.5.1 faktor panjang efektif k rangka bergoyang*  
*Gambar 4.2.5.2 Diagram interaksi kolom*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR TABEL**

<i>Tabel 3.1.</i>	<i>Kategori Resiko Gempa</i>
<i>Tabel 3.2.</i>	<i>Faktor Keutamaan Gempa</i>
<i>Tabel 3.3.</i>	<i>Klasifikasi Situs</i>
<i>Tabel 3.4.</i>	<i>Koefisien Situs <math>F_a</math></i>
<i>Tabel 3.5.</i>	<i>Koefisien Situs <math>F_v</math></i>
<i>Tabel 3.6.</i>	<i>Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek</i>
<i>Tabel 3.7.</i>	<i>Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik</i>
<i>Tabel 3.8.</i>	<i>Faktor Reduksi Gempa</i>
<i>Tabel 4.2.1.5</i>	<i>Nilai Parameter Perioda <math>C_t</math> dan <math>\alpha</math></i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR NOTASI

Acp	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton ( $\text{mm}^2$ ).
Ag	= Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ ).
An	= Luas bersih penampang ( $\text{mm}^2$ ).
Ao	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser ( $\text{mm}^2$ ).
As	= Luas tulangan tarik non prategang ( $\text{mm}^2$ ).
As'	= Luas tulangan tekan non prategang ( $\text{mm}^2$ ).
Ay	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s ayau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi ( $\text{mm}^2$ ).
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur ( $\text{mm}^2$ ).
bo	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi ( mm ).
bw	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat ( mm ).
C	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral ( mm ).
Cc'	= Gaya pada tulangan tekan.
Cs'	= Gaya tekan pada beton.
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik ( mm ).
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan ( mm ).
db	= Diameter nominal batang tulangan,kawat atau strand prategang ( mm ).

D	= Beban mati atau momen dangaya dalam yang berhubungan dengan beban mati.
e	= Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau setapak pondasi.
ex	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x.
ey	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y.
Ex	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa x.
Ey	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa y.
Ec	= Modulus elastisitas beton ( Mpa ).
lb	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok.
lp	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat.
fc'	= Kuat tekan beton yang diisyaratkan ( Mpa ).
fy	= Kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non prategang ( Mpa ).
fvy	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal ( Mpa ).
h	= Tinggi total dari penampang.
Mu	= Momen terfaktor dari penampang.
Mnc	= Kekuatan momen nominal untuk alok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm).
Mn	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja.
M1	= Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur

	melengkung dengan kelengkungan ganda ( Nmm ).
M2	= Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif ( Nmm ).
M1ns	= Nilai yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat bebanyang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analis konvensional ( orde pertama ). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm).
M2ns	= Nilai yang lebih besar dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat bebanyang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analis rangka elastis konvensional ( Nmm ).
Nu	= Beban aksial terfaktor.
Pcp	= Keliling luar penampang beton ( mm ).
Pb	= Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang ( N ).
Pc	= Beban kritis ( N ).
Pu	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan ( N ).
S	= Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan ( N ).
Tn	= Kuat momen torsi nominal ( Nmm ).

$T_u$	= Momen torsi terfaktor pada penampang ( Nmm ).
$V_c$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.
$V_s$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser ( N ).
$x$	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang.
$\beta$	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.
$\beta_p$	= Faktor yang digunakan untuk menghitung $V_c$ dalam slab prategang.
$\delta^{ns}$	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung – ujung komponen struktur tekan.
$\delta^s$	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Dalam suatu perencanaan bangunan gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa aspek diantaranya kekuatan, estetika, dan ekonomis. Dalam merencanakan suatu bangunan bertingkat baik itu bangunan tingkat rendah maupun bangunan tingkat tinggi dari segi struktur perlu pertimbangan yang matang, terutama pada pembebanan gempa.

Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasific. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan dengan Pasifik di utara Irian dan Maluku utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi sehingga lepas berupa gempa bumi.

Berdasarkan kuat gempa yang terjadi, adanya sistem metode perhitungan struktur yang dapat mengakomodasi bangunan seperti yang terdapat pada SNI beton 2847-2013 agar bangunan mampu mengatasi semua beban yang terjadi, termasuk beban gempa dan mampu menahan goyangan struktur terutama beban lateral gempa dan juga menitik beratkan kegagalan struktur akibat keruntuhan geser.

Gaya gempa berdasarkan KDS ( Kategori Desain Seismik ) masing – masing daerah terbagi menjadi tiga sistem rangka pemikul momen, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa ( SRPMB ) untuk KDS A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ( SRPMM ) untuk KDS C, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus ( SRPMK ) untuk KDS D, E dan F.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini Gedung Diknas Empat Lantai akan direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ( SRPMM ) yang mampu memikul beban gempa dengan probabilitas keruntuhan bangunan 2% dalam 50 tahun. Namun pada struktur yang semula terdiri dari 3 lantai di dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini di tambah satu lantai menjadi 4 lantai karena di dalam persyaratan Program Studi Diploma Teknik Sipil ITS dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan yang diperbolehkan adalah bangunan 4-6 lantai.

### **1.1. Rumusan Masalah**

Pada perhitungan struktur Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Pasuruan terdapat permasalahan yang perlu diperhatikan diantaranya :

1. Bagaimana merencanakan dimensi dari struktur Gedung Diknas Empat lantai dengan struktur yang terdiri dari empat lantai dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ( SRPMM )?

2. Bagaimana cara merencanakan struktur Gedung Diknas Empat Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ?
3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan struktur ke dalam gambar teknik ?
4. Bagaimana pelaksanaan konstruksi pelat lantai dilapangan ?

## **1.2. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perhitungan struktur Gedung Diknas Empat Lantai ini, antara lain :

1. Perhitungan hanya dilakukan pada 2 portal yang telah ditentukan yaitu portal memanjang as tengah dan portal melintang as tengah karena lebih memfokuskan pada kebenaran perhitungan kebutuhan tulangan lentur, geser manfaat dari dan torsi pada balok dan kolom, dari pada kuantitas hitungan, namun kenyataannya pada perhitungan struktur bangunan semua portal harus dihitung.
2. Analisa beban gempa dilakukan dengan metode analisa statik ekuivalen berdasarkan peraturan gempa di Indonesia (SNI 1726-2012)
3. Perencanaan gedung ini tidak menghitung pondasi.
4. Perencanaan gedung ini tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir Terapan ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur atas ( meliputi : pelat, tangga, kolom, dan balok ) dan struktur bawah (meliputi : sloof).
2. Pendetailan perencanaan gaya – gaya dalam dan perhitungan penulangan.
3. Menyajikan detail perhitungan struktur ke dalam gambar teknik.
4. Mengetahui metode pelaksanaan pelat pada bangunan Diknas Empat Lantai

### **1.4. Manfaat**

Manfaat pembuatan Tugas Akhir Terapan ini adalah mendapatkan suatu desain struktur yang mampu menahan gaya gempa KDS ( Kategori Desain Seismik ) C atau gempa sedang ( meliputi perhitungan struktur atas, struktur bawah dan gambar teknik ), sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan referensi perencanaan perhitungan struktur. Selain itu juga dapat mengetahui metode pelaksanaan pelat pada Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai.

### **1.5. Data Bangunan**

#### **1.5.1. Data Awal**

##### **a) Data Umum Perencanaan.**

Sebagai dasar dalam merencanakan struktur Bangunan Diknas Empat Lantai ini diperlukan data – data awal perencanaan. Dari data – data perencanaan tersebut kemudian dilakukan

beberapa perubahan. Data – data perencanaan yang diperlukan akan diuraikan sebagai berikut :

➤ **Data Umum Bangunan**

Nama Gedung : Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Pasuruan

Lokasi : Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9, Bangil – Pasuruan.

Luas Bangunan : 2.998,80 m<sup>2</sup>

Tinggi Bangunan : 12 m

➤ **Data Bahan Bangunan yang Digunakan :**

Mutu Beton : 30 Mpa

Mutu Tulangan Lentur : 240 Mpa dan 400 Mpa

Mutu Tulangan Geser : 240 Mpa

**b) Gambar Struktur Bangunan**

Gambar struktur bangunan digunakan sebagai acuan awal perencanaan sebelum dilakukan perubahan dapat dilihat sebagaimana terlampir.

**1.5.2. Data Perubahan**

**1.6.2.1 Data Awal**

Nama Gedung : Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Pasuruan

Lokasi :Komplek Perkantoran  
Raci – Bangil Jl. Raci  
Km 9, Bangil –  
Pasuruan.  
Luas Bangunan : 2.998,80 m<sup>2</sup>  
Tinggi Bangunan : 12 m  
Jumlah lantai : 3 lantai

### **1.6.2.2 Data Perubahan**

Nama Gedung :Bangunan Gedung  
Diknas Empat Lantai  
Lokasi :Komplek Perkantoran  
Raci – Bangil Jl. Raci  
Km 9, Bangil –  
Pasuruan.  
Luas Bangunan : 3.998.40 m<sup>2</sup>  
Tinggi Bangunan : 16 m  
Jumlah lantai : 4 lantai

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada struktur Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai ini menggunakan metode SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) agar memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan oleh sebuah gedung. Perhitungan struktur bangunan Gedung Diknas Empat Lantai mengacu pada peraturan sebagai berikut:

1. Peraturan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013)
2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2012)
3. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

#### **2.1. Sistem Penahan Gaya Gempa**

Dalam perhitungan gaya gempa, struktur harus direncanakan sesuai kategori desain seismic (KDS) masing-masing daerah dan setelah itu akan diketahui bangunan tersebut mampu menahan gaya gempa atau tidak sesuai dengan SNI 1726-2012.

Ada empat macam tipe sistem struktur yang berfungsi meningkatkan ketahanan bangunan terhadap beban gempa yaitu:

1. Rangka pemikul momen (*momen resisting frame*)

Rangka pemikul momen adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur geser dan aksial. Sistem ini terdiri dari tiga jenis, yaitu: rangka pemikul momen biasa, rangka pemikul momen menengah, dan rangka pemikul momen khusus. Fungsi dan penggunaan ketiga rangka pemikul tersebut tergantung dari resiko gempa di wilayah struktur berada.

2. Portal dinding (*walled frame*)

Portal dinding adalah dinding luar gedung yang ditujukan untuk bekerja sebagai balok dan kolom serta menahan gaya gempa. Sistem struktur ini berfungsi mengendalikan simpangan antar tingkat yang berlebihan akibat pembebanan gempa.

3. Rangka bresing (*Braced frame*)

Rangka bresing biasa disebut juga rangka berpengaku terdiri dari balok atau kolom ditambah dengan *diagonal bracing*. Aplikasi dari sistem ini sangat banyak ditemui pada kayu dan baja tetapi sedikit sekali diterapkan pada bangunan beton.

4. Dinding geser (Shear Wall)

Dinding geser adalah salah satu elemen struktur berupa dinding vertikal menerus dari beton bertulang yang memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai pemikul



beban gravitasi dan beban lateral. Secara struktural dinding geser dapat dianggap sebagai balok kantilever vertikal yang terjepit bagian bawahnya pada pondasi atau basemen.

## **2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen**

Sistem Rangka Pemikul Momen adalah Sistem rangka ruang dimana komponen komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Dengan adanya sistem ini diharapkan suatu bangunan dapat membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.

Pada perencanaan Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan dalam pembuatan proposal tugas akhir ini perhitungan untuk Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai menggunakan software SAP 2000 dan perhitungan gaya gempa yang bekerja pada bangunan menggunakan metode statik ekuivalen.

## **2.3. Ketentuan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah**

Dalam merencanakan struktur Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai digunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan harus memenuhi SNI 2847-2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

### **2.3.1. Detail Tulangan**

Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi pasal 21.3.4 (SNI 2847-

2013) bila gaya tekan aksial terfaktor ,  $P_u$ , untuk komponen struktur yang tidak melebihi  $A_g f'_c/10$ . Bila  $P_u$  lebih besar, detail tulangan rangka harus memenuhi pasal 21.3.5 (SNI 2847-2013).

### 2.3.2. Kekuatan Geser

**Pasal 21.3.1.1** (SNI 2847-2013)  $\phi V_n$  balok yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):

- (a) Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan  $M_n$  balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor
- (b) Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan  $E$ , dengan  $E$  diasumsikan sebesar dua kali yang yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

**Pasal 21.3.1.2** (SNI 2847-2013)  $\phi V_n$  kolom yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):

- (a) Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk

gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.

- (b) Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan  $E$ , dengan  $E$  ditingkatkan oleh  $\Omega_o$ .

### 2.3.3. Balok

#### **Pasal 21.3.4.1** (SNI 2847-2013)

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

**Pasal 21.3.4.1** (SNI 2847-2013) Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari  $2h$  diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d) :

(a)  $d/4$

(b) Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi

(c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang

(d) 300 mm.

**Pasal 21.3.4.2** (SNI 2847-2013)

Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

#### **2.3.4. Kolom**

**Pasal 21.3.4.2** Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan

7.10.4(SNI 2847-2013) atau harus memenuhi

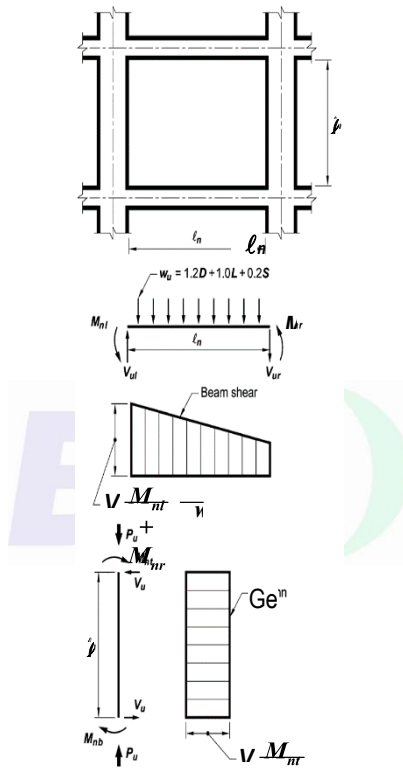
**Pasal 21.3.4.2** hingga 21.3.5.4. Subpasal

21.3.5.5 (SNI 2847-2013) berlaku untuk semua

kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom

yang menumpu komponen struktur kaku tak

menerus.



*Gambar 2.1 - Geser desain untuk rangka momen menengah*

**Pasal 21.3.5.2** Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$  sepanjang panjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d):

- (a) Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
- (b) 24 kali diameter batang tulangan begel;
- (c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil;
- (d) 300 mm.

Panjang  $\ell_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (e), (f), dan (g):

- (a) Seperenam bentang bersih kolom;
- (b) Dimensi penampang maksimum kolom; 450 mm.

**Pasal 21.3.5.3** Senggang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $s_o / 2$  dari muka joint.

**Pasal 21.3.5.4** Di luar panjang  $\ell_o$ , spasi tulangan transversal harus memenuhi 7.10 dan 11.4.5.1.

**Pasal 21.3.5.5** Tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10.

**Pasal 21.3.5.6** Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi,  $s_o$ , seperti didefinisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh di bawah tingkat dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi  $A_g f_c' / 10$ . Bila gaya desain harus diperbesar untuk

memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertical system penahan gaya gempa, batas  $A_{gfc}'/10$  harus ditingkatkan menjadi  $A_{gfc}'/4$ . Tulangan transversal ini harus menerus diatas dan dibawah kolom seperti yang diisyaratkan dalam 21.6.4.6 (b)

### 2.3.5. Pelat

**Pasal 21.3.6.1** Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa,  $E$ , harus ditentukan untuk kombinasi beban yang diberikan dalam Pers. (9-5) dan (9-7). Tulangan yang disediakan untuk menahan  $M_{slab}$  harus ditempatkan dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam 13.2.1

**Pasal 21.3.6.2** Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus diproporsikan untuk menahan  $\gamma_f M_{slab}$ . Lebar slab efektif untuk sambungan exterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari  $C_t$  yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab.

**Pasal 21.3.6.3** Tidak kurang dari setengah tulangan pada lajur kolom ditumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif yang diberikan dalam 13.5.3.2

**Pasal 21.3.6.4** Tidak kurang dari seperempat tulangan atas ditumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang

**Pasal 21.3.6.5** Tulangan bawah yang menerus

pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas ditumpuan pada lajur kolom

**Pasal 21.3.6.6** Tidak kurang dari setengah dari semula tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah ditengah bentang harus menerus dan harus mengembangkan  $f_y$  dimuka tumpuan seperti didefinisikan dalam 13.6.2.5

**Pasal 21.3.6.7** Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan dimuka tumpuan seperti didefinisikan dalam 13.6.2.5

**Pasal 21.3.6.8** Pada penampang kritis untuk kolom yang didefinisikan dalam 11.11.1.2, geser dua arah yang diakibatkan oleh beban gravitasi terfaktor tidak boleh melebihi  $0.4 \phi V_c$ , dimana  $V_c$  harus dihitung seperti didefinisikan dalam 11.11.2.1 untuk slab bukan prategang dan dalam 11.11.2.2 untuk slab prategang. Diizinkan untuk mengabaikan persyaratan ini jika desain slab memenuhi persyaratan dari 21.13.6.



### BAB III METODOLOGI

Langkah – langkah dalam Perhitungan Struktur Gedung Diknas Empat Lantai dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sebagai berikut :



### 3.1. Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam perencanaan adalah :

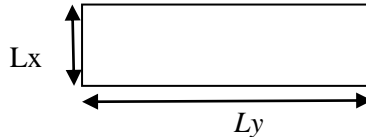
1. Data Gambar  
Pengumpulan gambar arsitektur yang berguna untuk menentukan dimensi komponen struktur gedung.
2. Data Tanah  
Didapat dari hasil pengujian langsung pada tanah di sekitar Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Pasuruan. Data tanah berupa data SPT yang nantinya akan digunakan untuk menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).
3. Peraturan – peraturan yang dijadikan acuan serta buku penunjang sebagai dasar teori dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.

### 3.2. Perencanaan Dimensi Struktur

*Preliminary Design* adalah suatu tahapan awal untuk memperkirakan dimensi struktur gedung tersebut yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Dimensi – dimensi yang akan dilakukan *Preliminary Design* antara lain : pelat, tangga, balok, dan kolom. Adapun perencanaan dimensi – dimensi *Preliminary Design* mengacu pada peraturan – peraturan sebagai berikut :

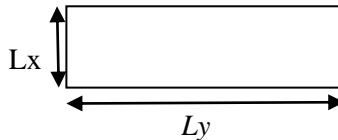
### 3.2.1. Menentukan Tebal Pelat ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 )

- ❖ Pelat Satu Arah ( One Way Slab ).



Apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2,5$  , maka termasuk kedalam pelat satu arah maka tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur dalam pasal 9.5.2 SNI 2847-2013.

- ❖ Pelat Dua Arah ( Two Way Slab ).



Apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2,5$  , maka termasuk kedalam pelat dua arah maka tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur dalam pasal 9.5.3 SNI 2847- 2013.

### 3.2.2. Menentukan Dimensi Tangga ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 )

Menentukan dimensi injakan dengan persyaratan :

$$0,6 < ( 2t + i ) < 0,65 \text{ .....( meter )}$$

Dimana :             $t = \text{Tanjakan} < 25 \text{ cm}$   
                           $i = \text{Injakan dengan } 25 \text{ cm} < i < 40 \text{ cm}$  dan sudut maksimal tangga  $40^\circ$

### 3.2.3. Menentukan Dimensi Balok ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 )

Menentukan dimensi ( h ) pada balok dapat ditentukan sebagai berikut :

- 1) Dimensi h pada balok induk  

$$h \geq 1/12 \times l ( 0,4 + f_y/700 )$$
 jika  $f_y$  selain 420 Mpa
- 2) Dimensi h pada balok anak  

$$h \geq 1/21 \times l ( 0,4 + f_y/700 )$$
 jika  $f_y$  selain 420 Mpa
- 3) Dimensi h pada balok kantilever  

$$h \geq 1/8 \times l ( 0,4 + f_y/700 )$$
 jika  $f_y$  selain 420 Mpa

### 3.2.4. Menentukan Dimensi Kolom ( Mengacu Pada Peraturan SNI 2847-2013 )

Perencanaan dimensi kolom :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{I_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{balok}}}$$

### 3.3. Analisa Pembebanan

Perhitungan beban yang bekerja diselesaikan dengan SNI 1727 – 2013 Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Analisa pembebanan struktur adalah :

- 1) Beban Pelat Atap

- **Beban Mati**
    - Berat sendiri pelat
    - Berat lain – lain, terdiri dari : beban plafon dan penggantung, plumbing, dan instalasi listrik.
  - **Beban Hidup**  
Beban hidup atap sebesar  $96 \text{ kg/m}^2$  SNI 1727 – 2013 Tabel 4-1.
- 2) **Beban Pelat Lantai.**
- **Beban Mati**
    - Berat sendiri pelat
    - Berat lain – lain, terdiri dari : beban plafon dan penggantung, plumbing, dan instalasi listrik.
  - **Beban Hidup**  
Beban hidup pelat lantai disesuaikan dengan SNI 1727 – 2013 Tabel 4-1
- 3) **Beban Tangga dan Bordes.**
- **Beban Mati**
    - Berat sendiri anak tangga, pelat tangga, dan bordes.
    - Berat lain – lain terdiri dari : spesi, pegangan, dan keramik.
  - **Beban Hidup**  
Beban hidup pada tangga sebesar  $479 \text{ kg/m}^2$  SNI 1727 – 2013 Tabel 4-1
- 4) **Beban Balok**  
Beban yang bekerja pada balok adalah sebagai berikut :

- **Beban Mati**

Beban mati yang bekerja pada balok terdiri dari pasangan batu bata sebesar  $170 \text{ kg/m}^2$  SNI 1727 – 2013 Tabel 4-1

5) **Beban Gempa.**

Analisa pembebanan gempa bangunan sesuai dengan Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung ( SNI 1726 – 2012 ). Dalam proyek Pembangunan Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Pasuruan ini perhitungan beban gempa menggunakan analisa beban gempa respons spectrum.

Perhitungan Gempa:

1. **Faktor Keutamaan ( $I_e$ )**

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

*Gambar 3.1. Koefisien tekanan dinding SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1*

Gedung perkantoran menurut SNI 03-1726-2012 termasuk kategori II, sehingga didapat faktor keutamaan ( $I_e$ )=1.

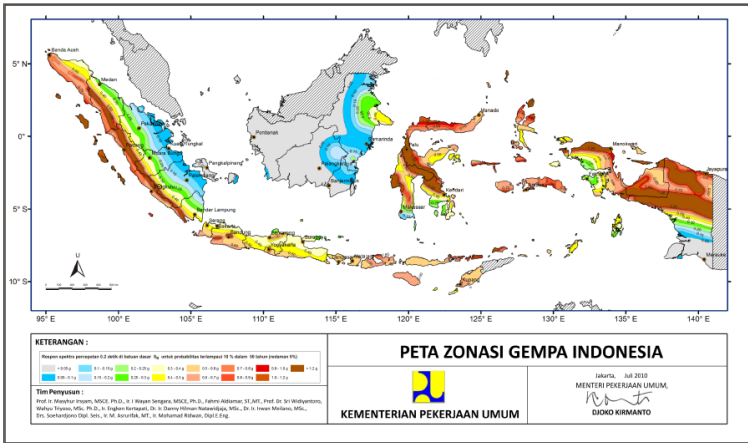
**Tabel 1.** Kategori Resiko Gempa

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
---	----

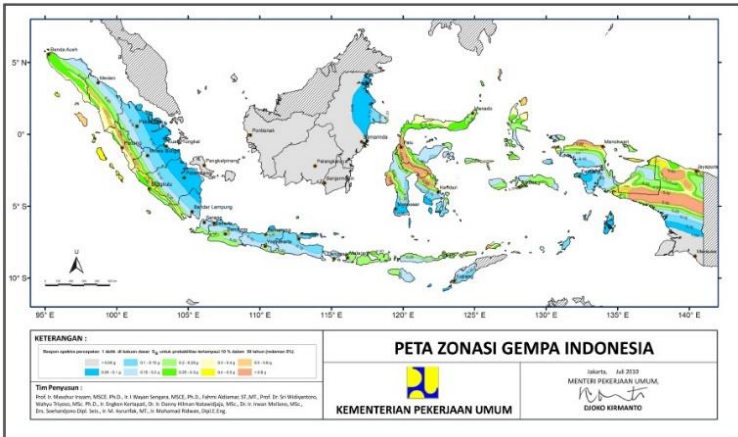
**Tabel 2.** Faktor Keutamaan Gempa

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

2. Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Perioda Pendek ( $S_s$ ) dan Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Perioda 1 detik ( $S_1$ )



Gambar 3.2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik ( $S_0$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 detik ( $S_1$ ) untuk terlampaui 10% dalam 50 tahun



### 3. Klasifikasi Situs

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012, dijelaskan bahwa profil tanah dibagi menjadi beberapa kelas, sesuai dengan tabel di bawah.

**Tabel 3.** Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{cr}$	$\bar{s}_v$ (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	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

**Tabel 3** Klasifikasi situs (lanjutan)

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{cr}$	$\bar{s}_v$ (kPa)
-------------	-----------------------	-------------------------------	-------------------

### 4. Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respon ( $F_a$ , $F_v$ , $S_{MS}$ , $SD_1$ ) sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Dimana nilai dari  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada tabel di bawah:

**Tabel 4.** Koefisien Situs  $F_a$

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

Catatan: Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

*Tabel 5. Koefisien Situs  $F_v$*

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Catatan: Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

- Parameter Percepatan Spektral Desain ( $S_{D1}, S_{DS}$ ) sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3.

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

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

- Kategori Desain Seismik (KDS)

*Tabel 6. 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
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

*Tabel 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik*

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

7. Pada perhitungan beban gempa struktur menggunakan analisis perhitungan statik ekuivalen. Berikut langkah-langkah perhitungan :

1. Kalsifikasi Situs

Sesuai **SNI 1726:2012 Tabel 3**, Dari data tanah yang didapat dari lokasi proyek didapatkan klsaifikasi tanah termasuk dalam tanah sedang (SD) dengan N rata-rata sebesar 15,28.

2. Faktor Percepatan Batuan Dasar ( $S_s$ ,  $S_1$ )  
Direncanakan bangunan berumur 2% dalam  
50 tahun (Gempa 2500 tahun).

Diketahui dari lokasi bangunan:

$$S_s = 0,3 g$$

*(Peta Hazard Gempa Indonesia 2010,  
Gambar 2)*

$$S_i = 0,1 g$$

*(Peta Hazard Gempa Indonesia 2010,  
Gambar 3)*

8. Faktor Reduksi Gempa ( $R$ )

Gedung direncanakan menggunakan Sistem Rangka

Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton

bertulang, sehingga faktor reduksinya:

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>b,f</sup>	TI <sup>g</sup>	TI <sup>h</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>g</sup>	TI <sup>g</sup>	TI <sup>h</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 8. Faktor Reduksi Gempa

#### 6) Beban Angin.

Beban angin ditentukan menggunakan SNI 1727 – 2013 Tabel 27.2-1

### 3.4. Analisa Struktur

Analisa struktur bangunan yang akan di analisis dalam perhitungan struktur Gedung Diknas Empat Lantai ini diantaranya :

#### a) Struktur Atas

1. Struktur Primer.
  - a. Balok
  - b. Kolom
2. Struktur Sekunder.

- a. Pelat
- b. Tangga
- b) Struktur Bawah.
  - 1. Sloof

Pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan memasukkan data – data perencanaan hasil perhitungan *Preliminary Design* dan pembebanan.

### 3.5. Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dari program bantuan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

- A. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan beban mati :
  - 1.  $1.4D$
  - 2.  $1.2D + 1.6L + 0.5 ( A \text{ atau } R )$
- B. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
  - 1.  $1.2D + 1.0L + 1.6W + 0.5 ( A \text{ atau } R )$
  - 2.  $0.9D \pm 1.6W$
- C. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
  - 1.  $1.2D + 1.0L \pm 1.0E$

Keterangan :

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

R : Beban Hujan

A : Beban Hidup Atap

### 3.6. Perhitungan Tulangan

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standar penulangan – penulangan serta data – data yang diperoleh dari output SAP 2000. Dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- Dari *output* SAP 2000 diperoleh gaya geser (  $D$  ), momen lentur (  $M$  ), torsi (  $T$  ) dan gaya aksial (  $P$  ).
- Perhitungan kebutuhan tulangan.
- Kontrol kemampuan dan cek persyaratan.
- Penggambaran detail tulangan.

#### 3.6.1. Metodologi Perhitungan Tulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2013, Pasal 10.5.1	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
SNI 03-2847-2013, Lampiran B.8.4.2	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
SNI 03-2847-2013, Lampiran B.10.3.3	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{perlu} = 1/m \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right)$

### 3.6.2. Metodologi Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2002, Pasal 24.5	$M_n = \frac{Mu}{\Phi}$
SNI 03-2847-2002, Pasal 10.5.1	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
SNI 03-2847-2002, Lampiran B.8.4.2	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_x f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
SNI 03-2847-2002, Lampiran B.10.3.3	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{perlu} = 1/m \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$
	$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$

### 3.6.3. Metodologi Perhitungan Tulangan Lentur Balok

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2002, Pasal 24.5	$M_n = \frac{Mu}{\Phi}$



SNI 03-2847-2002, Pasal 10.5.1  $\rho \min = \frac{1,4}{f_y}$

SNI 03-2847-2002, Lampiran B.8.4.2  $\rho b = \frac{0,85 \times f_x f c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$

SNI 03-2847-2002, Lampiran B.10.3.3  $\rho \max = 0,75 \rho b$

Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a  $m = \frac{f_y}{0,85 \times f c'}$

Wang, C.Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a  $\rho \text{ perlu} = 1/m \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right)$

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

Setelah itu periksa kebutuhan tulangan tekan, dimana:

- Jika  $(M_n - M_{nc}) > 0$ , maka perlu tulangan rangkap.
- Jika  $(M_n - M_{nc}) < 0$ , maka tidak perlu tulangan rangkap.

Setelah itu kontrol spasi tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.2

$$S = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{tulangan sengkang}) - (n \cdot \text{tulangan sengkang})}{n - 1}$$

Dan terakhir kontrol kekuatan momen penampang berdasarkan SNI 03—2847-2013 pasal 22.5.1

$$\emptyset \cdot M_n \geq M_u$$

### 3.6.4. Metodologi Perhiungan Tulangan Geser Balok

*Wang C, Salmon* hal. 138 pers. 5.10.1

$$\phi V_n \geq V_u$$

*Wang C, Salmon* hal. 138 pers. 5.10.2

$$V_n = V_c + V_s$$

Persyaratan geser balok dibagi dalam 6 kondisi sebagai berikut :

a) Kondisi 1

*Wang C, Salmon* hal. 140 pers. 5.10.8  $V_u \leq 0.5\phi V_c$

( tidak diperlukan tulangan geser )

b) Kondisi 2.

*Wang C, Salmon* hal. 140 pers. 5.10.9  $0.5\phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

( tidak diperlukan tulangan geser )

*Wang C, Salmon* pers. 5.10.10  $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s$   
 minimum =  $\phi$   
 (50)bw.d

*Wang C, Salmon* pers. 5.10.11  $s \leq 4/2$  dan  $S_{maks} \leq 600$   
 mm

c) Kondisi 3.

*Wang C, Salmon* hal. 140 pers. 5.10.12  $\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_s \text{ min})$

(memenuhi pers. *Wang C, Salmon* pers. 5.10.10 dan 5.10.11)

d) Kondisi 4.

*Wang C, Salmon* hal. 140 pers. 5.10.13  $\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi(V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} \text{ bw. d})$

*Wang C, Salmon* hal. pers. 5.10.14&15  $\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$   
;  $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$

*Wang C, Salmon* hal. pers. 5.10.16  $S_{\text{maks}} = d/2 \leq 600 \text{ mm}$

e) Kondisi 5

*Wang C, Salmon* hal. pers. 5.10.17  $(V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} \text{ bw. d}) < V_u \leq \phi(V_c + 2/3 \sqrt{f_c'} \text{ bw. d})$

*Wang C, Salmon* hal. pers. 5.10.18&19  $\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$   
;  $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$

*Wang C, Salmon* hal.  $S \leq d/4$  dan  $S_{maks} \leq$   
pers. 5.10.20 300 mm

f) Kondisi 6

*Wang C, Salmon* hal.  $V_s > 2/3 \sqrt{f'c'}$  bw.d  
pers. 5.10.21

(perbesar penampang)

### 3.6.5. Metodologi Perhitungan Torsi Balok

Pengaruh puntir pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor  $T_u$  sesuai SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.1a besarnya kurang dari :

$$T_u = \emptyset 0,0083 \alpha \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir sesuai SNI 03-2847-2013, pasal 11.5.3.5 adalah :

$$\emptyset T_n \geq T_u$$

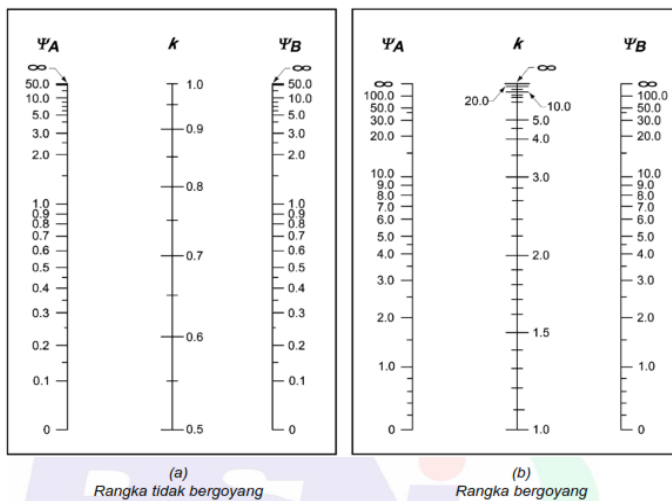
Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir sesuai SNI 03-2847-2013, pasal 11.5.3.6 adalah :

$$T_n = \frac{2 \times A_0 \times A_x \times f_{yv}}{s} \cot \Theta$$

### 3.6.6. Metodologi Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

- ✓ Panjang penyaluran tulangan ( $I_{dh}$ ) dinyatakan dalam diameter  $d_b$ . Nilai  $I_{dh}$  tidak boleh kurang dari 300 mm.
- ✓ Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai  $I_{dh}$  harus diambil sesuai SNI 03-2847-2013, pasal 12.2.2 tabel 11.
- ✓ Panjang penyaluran  $I_{dh}$  dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $I_{dh}$ . Nilai  $I_{dh}$  tidak boleh kurang dari 200 mm. Panjang penyaluran dasar  $I_{dh}$  harus diambil sesuai SNI 03-2847-2013, pasal 14.3 sebesar :

$$\frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{fc'}} , \text{ dan kurang dari } 0,04 \times db \times fy$$



Gambar 3.4 Faktor Panjang Efektif  $k$

### 3.6.7. Metodologi Perhitungan Tulangan Kolom

- ✓ Perhitungan penulangan lentur :
  - SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7 pers. ( 10.14 )

$$EI = \frac{(0,2Ec.Ig + Es.Ig)}{1 + \beta dns}$$

- SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7 pers ( 10.15 )

$$EI = \frac{0,4 EcI_g}{1 + \beta dns}$$

Faktor panjang efektif k harus ditentukan menggunakan nilai Ec dan I yang diberikan dalam gambar berikut dan tidak boleh kurang dari 1,0.

$\Psi$  = adalah rasio  $\sum(\frac{EI}{l_0})$  komponen struktur tekan terhadap  $\sum(\frac{EI}{l})$  komponen struktur lentur dalam suatu bidang salah satu ujung komponen struktur tekan.

l = panjang bentang komponen struktur lentur yang diukur pusat ke pusat pertemuan ( *joint* .

- ✓ Kontrol Kelangsingan Kolom.
  - Pengaruh kelangsingan kolom diabaikan bila SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.1a

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$

Bila pengaruh kelangsingan tidak diabaikan seperti yang diizinkan oleh persamaan diatas, desasin komponen kolom harus memenuhi persyaratan pasal 10.10.2 SNI 03-2847-2013.

- ✓ Perbesaran Momen :
  - Perbesaran momen bergoyang, momen  $M_1$  dan  $M_2$  di ujung – ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar :
  - SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7 pers (10.18)

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7 pers (10.19)

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Perbesaran momen  $\delta_s$  boleh dihitung sebagai berikut :

SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7.3 pers (10.20)

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1$$

SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7.3 pers (10.21)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.7 pers (10.13)

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k \ell_u)^2}$$

- $\rho_{perlu}$  didapat dari diagram ineraksi.
- $A_s = \rho_{perlu} \times b \times h$

✓ Perhitungan Tulangan Geser.

Untuk penulangan geser kolom dihitung menggunakan rumus sesuai dengan persyaratan rangka momen menengah yang telah dijelaskan di bab II.

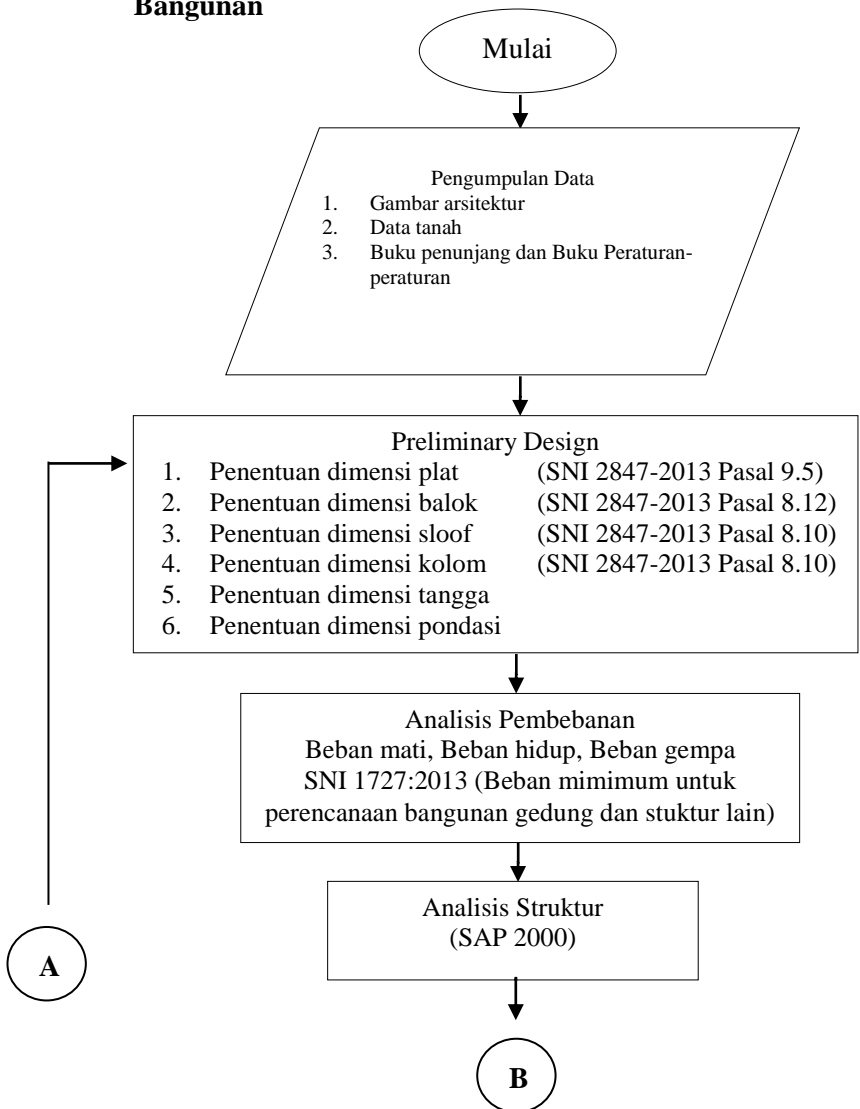
Untuk mengecek kemampuan dan koefisienan tulangan kolom digunakan program bantu berupa PCA COL, dimana output dalam PCA COL, ini berupa presentase tulangan kolom hingga kemampuan kolom tersebut digambarkan dalam bentuk grafik.

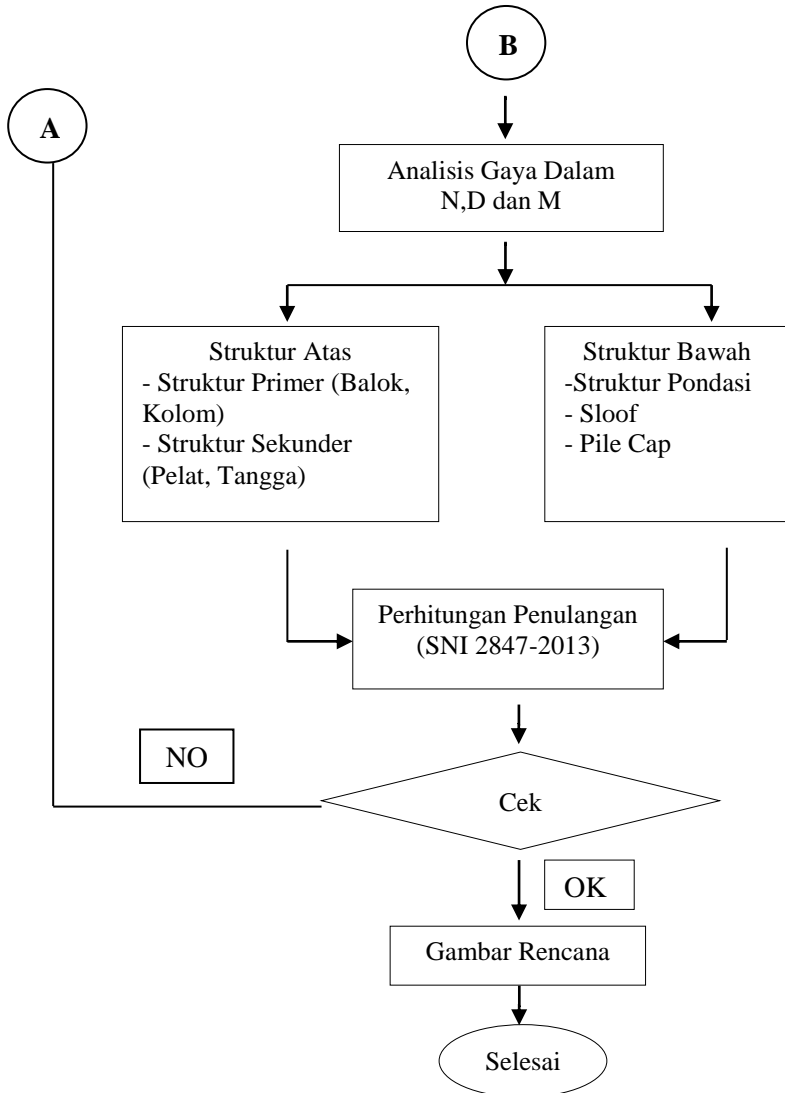
**3.7. Gambar Perencanaan**  
( Terlampir )



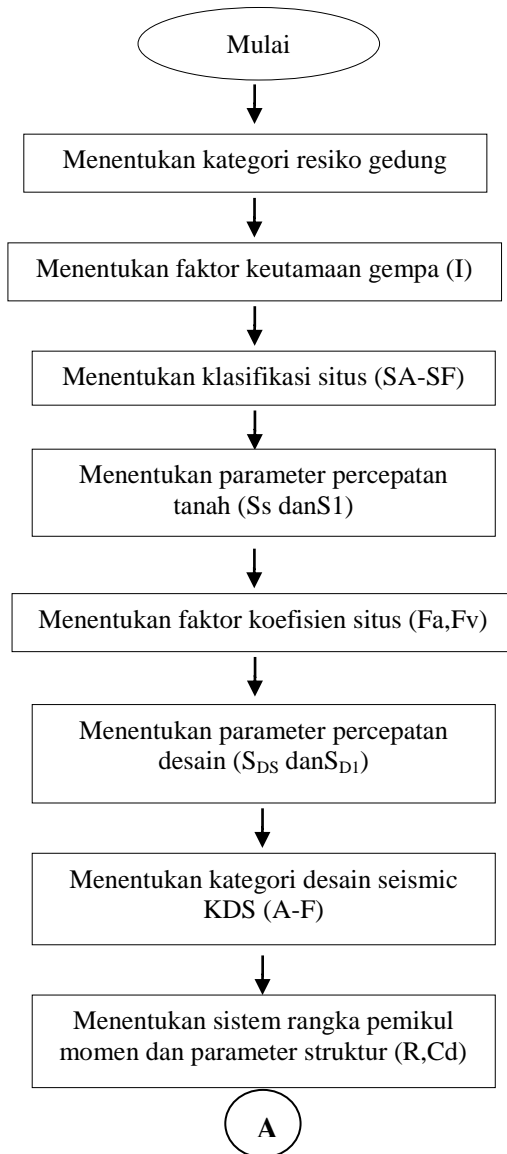
### 3.8. Flow Chart

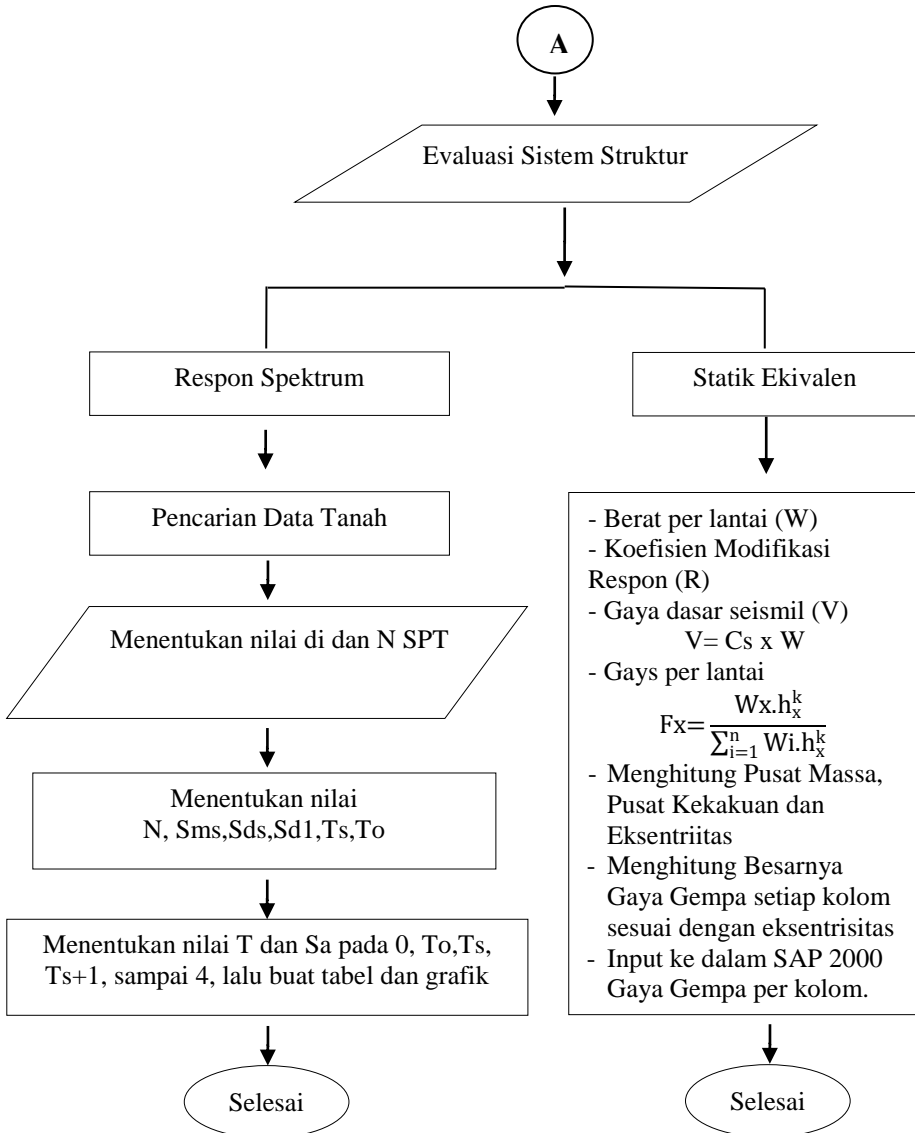
#### 4.8.1. Langkah-langkah dalam Perencanaan Struktur Bangunan



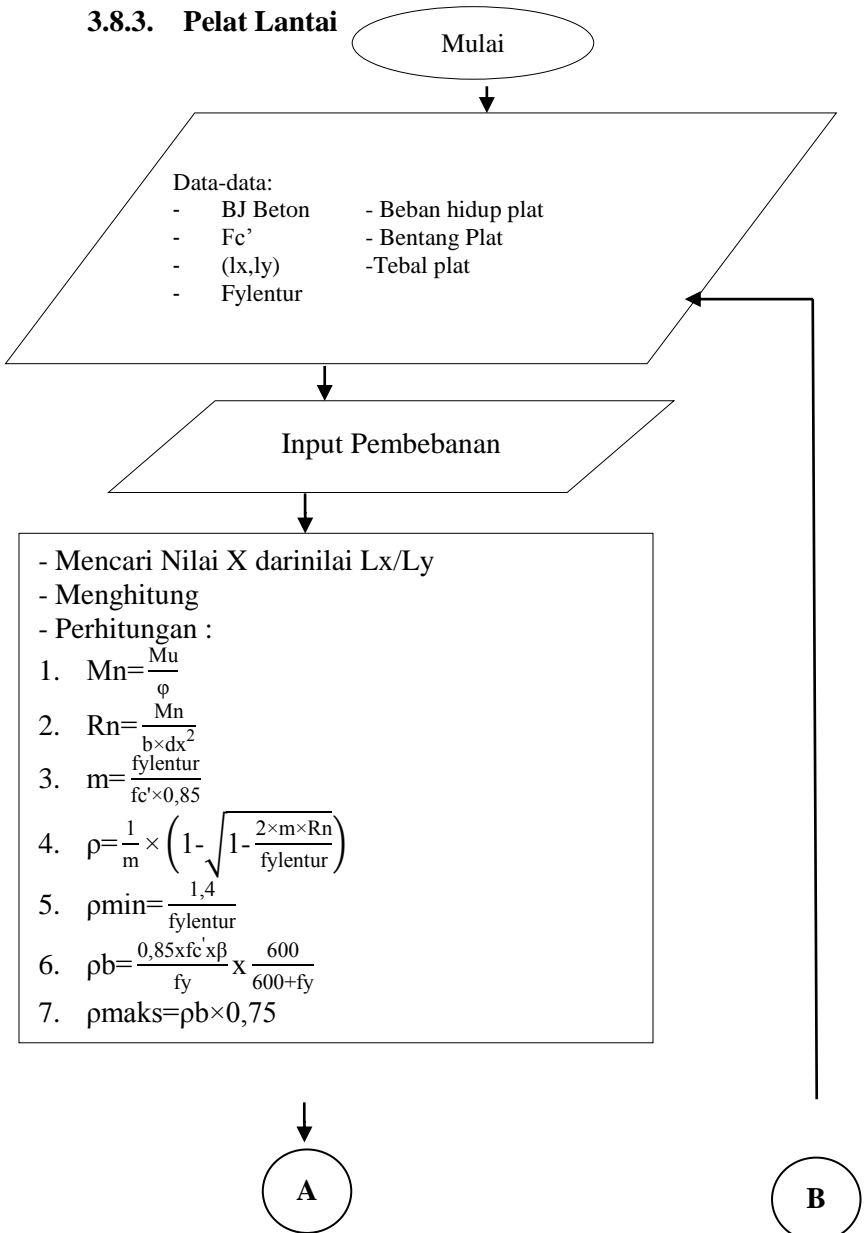


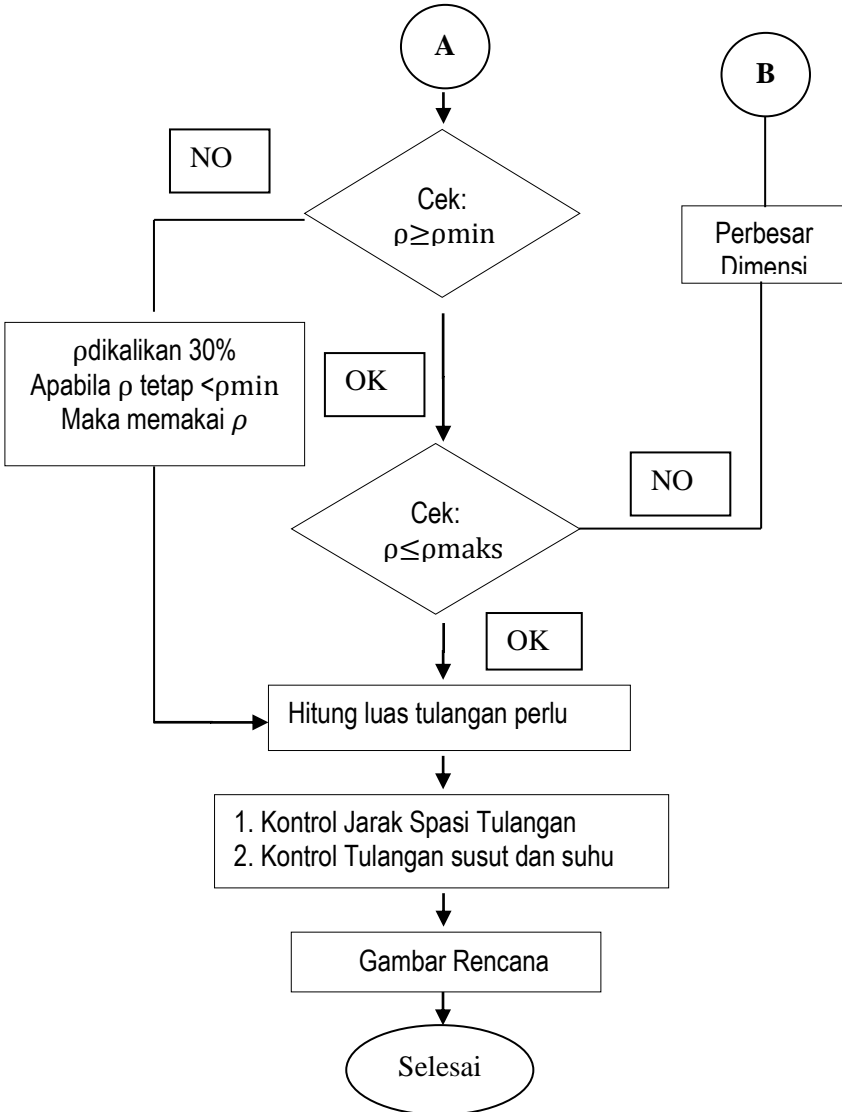
### 3.8.2. Gempa



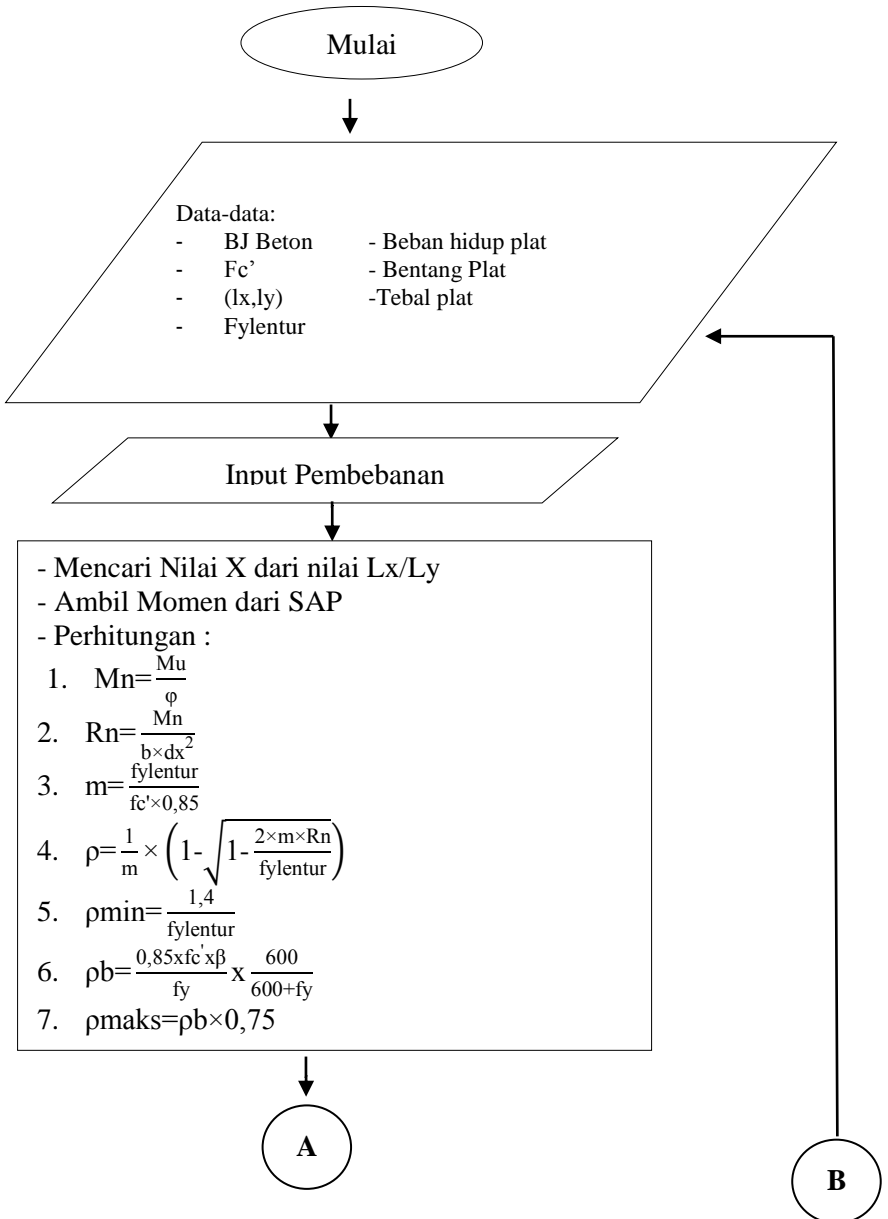


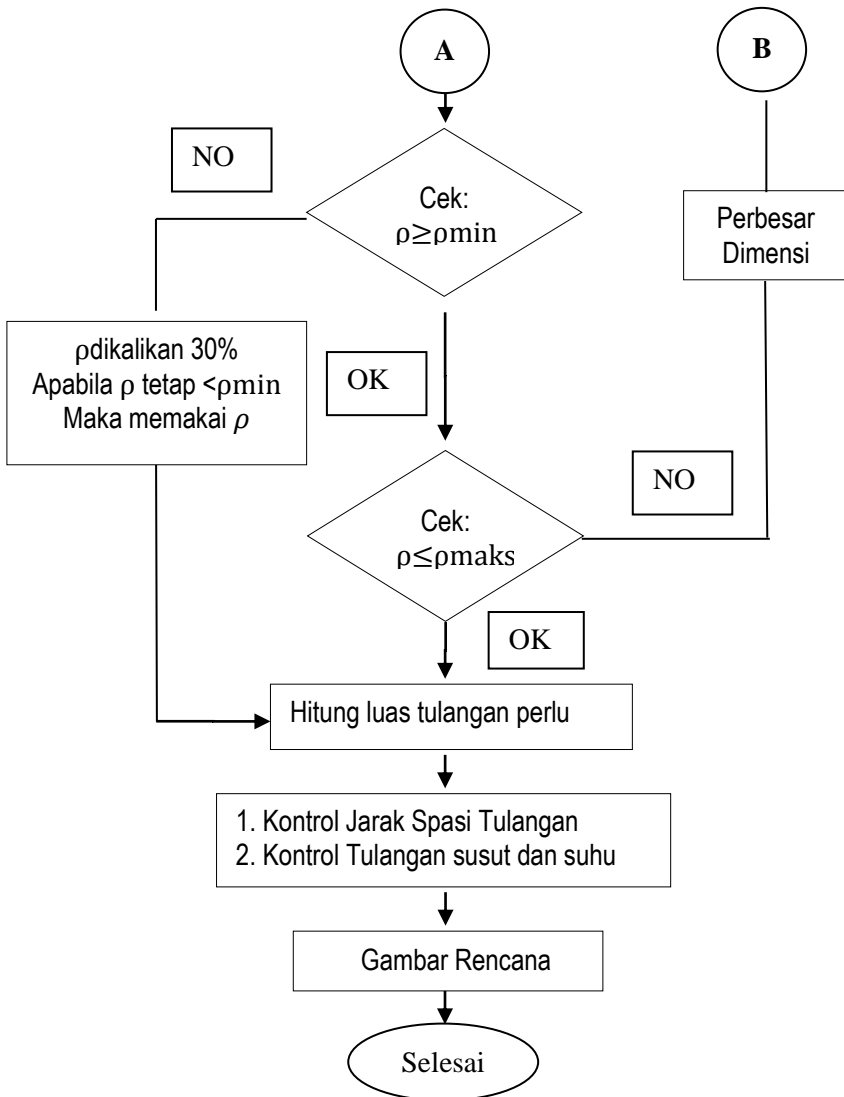
### 3.8.3. Pelat Lantai





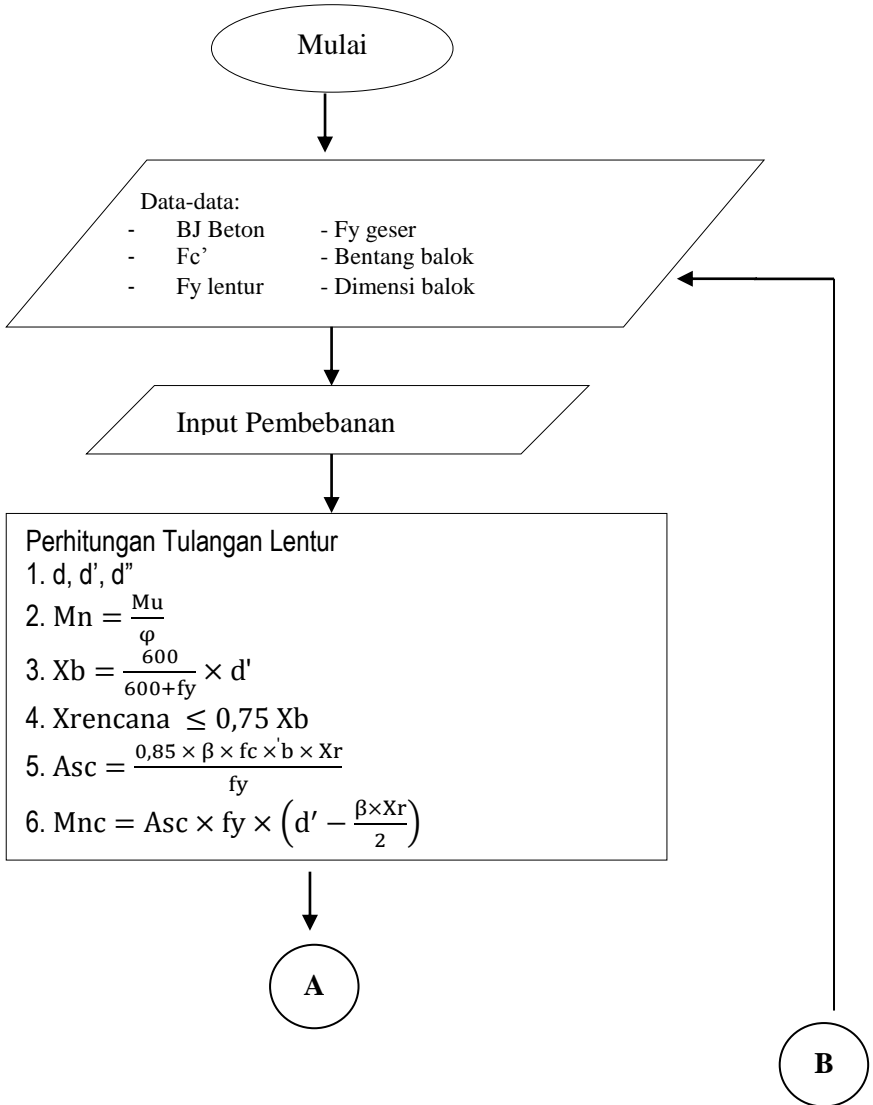
### 3.8.4. Pelat Tangga dan Bordes

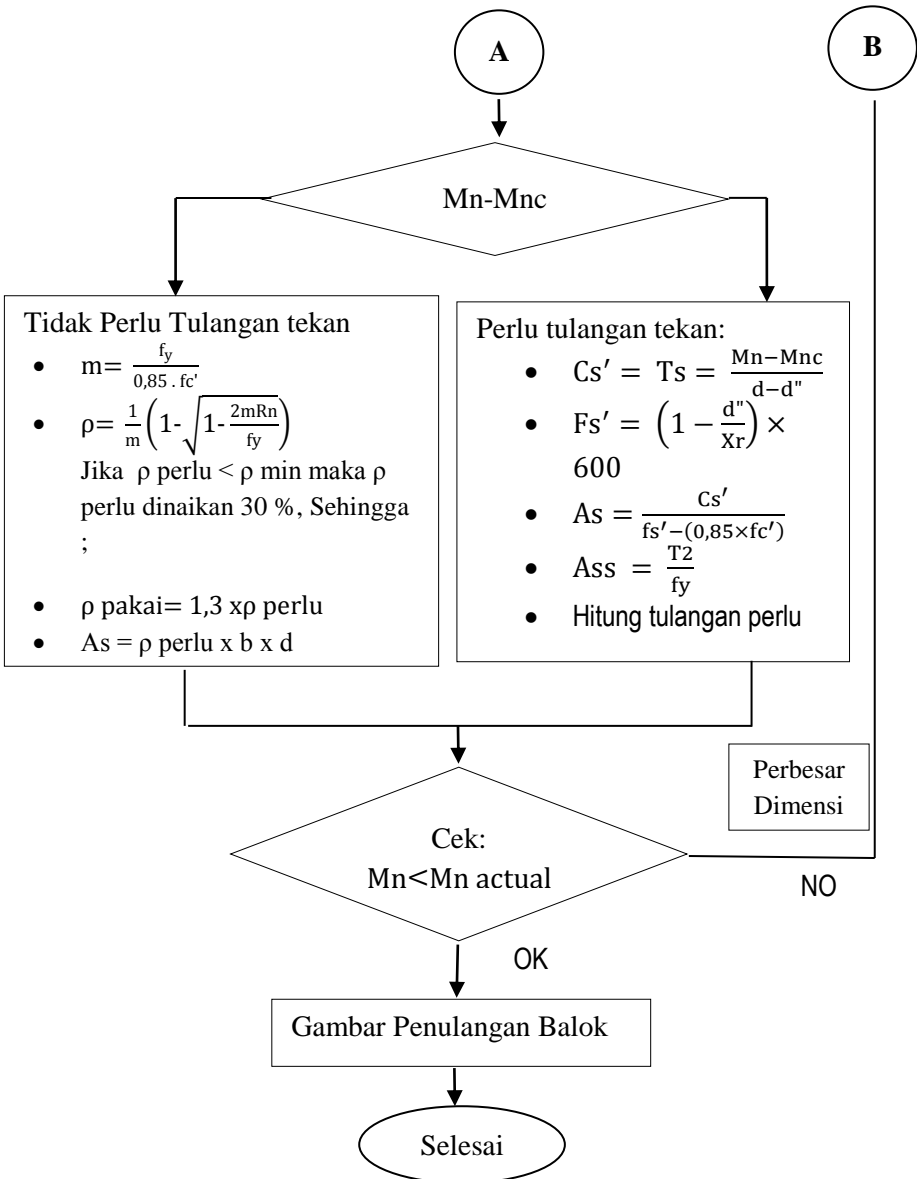




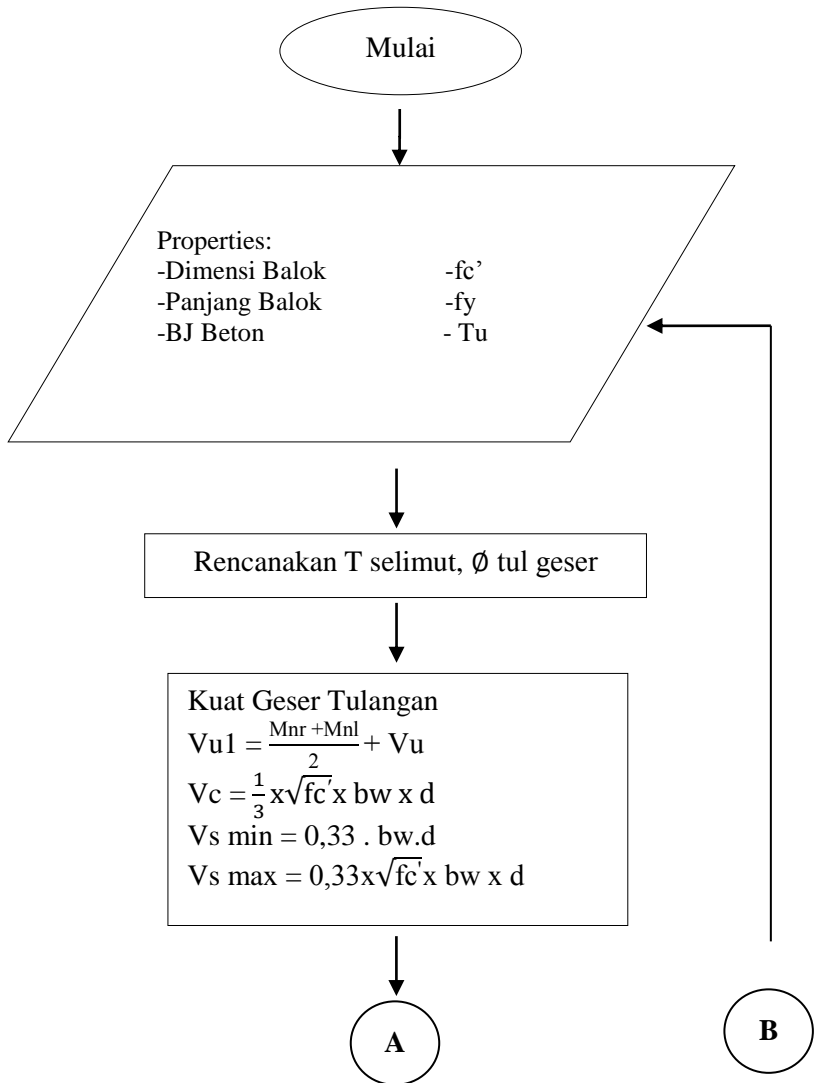


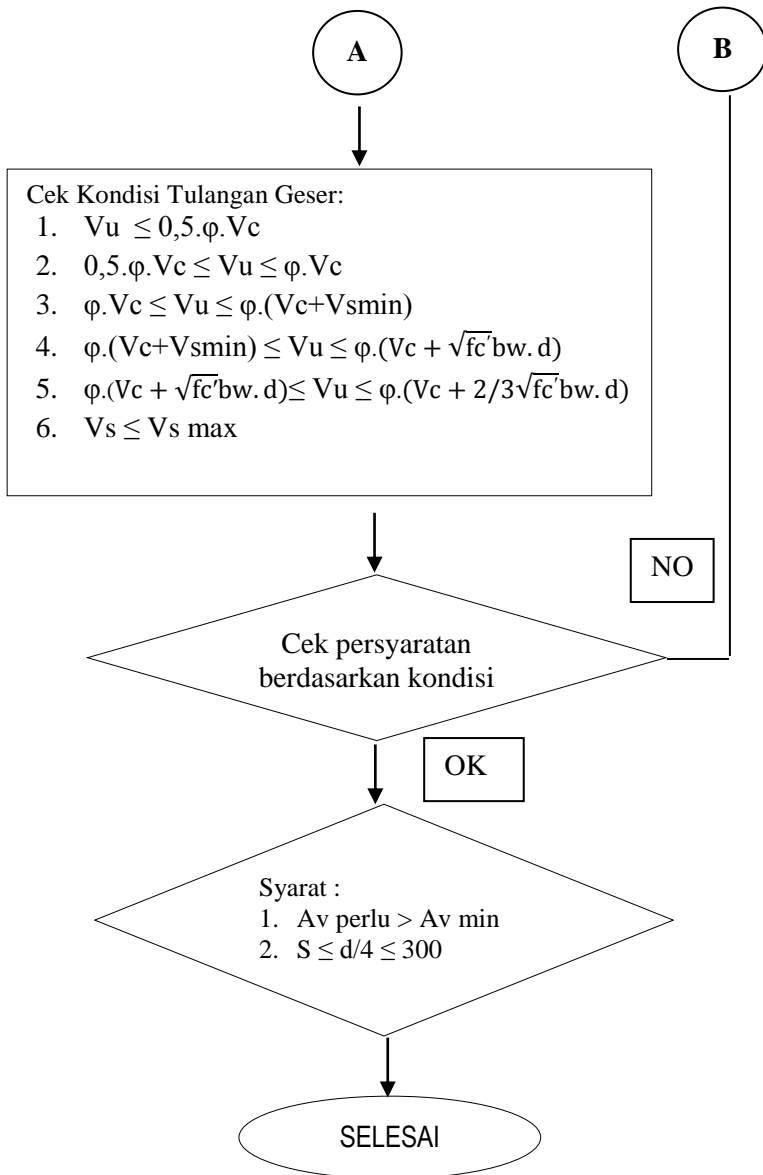
### 3.8.5. Balok Lentur



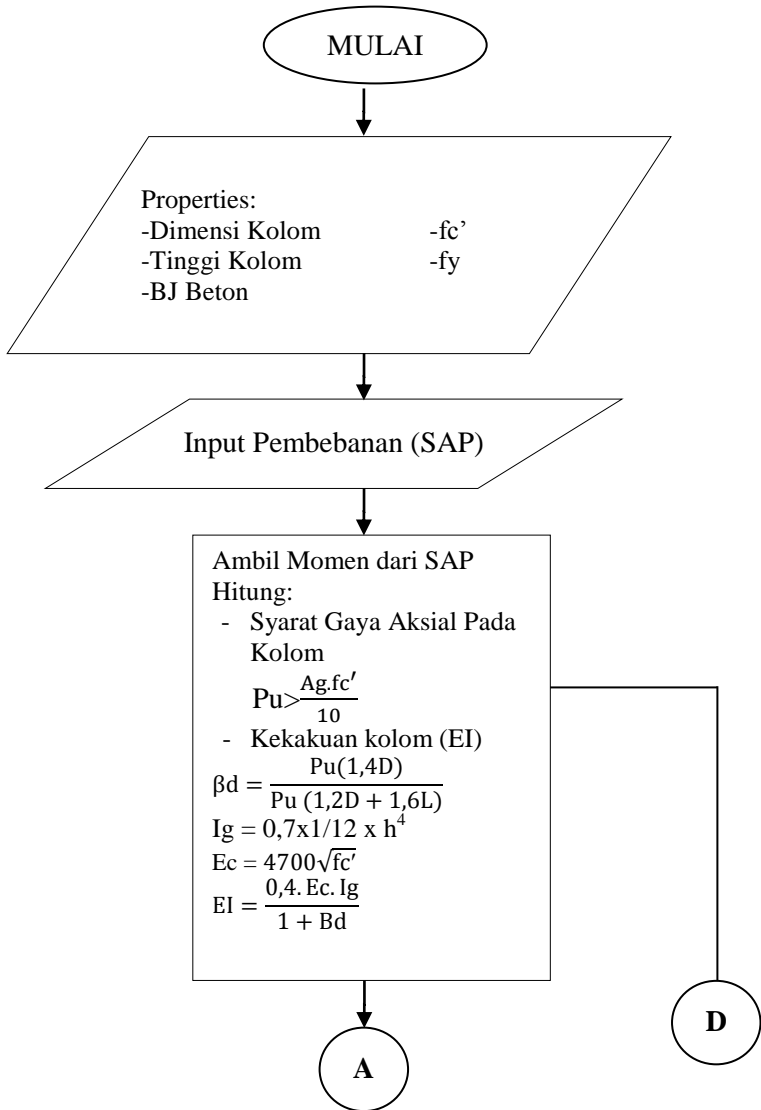


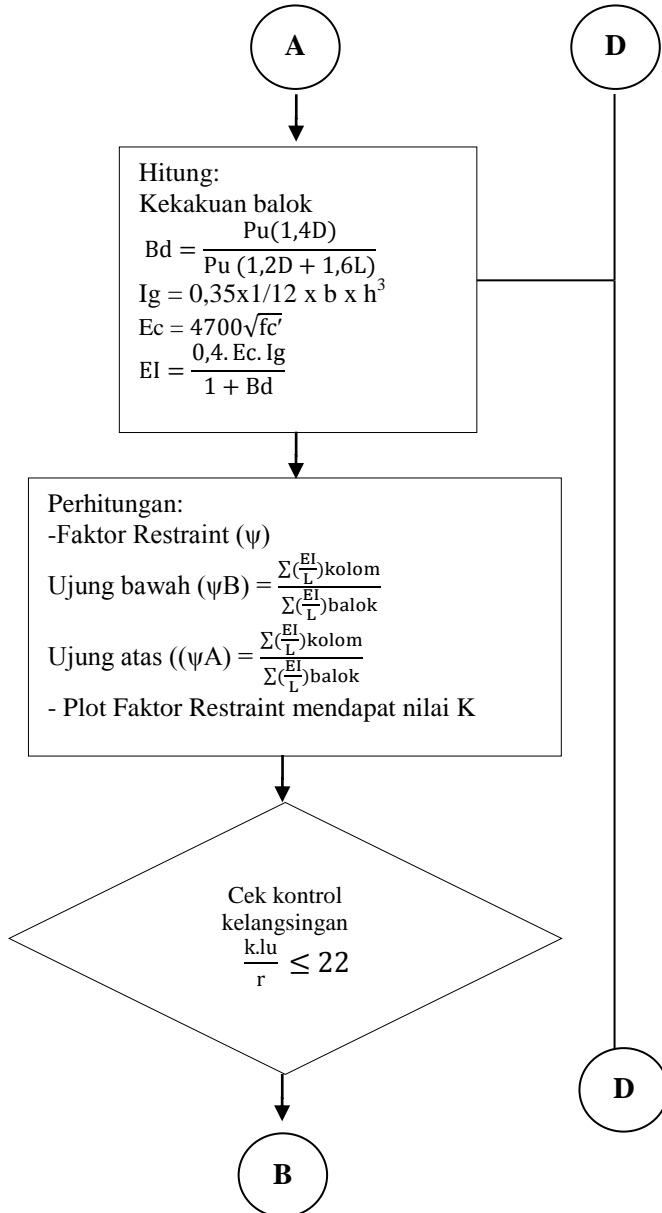
### 3.8.6. Balok Geser

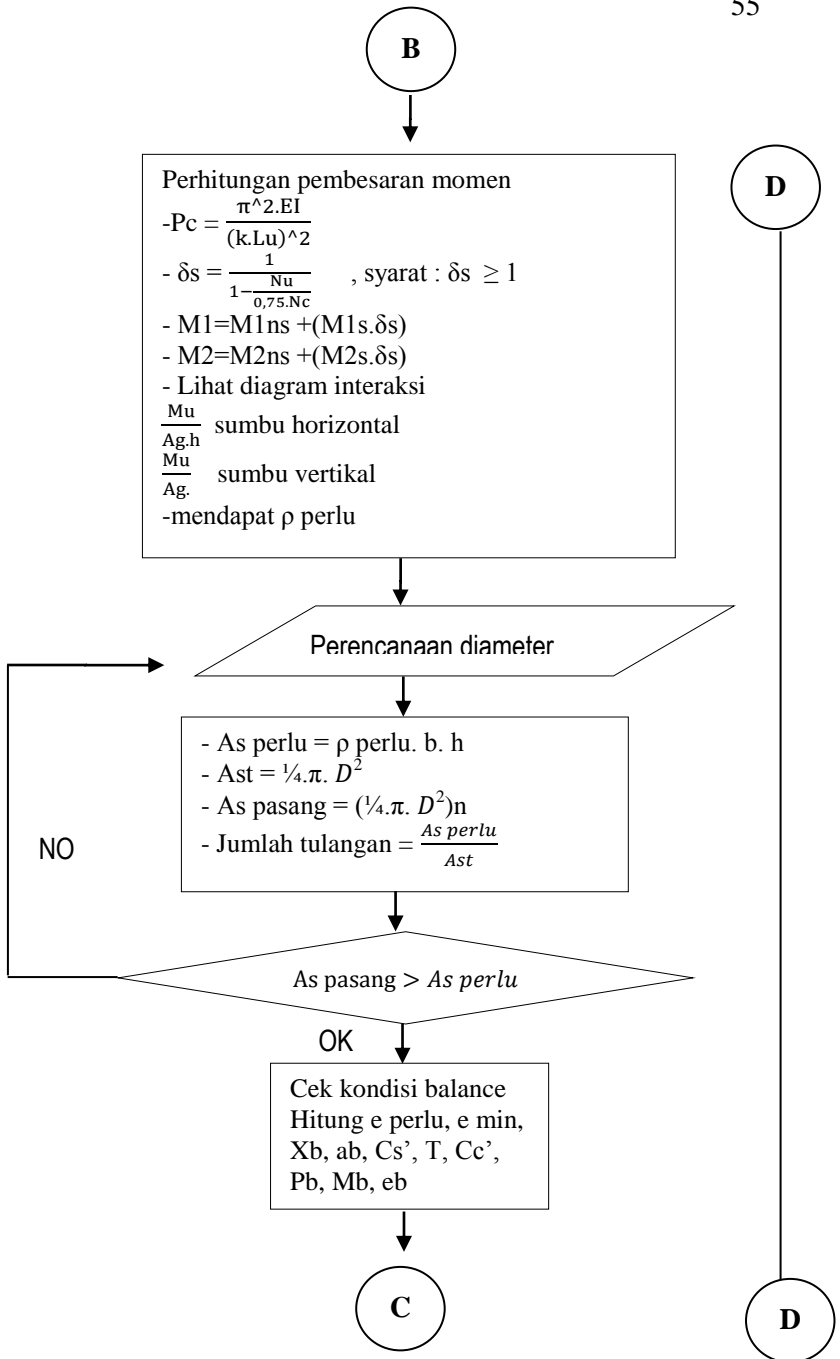


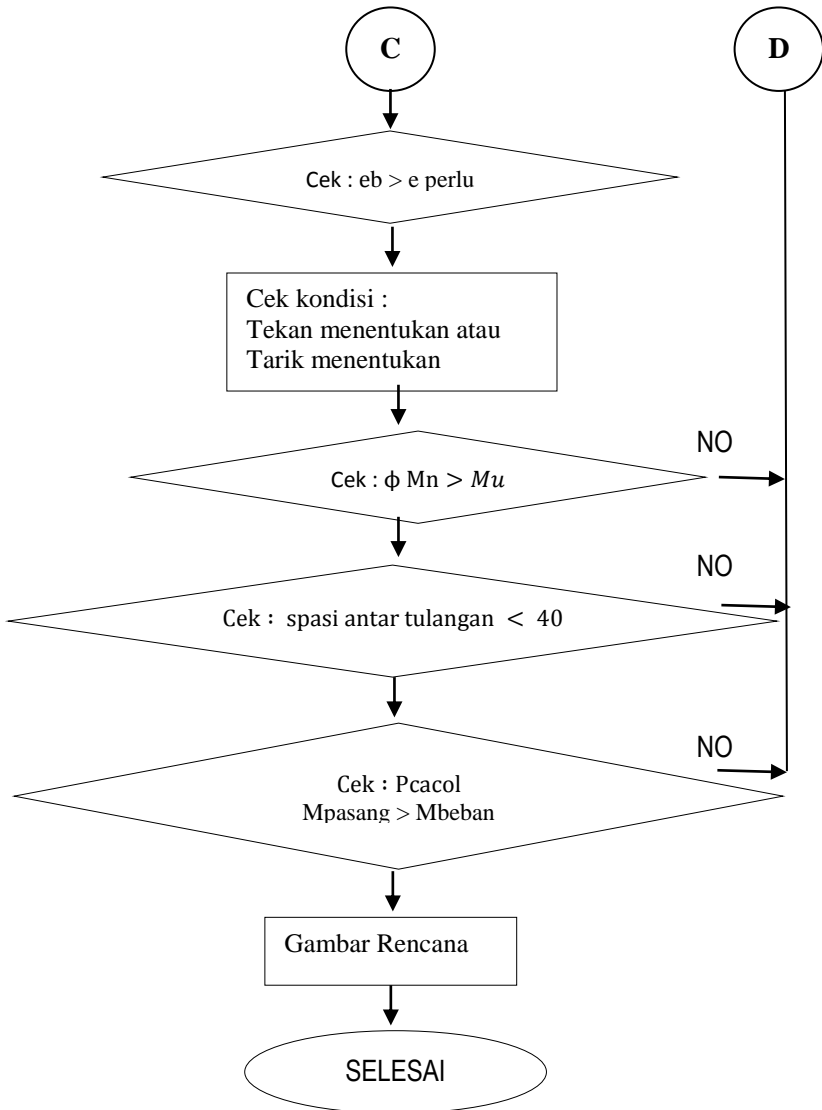


### 3.8.7. Kolom Lentur



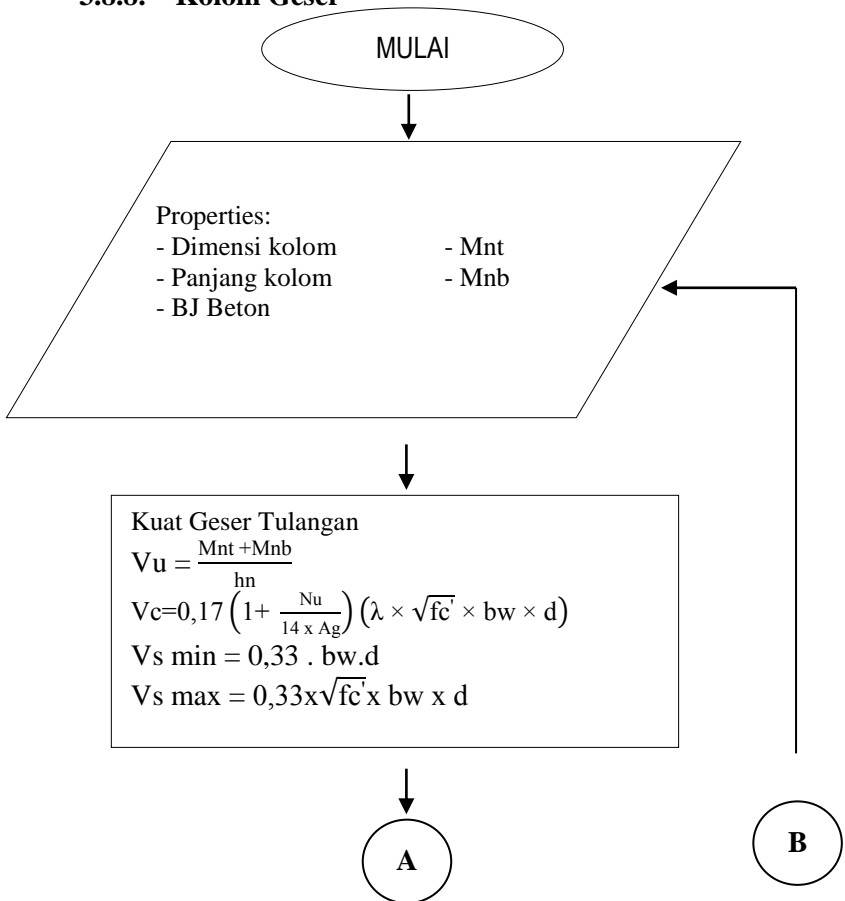


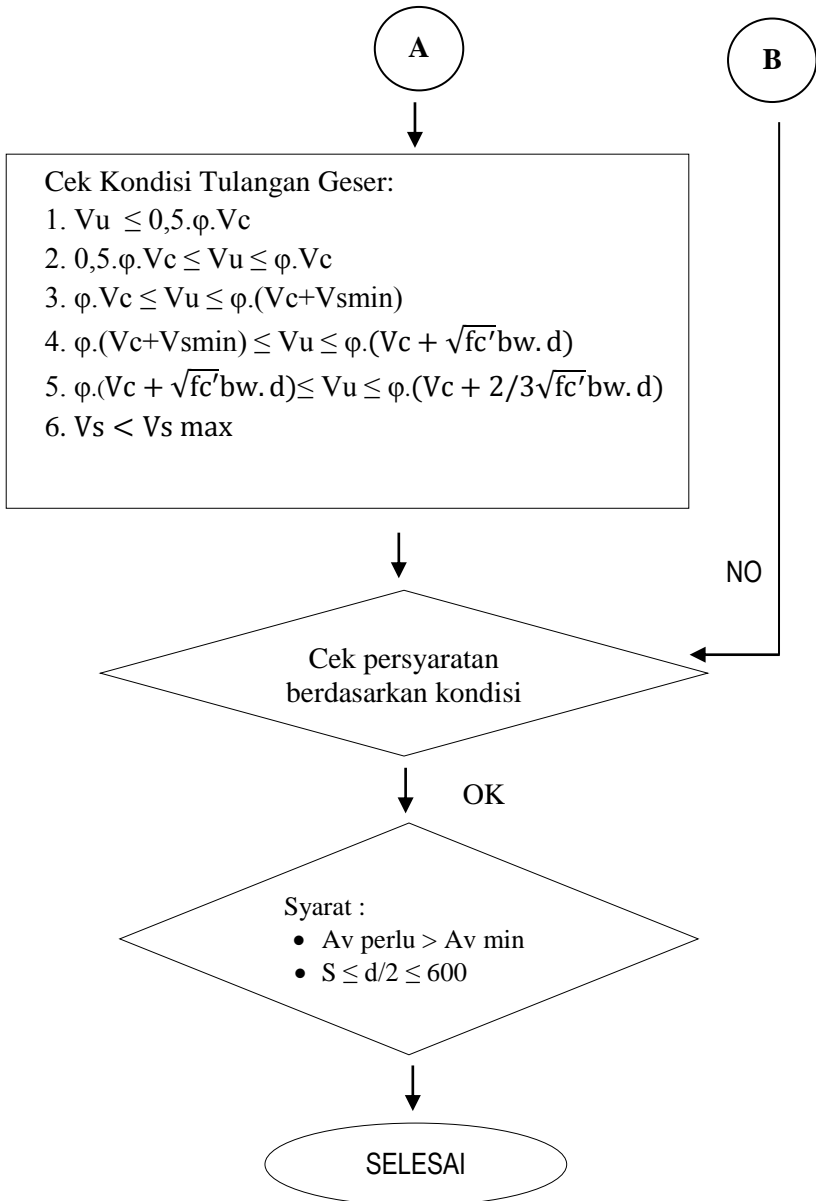






### 3.8.8. Kolom Geser







“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBEBANAN**

#### **4.1 Perencanaan Dimensi Struktur**

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

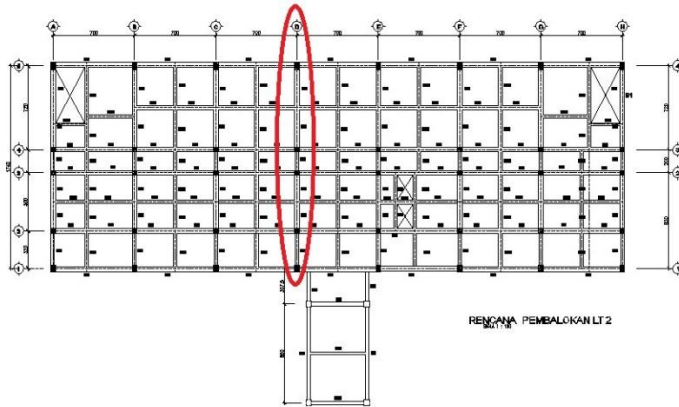
##### **4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok**

Dalam perencanaan dimensi balok terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur Gedung Diknas Empat Lantai adalah sebagai berikut :

##### **A. Balok Induk**

1. Data – data perencanaan :
  - a. Tipe Balok : BI – 1
  - b. As Balok : D2-3 dan D4-5
  - c. Bentang Balok : 720 cm
  - d. Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - e. Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa

## 2. Gambar Perencanaan.



Gambar 4.1.1.1 Denah Perencanaan Balok BI – 1

## 3. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

(SNI 03-2847-2013)

$$h \geq \frac{1}{12} \times 720 \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad \text{Tabel 9.5 a}$$

$$h \geq 58,29 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

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

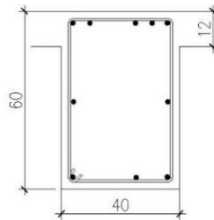
$$b = \frac{2}{3} \times 60$$

$$b \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok

BI – 1 adalah 40/60 cm.

#### 4. Gambar Perencanaan

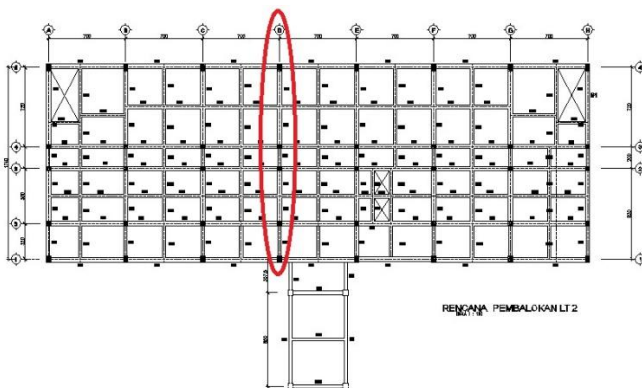


*Gambar 4.1.1.2 Gambar Rencana BI-1*

##### 1. Data – data perencanaan :

- a. Tipe Balok : BI – 2
- b. As Balok : D1-2 dan D3-4
- c. Bentang Balok : 320 cm
- d. Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- e. Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa

##### 2. Gambar Perencanaan.



*Gambar 4.1.1.3 Denah Perencanaan Balok BI – 2*

3. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times h$$

*(SNI 03-2847-2013)*

$$h \geq \frac{1}{12} \times 320 \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times 30$$

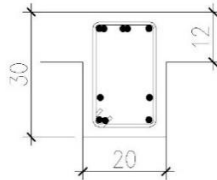
*Tabel 9.5 a*

$$h \geq 25,90 \text{ cm} \qquad b \approx 20 \text{ cm}$$

$$h \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok BI – 1 adalah 20/30 cm.

4. Gambar Perencanaan



*Gambar 4.1.1.4 Gambar Rencana BI-2*

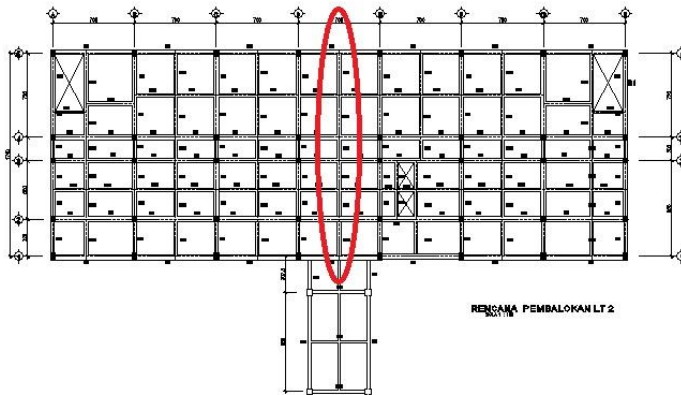
**B. Balok Anak**

1. Data – data perencanaan :

- a. Tipe Balok : BA – 1
- b. As Balok : D2-3 dan D4-5
- c. Bentang Balok : 720 cm
- d. Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- e. Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa



## 2. Gambar Perencanaan.



*Gambar 4.1.1.5 Denah Perencanaan Balok BA – 1*

## 3. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{1}{21} \times L \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times h$$

*(SNI 03-2847-2013)*

$$h \geq \frac{1}{21} \times 720 \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times 35$$

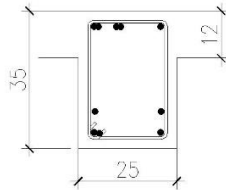
*Tabel 9.5 a*

$$h \geq 33,31 \text{ cm} \qquad b \approx 25 \text{ cm}$$

$$h \approx 35 \text{ cm}$$

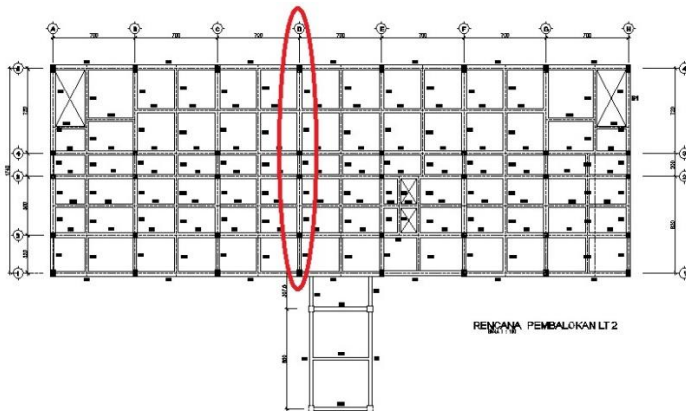
Maka direncanakan dimensi balok BI – 1 adalah 25/35 cm.

## 4. Gambar Perencanaan



*Gambar 4.1.1.6 Gambar Rencana BA-1*

1. Data – data perencanaan :
  - a. Tipe Balok : BA – 2
  - b. As Balok : D1-2 dan D3-4
  - c. Bentang Balok : 320 cm
  - d. Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - e. Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
2. Gambar Perencanaan.



Gambar 4.1.1.7 Denah Perencanaan Balok BA – 2

3. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{1}{21} \times L \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

(SNI 03-2847-2013)

$$h \geq \frac{1}{21} \times 320 \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 30$$

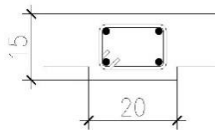
Tabel 9.5 a

$$h \geq 14,80 \text{ cm} \quad b \approx 15 \text{ cm}$$

$$h \approx 20 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok BI – 1 adalah 15/20 cm.

4. Gambar Perencanaan



*Gambar 4.1.1.8 Gambar Rencana BA-2*

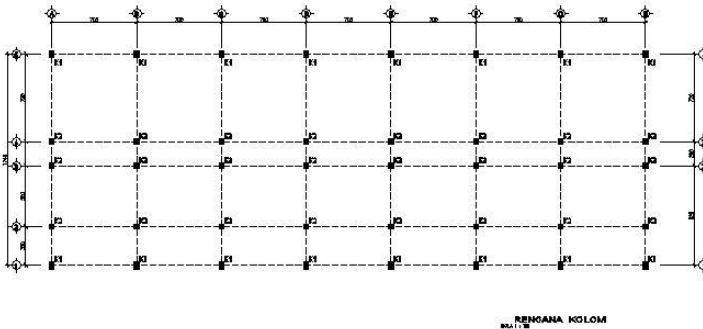
#### 4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom.

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan struktur Gedung Diknas Empat Lantai adalah sebagai berikut :

##### 1. Data – data Perencanaan

- a. Tipe Kolom : K1
2. Dimensi Balok : 40 x 60 cm
3. Panjang Balok : 720 cm
4. Tinggi Kolom : 400 cm

##### 2. Gambar Denah Perencanaan



*Gambar 4.1.2.1 Rencana Denah Kolom*

##### 3. Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Balok}} &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (60 \text{ cm})^3 \\
 &= 720000 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

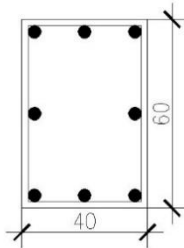
$$\begin{aligned}
 I_{\text{Kolom}} &= \frac{L_{\text{Kolom}} \times I_{\text{Balok}}}{L_{\text{Balok}}} \\
 &= \frac{400 \text{ cm} \times 720000 \text{ cm}^4}{720 \text{ cm}} \\
 &= 400000 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Direncanakan b kolom = 40 cm

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Kolom}} &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 400000 \text{ cm}^4 &= 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (h)^3 \\
 h^3 &= 120000 \text{ cm} \\
 h &= 49.32 \text{ cm} \\
 h^3 &\approx 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi kolom adalah 40/50 cm.

#### 4. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi.



*Gambar 4.1.2.2 Gambar Rencana Kolom 40/60*

#### 4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Dalam perencanaan dimensi sloof terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi sloof

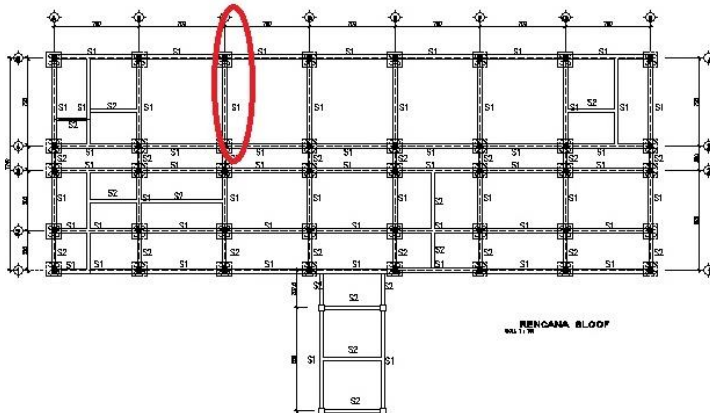
dalam perencanaan struktur Gedung Diknas IV Lantai adalah sebagai berikut :

### A. Sloof ( S1 )

#### 1. Data – data Perencanaan

- a. Tipe Sloof : S - 1
- b. Dimensi Kolom : 40 x 50 cm
- c. Panjang Sloof : 720 cm
- d. Tinggi Kolom : 400 cm

#### 2. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.1.3.1 Rencana Denah Sloof S-1

#### 3. Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Kolom}} &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (50 \text{ cm})^3 \\
 &= 416667 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Sloof}} &= \frac{L_{\text{Sloof}} \times I_{\text{Kolom}}}{L_{\text{Kolom}}} \\
 &= \frac{720 \text{ cm} \times 416667 \text{ cm}^4}{400 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

$$= 750000 \text{ cm}^4$$

Direncanakan  $b$  sloof  $= 2/3xh$  cm

$$I_{\text{Sloof}} = 1/12 \times b \times h^3$$

$$750000 \text{ cm}^4 = 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (2/3xh)^3$$

$$h^4 = 6000000 \text{ cm}$$

$$h = 49.49 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h$$

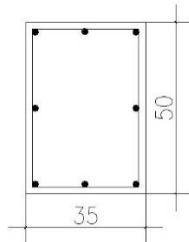
$$= 2/3 \times 50$$

$$= 33.33 \text{ cm}$$

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

Maka direncanakan dimensi sloof S-1 adalah 35/50 cm.

#### 4. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



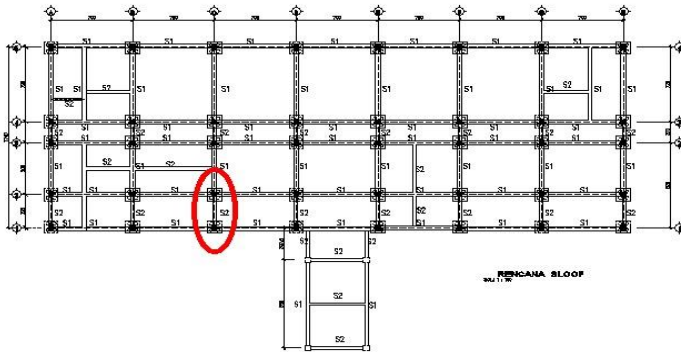
*Gambar 4.1.3.2 Gambar Rencana Sloof S-1 35/50*

### **B. Sloof ( S2 )**

#### 1. Data – data Perencanaan

- a. Tipe Sloof : S - 2
- b. Dimensi Kolom : 40 x 50 cm
- c. Panjang Sloof : 320 cm
- d. Tinggi Kolom : 400 cm

## 2. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.1.3.3 Rencana Denah Sloof S -2

## 3. Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned} I_{\text{Kolom}} &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (50 \text{ cm})^3 \\ &= 416667 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Sloof}} &= \frac{L_{\text{Sloof}} \times I_{\text{Kolom}}}{L_{\text{Kolom}}} \\ &= \frac{320 \text{ cm} \times 416667 \text{ cm}^4}{400 \text{ cm}} \\ &= 333333 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

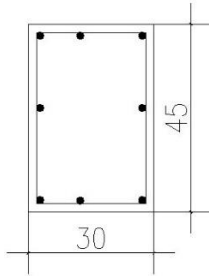
Direncanakan b sloof =  $2/3 \times h$  cm

$$\begin{aligned} I_{\text{Sloof}} &= 1/12 \times b \times h^3 \\ 333333 \text{ cm}^4 &= 1/12 \times 40 \text{ cm} \times (2/3 \times h)^3 \\ h^4 &= 266667 \text{ cm} \\ h &= 40.41 \text{ cm} \\ h &\approx 45 \text{ cm} \\ b &= 2/3 \times h \\ &= 2/3 \times 45 \\ &= 30 \text{ cm} \end{aligned}$$



Maka direncanakan dimensi sloof S-2 adalah 30/45 cm.

#### 4. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



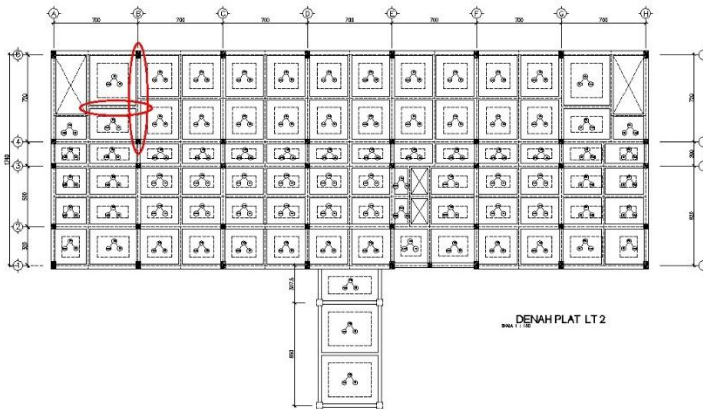
*Gambar 4.1.3.4 Gambar Rencana Sloof S-2 30/45*

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam perencanaan dimensi pelat terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur Gedung Diknas Empat Lantai adalah sebagai berikut :

1. Data – data Perencanaan
  - a. Tipe pelat : P
  - b. Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
  - c. Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) : 400 mpa
  - d. Rencana tebal pelat : 12 cm
  - e. Bentang pelat sumbu panjang ( $L_y$ ): 430 cm
  - f. Bentang pelat sumbu pendek ( $L_x$ ): 410 cm
  - g. Dimensi balok as B (5-4) : 40/60
  - h. Dimensi balok as 4 (A-B) : 40/60
  - i. Dimensi balok as 4' (A-B) : 40/60
  - j. Dimensi balok as 3 - 4 (A-B) : 25/35

## 2. Gambar Denah Perencanaan



*Gambar 4.1.4.1 Gambar Rencana Pelat*

### 3. Perhitungan Perencanaan

- Bentang bersih pelat sumbu panjang ( $l_n$ )

$$l_y \quad : \quad 432.5 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as B 1-2} \quad : \quad 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as B' 1-2} \quad : \quad 25 \text{ cm}$$

$$l_n = l_y - \left( \frac{b \text{ balok as B 1-2}}{2} + \frac{b \text{ balok as B' 1-2}}{2} \right)$$

$$l_n = 432.5 - \left( \frac{40}{2} + \frac{25}{2} \right)$$

$$l_n = 400 \text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek ( $s_n$ )

$$l_x \quad : \quad 415 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as B 1-2} \quad : \quad 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as B' 1-2} \quad : \quad 25 \text{ cm}$$

$$s_n = l_x - \left( \frac{b \text{ balok as B 1-2}}{2} + \frac{b \text{ balok as B' 1-2}}{2} \right)$$

$$s_n = 415 - \left( \frac{40}{2} + \frac{25}{2} \right)$$

$$s_n = 383 \text{ cm}$$

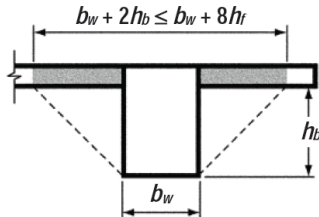
Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{ln}{S_n}$$

$$\beta = \frac{400}{383}$$

$$\beta = 1,05 < 2 \quad \text{Two way slab ( pelat dua arah)}$$

- Tinjau balok as B 1-2



$$b_w : 40 \text{ cm}$$

$$h_w : 60 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi plat (t) : 12 cm}$$

- $b_{e1} = b_w + 2h_w$   
 $b_{e1} = b_w + 2(h-t)$   
 $b_{e1} = 40 + 2(60-12)$   
 $b_{e1} = 136$
- $b_{e2} = b_w + (8 \times t)$   
 $b_{e2} = 40 + (8 \times 12)$   
 $b_{e2} = 136$

*(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)*

Maka yang digunakan yang nilai  $b_e$  terkecil adalah 136 cm

- Faktor modifikasi  
 Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chukia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

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

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

$$k = 1,64$$

- Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,64 \cdot \frac{40 \cdot 60^3}{12}$$

$$I_b = 1182170 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (432,5 + 415)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 61020 \text{ cm}^4$$

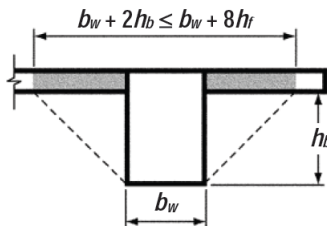
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

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

$$\alpha_1 = \frac{1182170 \text{ cm}^4}{61020 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 19,37$$

- Tinjau balok as B' 1-2



$$b_w : 25 \text{ cm}$$

$$h : 35 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi plat (t) : 12 cm}$$

$$\blacktriangleright b_{e1} = b_w + 2h_w$$

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

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka yang digunakan yang nilai  $b_e$  terkecil adalah 71 cm

- Faktor modifikasi  
Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chukia Wang dan Wang G Salmon 16.4.2.b)

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)} \\
 k &= \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{35}\right) + 4 \left(\frac{12}{35}\right)^2 + \left(\frac{86}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{35}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{71}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{35}\right)} \\
 k &= 1,58
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia penampang T ( $I_b$ )

$$\begin{aligned}
 I_b &= K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} \\
 I_b &= 1,58 \cdot \frac{25 \cdot 35^3}{12} \\
 I_b &= 140709,9 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia lajur plat ( $I_p$ )

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{b_p \cdot t^3}{12} \\
 I_p &= \frac{\{0,5 (432,5 + 415)\} \cdot 12^3}{12} \\
 I_p &= 61020 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}
 \alpha_4 &= \frac{I_b}{I_p} \\
 \alpha_4 &= \frac{140709,9 \text{ cm}^4}{61020 \text{ cm}^4}
 \end{aligned}$$

$$\alpha_4 = 2,31$$

Dari perhitungan di atas didapatkan,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\ \alpha &= \frac{19,37 + 19,37 + 19,37 + 2,31}{4} \\ &= 15,1\end{aligned}$$

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c)* Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm sehingga,

$$h = \frac{400 \times \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1,05)} > 90 \text{ mm}$$

$$h = 9,56 \text{ cm}$$

$$h = 9,56 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm.

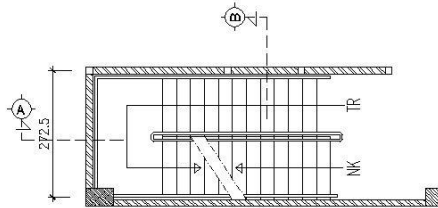
#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur Gedung Diknas Empat Lantai adalah sebagai berikut :

1. Data – data Perencanaan :
  - a. Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
  - b. Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) : 400 Mpa
  - c. Tebal Pelat : 15 cm
  - d. Lebar Injakan (i) : 30 cm
  - e. Tinggi Injakan (t) : 17 cm
  - f. Tinggi tangga : 400 cm

- g. Tinggi bordes : 200 cm  
 h. Panjang datar tangga : 500 cm  
 i. Lebar Tangga : 130 cm  
 j. Lebar Bordes : 135 cm  
 k. Panjang Bordes : 270 cm

2. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.1.5.1 Rencana Denah Tangga

3. Perhitungan Perencanaan

Persyaratan

$$\text{Lebar Injakan} + 2 \times \text{Tinggi Injakan} < 65$$

$$30 + 2 \times 17 < 65$$

$$64 < 65$$

( Memenuhi )

Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned} n_t &= \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi tanjakan}} \\ &= \frac{200}{17} \\ &= 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jumlah injakan

$$\begin{aligned} n_i &= n_t - 1 \\ &= 11 - 1 \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sudut kemiringan

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ \alpha &= \arctan \frac{17}{30} \\ \alpha &= 29,539^\circ \end{aligned}$$

syarat sudut kemiringan

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

$$25^\circ \leq 29,539^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})$$

Tebal efektif pelat tangga

Dengan perbandingan luas pada segitiga:

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d$$

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 17 = \frac{1}{2} \times (\sqrt{30^2 + 17^2}) \times d$$

$$255 = 17,24 \times d$$

$$d = 14,79$$

$$\frac{1}{2} \times d = 7,395 \text{ cm}$$



## 4.2 Perhitungan Struktur

### 4.2.1 Pembebanan Struktur

#### 4.2.1.1 Pembebanan Pelat

1. Pembebanan Lantai 1
  - a. Beban Hidup  
Tidak ada beban hidup yang dibebankan pada Lantai Dasar
  - b. Beban Mati  
Tidak ada beban mati pada sloof karena sloof berada di pondasi
2. Pembebanan Lantai 2
  - a. Beban Hidup  
Fungsi lantai sebagai kantor jadi beban hidup sebesar  $240 \text{ kg/m}^2$   
(*Tabel 4-1 SNI-1727-2013*)
  - b. Beban Mati
 

Berat sendiri pelat	: $288 \text{ kg/m}^2$
( $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.12 \text{ m}$ )	
Keramik 19 mm + Spesi 25 mm	: $110 \text{ kg/m}^2$
( <i>ASCE</i> )	
Plafond Kalsibord 4.5 + Penggantung	: $16,40 \text{ kg/m}^2$
( <i>Brosur Terlampir</i> )	
Mekanikal Elektrikal	: $19 \text{ kg/m}^2$
Total Beban = ( $288+110+16,40+19$ ) $\text{kg/m}^2$	
= $433,40 \text{ kg/m}^2$	
3. Pembebanan Lantai 3
  - a. Beban Hidup

Fungsi lanatai sebagai ruang arsip dan komputer jadi beban hidup sebesar 479 (**Tabel 4-1 SNI-1727-2013**)

b. Beban Mati

Berat sendiri pelat : 288 kg/m<sup>2</sup>  
( 2400 kg/m<sup>3</sup> x 0.12 m )

Keramik 19 mm + Spesi 25 mm : 110 kg/m<sup>2</sup>  
( **ASCE** )

Plafond Kalsibord 4.5 + : 16,40 kg/m<sup>2</sup>  
Penggantung

( **Brosur Terlampir** )

Mekanikal Elektrikal : 19 kg/m<sup>2</sup>

Total Beban = ( 288+110+16,40+19 ) kg/m<sup>2</sup>  
= 433,40 kg/m<sup>2</sup>

4. Pembebanan Lantai 3

a. Beban Hidup

Fungsi lanatai sebagai ruang pertemuan jadi beban hidup sebesar 479 (**Tabel 4-1 SNI-1727-2013**)

b. Beban Mati

Berat sendiri pelat : 288 kg/m<sup>2</sup>  
( 2400 kg/m<sup>3</sup> x 0.12 m )

Keramik 19 mm + Spesi 25 mm : 110 kg/m<sup>2</sup>  
( **ASCE** )

Plafond Kalsibord 4.5 + : 16,40 kg/m<sup>2</sup>  
Penggantung

( **Brosur Terlampir** )

Mekanikal Elektrikal : 19 kg/m<sup>2</sup>

Total Beban = ( 288+110+16,40+19 ) kg/m<sup>2</sup>  
= 433,40 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.2.1.2 Pembebanan Dinding

Tinggi Dinding	: 4 m ( per lantai )
Bata Ringan Citicon (600 kg/m <sup>3</sup> x 0.2 m)	: 120 kg/m <sup>2</sup>
( <i>Brosur Terlampir</i> )	
Plester D200 ( 20 kg/m <sup>2</sup> /100 mm x 2 cm )	: 40 kg/m <sup>2</sup>
( <i>Brosur Terlampir</i> )	
Acian NP S540 ( 3 kg/m <sup>2</sup> /2 mm x 2 cm )	: 6 kg/m <sup>2</sup>
( <i>Brosur Terlampir</i> )	
Total Beban	= ( 120+40+6) kg/m <sup>2</sup> x Tinggi Dinding
	= 166 kg/m <sup>2</sup> x 4 m
	= 664 kg/m per lantai

#### 4.2.1.3 Pembebanan Lift

Data perencanaan :	
- Tipe lift	= Red
- Merk	= Mitsubishi Electric
- Kapasitas	= 6 orang
- Lebar pintu	= 800 mm
- Kecepatan	= 1 m/sec
- Dimensi sangkar :	
Internal	= 850 x 1400 mm <sup>2</sup>
External	= 1850 x 2700 mm <sup>2</sup>
- Dimensi ruang luncur	= 1400 x 1750 mm <sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :	
R1	= 10500 kg
R2	= 8500 kg

## Horizontal Dimensions

Mitsubishi Electric Standard												
Code number	Number of persons	Rated capacity (kg)	Rated speed (m/sec)	Door type	Entrance width (mm) JJ	Car internal dimensions (mm) AA×BB	Counter-weight position	Minimum hoistway dimensions (mm) AH×BH/car	Minimum machine room dimensions (mm) AM×BM/car			
P6	6	450	1.0	CO	800	1400×850	Rear	1750×1400	1850×2700			
							Side	2100×1200	2100×1900			
P8	8	550	1.0				1400×1030	Rear	1750×1590	1850×2900		
						Side		2100×1380	2100×2000			
P9	9	600	1.5				1400×1100	Rear	1750×1660	1850×2950		
			Side			2100×1450		2100×2050				
P10	10	700	1.75				1400×1250	Rear	1750×1810	1850×3100		
			Side			2100×1600		2100×2050				
P11	11	750	1.0			2S	1400×1350	Rear	1750×1910	1850×3200		
								Side	2100×1700	2100×2100		
P13	13	900					900		1600×1350	Rear	2000×1910	2000×1950
								Side		2400×1730	2400×2150	
P15	15	1000				1000		1600×1500	Rear	2000×2060	2000×2100	
									Side	2400×1880	2400×2200	
						1800×1300	Rear	2200×1860	2200×1900			
					Side		2600×1680	2600×2100				
P17	17	1150		1.0	2S	900	1100×2100	Rear	1850×2530	1850×2530		
								Side	2200×2110	2200×2150		
							1000	1800×1500	Rear	2200×2110	2200×2150	
									Side	2600×1880	2600×2200	
1100	2000×1350	Rear		2400×1960	2400×2000							
		Side		2800×1730	2800×2150							
P20	20	1350	1.5	CO	1000	1800×1700	Rear	2200×2310	2200×2350			
							Side	2600×2080	2600×2300			
P24	24	1600	2.0	CO	1100	2000×1550	Rear	2400×2160	2400×2200			
							Side	2800×1930	2800×2300			
			2.5	CO	1100	2100×1600	Rear	2500×2250	2500×2250			
							Side	2880×1980	2880×2200			
			2S	1200	1400×2400	Side	2180×2830	2180×2830				

Gambar 4.2.1.3.1 spesifikasi lift

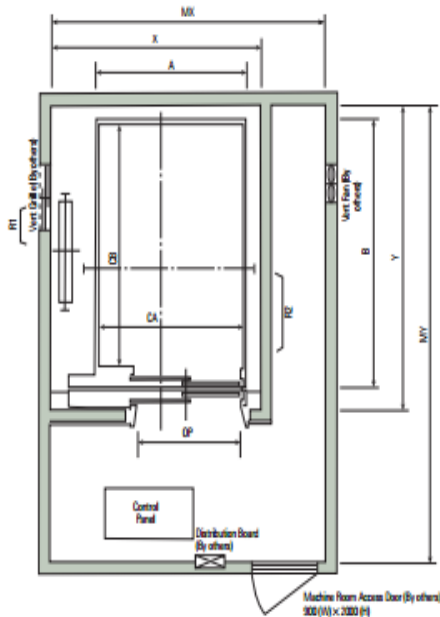
## Vertical Dimensions

Mitsubishi Electric Standard									
Rated speed (m/sec)	Rated capacity (kg)	Maximum travel (m) TR	Maximum number of stops	Minimum overhead (mm) OH		Minimum pit depth (mm) PD		Minimum machine room clear height (mm) HM	Minimum floor to floor height (mm)
				TR≤80	80<TR≤120	TR≤90	90<TR		
1.0	450≤Capacity≤1600	60	30			4400	1360	2200	2500 <sup>*)</sup>
1.5		90				4550	1410		
1.75		90				4630	1410		
2.0	750≤Capacity≤1350	120 <sup>*)</sup>	36	4720	4820	1550	1650	2200	2500 <sup>*)</sup>
		90							
2.5	750≤Capacity≤1350	120 <sup>*)</sup>	36	4950	5050	1900	2000	2200	2500 <sup>*)</sup>
		90							
	1350<Capacity≤1600	90	30						

# BED ELEVATORS

General Type [2S, 2SD]

Plan of Hoistway & Machine Room

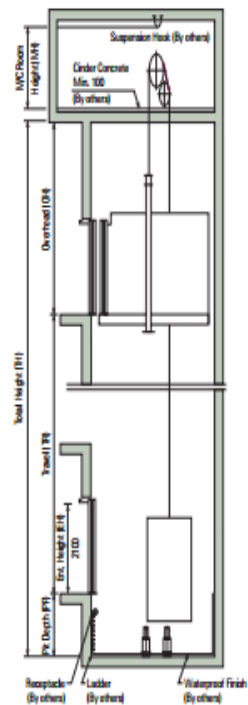


Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
0.75	4300	1300	2400
1.0	4400	1400	
1.5	4600	1600	
1.75	4700	1800	

Section of Hoistway



- ▲ Notes : 1. Machine Room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioners, if necessary, and humidity below 90%.
2. In case of special hoistway, machine room height may be higher than above size.
3. Above is minimum size.
4. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Gambar 4.2.1.3.2 dimensi lift

#### 4.2.1.4 Pembebanan Tangga

##### 1. Tangga

a. Beban Hidup : 192 kg/m<sup>2</sup>  
(Tabel 4-1 SNI-1727-2013)

##### b. Beban Mati

Berat sendiri plat : 360 kg/m<sup>2</sup>  
( 0.15 m x 2400 kg/m<sup>3</sup> )

Berat sendiri anak tangga : 567 kg/m<sup>2</sup>  
( 0.17 m x 0.15 m x 2400 kg/m<sup>3</sup> )

/ 11 anak tangga

Railing : 10 kg/m<sup>2</sup>  
( Asumsi )

Keramik 19 mm + : 110 kg/m<sup>2</sup>  
Spesi 25 mm

$$\begin{aligned} \text{Total Beban} &= ( 192+567+10+110 ) \text{ kg/m}^2 \\ &= 1046.88 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

##### 2. Bordes

a. Beban Hidup : 192 kg/m<sup>2</sup>  
(Tabel 4-1 SNI-1727-2013)

##### b. Beban Mati

Berat sendiri plat : 360 kg/m<sup>2</sup>  
( 0.15 m x 2400 kg/m<sup>3</sup> )

Keramik 19 mm + Spesi 25 mm : 110 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Total Beban} &= ( 360++110 ) \text{ kg/m}^2 \\ &= 470 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.5 Pembebanan Angin

Dalam perhitungan pembebanan angin menggunakan SNI 1727:2013 tentang beban

minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Dalam peraturan tersebut beban angin di desain untuk bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari empat prosedur yaitu prosedur pengarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan gedung bertingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan gedung, dan prosedur terowongan angin.

Berikut perhitungan pembebanan angin struktur Gedung Diknas Empat Lantai:

1. Data Perencanaan

Fungsi bangunan	: Perkantoran
Tinggi bangunan	: 16 m
Panjang bangunan	: 49 m
Lebar bangunan	: 17.4 m
Tinggi per lantai	: 4 m

2. Kategori bangunan gedung

- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2  
Termasuk bangunan gedung tertutup karena bangunan gedung tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka dan bangunan gedung tertutup sebagian
- Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2 dan 26.9.2  
Termasuk bangunan kaku karena memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Penentuan Frekuensi

- Tinggi bangunan  $\leq 91$  m

$16 \text{ m} \leq 91 \text{ m}$  (OK)

- Tinggi bangunan  $\leq 4 \times L_{\text{eff}}$

$$L_{\text{eff}} = \frac{\sum h_i L_i}{\sum h_i} = \frac{784 \text{ m}^2}{16 \text{ m}} = 49 \text{ m}$$

Maka,  $16 \text{ m} \leq 4 \times 49 \text{ m}$

$$16 \text{ m} \leq 196 \text{ m (OK)}$$

Sehingga dapat dihitung sesuai dengan pasal 26.9.3 frekuensi alami perkiraan.

Untuk beton bangunan rangka penahan momen

$$n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}} = \frac{43,5}{16^{0,9}} = 3,59 \text{ Hz}$$

$$\text{Maka, } n_a \geq 1 \text{ Hz}$$

$$3,59 \text{ Hz} \geq 1 \text{ Hz (OK)}$$

- Dari uraian diatas maka pembebanan angin pada bangunan gedung SPBAU menggunakan prosedur pengarah (lihat SNI 1727:2013 pasal 27)
- 3. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1)
  - a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (SNI 1727:2013 tabel 1.5-1)



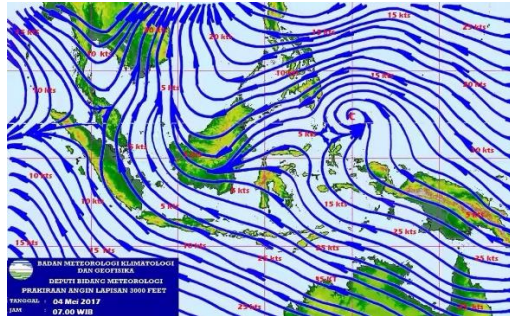
Tabel 1.5-1 - Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa\*, dan Es

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

#### *Gambar 4.2.1.4.1 Kategori Risiko Bangunan*

Maka bangunan gedung termasuk dalam kategori risiko IV

- b. Menentukan kecepatan angin dasar (V)  
 Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika ( 04 mei 2017)  
 $V = 5 \text{ kts} = 9,26 \text{ km/jam} = 2,57 \text{ m/s}$



*Gambar 4.2.1.4.2 Prakirana cuaca provinsi jawa timur (sumber : meteo.bmkg.go.id)*

- c. Menentukan Faktor arah angin  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1  
 $K_d = 0,85$

**Label 26.6-1 - Faktor Arah Angin,  $K_d$**

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

- d. Kategori Eksposur  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7  
 Maka termasuk dalam eksposur B
- e. Faktor topografi  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2  
 $K_{zt} = 1$
- f. Faktor efek tiupan angin

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1  
 Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan  
 gedung dan struktur lain yang kaku diambil  $G = 0,85$

- g. Koefisien tekanan internal  
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

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

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

- 0,18

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

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

Tinggi bangunan (z) = 16 m

Interpolasi nilai z :

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

$$\frac{16 - 15,2}{18 - 15,2} = \frac{y - 0,81}{0,85 - 0,81}$$

$$\frac{0,8}{2,8} = \frac{y - 0,81}{0,04}$$

$$y = 0,82$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.4

*Dalam metrik*

Eksposur	$\alpha$	$Z_g$ (ft)	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	$\ell$ (ft)	$\bar{\epsilon}$	$Z_{min}$ (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/8,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

Eksposur B  $\rightarrow$   $\alpha = 7$   
 $Z_g = 365,76$  m

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

$$K_z = 2,01 \left( \frac{16}{367,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,822$$

Maka,  $K_z = K_h = 0,822$  (karena atap datar)

i. Menentukan tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

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

$$q_z = 0,613 \times 0,822 \times 1 \times 0,85 \times 2,57^2$$

$$q_z = 2,83 \text{ N/m}^2$$

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

$$q_h = 0,613 \times 0,821 \times 1 \times 0,85 \times 2,57^2$$

$$q_h = 2,83 \text{ N/m}^2$$

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

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

- Dinding di sisi angin datang ( $q_z$ )

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi ( $q_h$ )

$$\frac{L}{B} = \frac{17,4 \text{ m}}{49 \text{ m}} = 0,36$$

$$C_p = -0,5$$

- Dinding tepi ( $q_h$ )

$$C_p = -0,7$$

- k. Tekanan angin pada setiap permukaan  
 bangunan gedung kaku Sesuai dengan SNI  
 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 2,83 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = 1,93 \text{ N/m}^2 = 0,193 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 2,83 \times 0,85 \times (-0,5) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -1,2 \text{ N/m}^2 = -0,12 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 2,83 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -1,68 \text{ N/m}^2 = -0,168 \text{ kg/m}^2$$

1. Input beban angin di SAP 2000. Beban angin di inputkan ke dalam kolom sebagai beban merata pada tiap-tiap kolom arah x dan y.

Permukaan	Letak Kolom	Bentang Dinding (m)	Beban Angin (kg/m)
Dinding di sisi angin datang (depan)	A ( Tepi )	3,5	0,59
	B	7	1,35
	C	7	1,35
	D	7	1,35
	E	7	1,35
	F	7	1,35
	G	7	1,35
	H (Tepi )	3,5	0,59
Dinding di sisi angin pergi (belakang)	A ( Tepi )	3,5	0,59
	B	7	0,84
	C	7	0,84

	D	7	0,84
	E	7	0,84
	F	7	0,84
	G	7	0,84
	H (Tepi )	3,5	0,59
	1 ( Tepi )	1,6	0,31
Dinding di sisi angin pergi samping kiri	2	4,1	0,49
	3	3,5	0,42
	4	4,6	0,55
	5 (Tepi )	3,6	0,61
	1 ( Tepi )	1,6	0,27
Dinding di sisi angin pergi samping kanan	2	4,1	0,49
	3	3,5	0,42
	4	4,6	0,55
	5 (Tepi )	3,6	0,61

#### 4.2.1.6 Pembebanan Gempa

Gedung Diknas yang direncanakan merupakan bangunan bertingkat. Jumlah tingkat gedung ialah 4 tingkat. Pada perhitungan beban gempa struktur

menggunakan analisis perhitungan statik ekuivalen.  
Berikut langkah-langkah perhitungan :

3. Kalsifikasi Situs  
 Sesuai *SNI 1726:2012 Tabel 3*, Dari data tanah yang didapat dari lokasi proyek didapatkan klsifikasi tanah termasuk dalam tanah sedang (SD) dengan N rata-rata sebesar 15,28.
4. Faktor Percepatan Batuan Dasar ( $S_s$ ,  $S_1$ )  
 Direncanakan bangunan berumur 2% dalam 50 tahun (Gempa 2500 tahun).  
 Diketahui dari lokasi bangunan:  
 $S_s = 0,3 g$   
 (*Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, Gambar 2*)  
 $S_i = 0,1 g$   
 (*Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, Gambar 3*)
5. Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) dan Parameter respon ( $S_{ms}$ ,  $S_{d1}$ )  
 $S_s = 0,3 g$  berada diantara  $S_s < 0,25$  dengan  $S_s = 0,5$  maka dilakukan interpolasi linier.  
 (*SNI 1726:2012 Tabel 4*)

Tabel 1 Perhitungan Nilai  $F_a$  secara interpolasi Linier

$$\frac{0,3 - 0,25}{0,5 - 0,25} = \frac{x - 1,4}{1,6 - 1,4}$$

$$\frac{0,05}{0,25} = \frac{x - 1,4}{0,2}$$

$$x = 1,44$$



$S_s$	$F_a$
0,5	1,6
0,3	1,44
0,25	1,4

Maka  $F_a = 1,44$

$S_1 = 0,1 g$  berada di  $S_1 \leq 0,1$

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Maka  $F_v = 2,4$

Koefisien situs

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,44 \times 0,3 = 0,432 g$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,1 = 0,24 g$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

6. Parameter percepatan spektral desain

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,432$$

$$S_{DS} = 0,288$$

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

(SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,24$$

$$= 0,16$$

**Spektrum respons desain**

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,16}{0,288} = 0,111 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,16}{0,288} = 0,5556 \text{ detik}$$

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

*(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)*

$$T = 0,0466 \cdot 16^{0,9}$$

*(SNI 1726:2012 Tabel 15)*

$$T_a = 0,565 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas, maka termasuk kedalam persamaan:

$$T_0 < T_a < T_s \rightarrow S_a = S_{DS}$$

*(SNI 1726:2012 Pasal 6.4)*

Sehingga didapatkan nilai  $S_a = S_{DS} = 0,4 g$

#### 4. Tinggi Bangunan

$$H_0 = 0,5 \text{ m}$$

$$H_1 = 4 \text{ m}$$

$$H_2 = 8 \text{ m}$$

$$H_3 = 12 \text{ m}$$

$$H_4 = 16 \text{ m}$$

#### 5. Berat Struktur Bangunan

W	Jenis Beban	Komponen	Berat ( Kg )	Total ( Kg )
1	Lantai Dasar	Kolom 40/50	42240	<b>370490, 36</b>
		Kolom Praktis 15/15	5724	
		Sloof S1 35/50	171402	
		Sloof S2 30/45	18734	

		Dinding	120001	
	Lantai tangga	Balok Bordes 40/60	4032	
		Plat Bordes t = 15 cm	1264	
		Berat Anak Tangga	6236	
		Keramik + spesi ( Tangga )	471,90	
		Keramik + spesi ( Bordes )	386,1	
2	Lantai 2	Balok Induk (BI.1)	215683,2	<b>1153681,42</b>
		Balok Anak (BA.1)	42084	
		Balok Induk (BI.2)	5690,88	
		Balok Anak (BA.2)	2489,79	
		Kolom	84480	
		Kolom Praktis	11448	
		Pelat Lantai Tipe 1	10154,88	
		Pelat Lantai Tipe 2	137332,8	
		Pelat Lantai Tipe 3	147033,2	
		Pelat Lantai Tipe 4	17280	
		Keramik + spesi	115212	
		Plafond Kalsiboard 4.5	17177	
	Mekanikal Elektrikal	19900,26		
	Dinding	309370,9		
		Lantai tangga	Balok bordes	
	Plat Bordes		2527	
	Berat anak tangga		12471	
	Keramik + spesi ( Tangga )		943,8	
	Keramik + spesi ( Bordes )		386,1	
3	Lantai 3	Balok Induk (BI.1)	201859.2	<b>1113847,42</b>
		Balok Anak (BA.1)	41034	
		Balok Induk (BI.2)	5690.88	

		Balok Anak (BA.2)	2489.76	
		Kolom	76800	
		Kolom Praktis	11448	
		Pelat Lantai Tipe 1	10154.88	
		Pelat Lantai Tipe 2	137332.8	
		Pelat Lantai Tipe 3	147033.2	
		Keramik + spesi	115212	
		Plafond Kalsiboard 4.5	17177	
		Mekanikal Elektrikal	19900.26	
	Lantai tangga	Dinding	309370.9	
		Balok bordes	2016	
		Plat Bordes	2527	
		Berat anak tangga	12471	
		Keramik + spesi ( Tangga )	943,8	
		Keramik + spesi ( Bordes )	386,1	
4	Lantai 4	Balok Induk (BI.1)	201859.2	<b>945325.34</b>
		Balok Anak (BA.1)	41034	
		Balok Induk (BI.2)	5690.88	
		Balok Anak (BA.2)	2489.76	
		Kolom	76800	

5		Kolom Praktis	9072	<b>712360. 68</b>
		Pelat Lantai Tipe 1	10154.88	
		Pelat Lantai Tipe 2	137332.8	
		Pelat Lantai Tipe 3	147033.2	
		Keramik + spesi	115212	
		Plafond Kalsiboard 4.5	17177	
		Mekanikal Elektrikal	19900.26	
		Dinding	143224.8	
		Lantai tangga	Balok bordes	
	Plat Bordes		2527	
	Berat anak tangga		12471	
	Keramik + spesi ( Tangga )		943,8	
	Keramik + spesi ( Bordes )		386,1	
	Lantai Atap	Balok Induk (BI.1)	201859.20	
		Balok Anak (BA.1)	41034	
		Balok Induk (BI.2)	5690.88	
		Kolom	38400	
		Kolom Praktis	4536	
Pelat Lantai Tipe 1		304819.20		

	Plafond Kalsiboard 4.5	17177	
	Waterproofing	7331.67	
	Mekanikal Elektrikal	19900.26	
	Dinding	71612.40	
W Total		4236719 kg	

6. Menentukan koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

$$S_{DS} = 0,288$$

$$S_{DI} = 0,16$$

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 14*

$S_{DI}$	$C_u$
0,2	1,5
0,16	1,58
0,15	1,6

$$\frac{0,2 - 0,15}{1,5 - 1,6} = \frac{0,16 - 0,15}{x - 1,6}$$

$$\frac{0,05}{-0,1} = \frac{0,01}{x - 1,6}$$

$$x = 1,58$$

Maka  $C_u = 1,58$

7. Mencari perioda fundamental pendekatan  
 $T_a = 0,565$  detik  
Maka  $T = T_a = 0,565$   
Nilai T tidak boleh melebihi koefisien  $C_u$
8. Perhitungan koefisien respons seismik

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2** fungsi bangunan sebagai kantor dinas, maka termasuk dalam kategori resiko II

$$I_e = 1,00$$

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 9** menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah

$$R = 5$$

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

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 22**)

$$C_s = \frac{0,312}{\left(\frac{5}{1,50}\right)}$$

$$C_s = 0,0624$$

Syarat :

$$- C_s \leq \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 23**)

$$0,0624 \leq \frac{0,16}{0,823\left(\frac{5}{1,00}\right)}$$

$$0,0624 \leq 0,0566 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Syarat

$$- C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,001$$

(**SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 persamaan 24**)

$$0,044 \cdot 0,312 \cdot 1,50 \geq 0,001$$

$$0,014 \geq 0,001 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka nilai  $C_s$  diambil 0,0566

## 9. Geser dasar seismik

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0566 \times 4236719 \text{ kg}$$

$$V = 239931 \text{ kg}$$

## 10. Gaya Dasar Seismik per Lantai (F)

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

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 30)

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 31)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

$$T = 0,823 \text{ s}$$

syarat :

- $T \leq 0,5 \text{ s}$  , maka  $k = 1$
- $T \geq 2,5 \text{ s}$  , maka  $k = 2$
- $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$  , maka k ditentukan dengan interpolasi linier antar 1 dan 2

T	k
2,5	2
0,823	1,16
0,5	1

$$\frac{2,5 - 0,5}{2 - 1} = \frac{0,823 - 0,5}{x - 1}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{0,323}{x - 1}$$

$$x = 1,16$$

Maka nilai  $k = 1,16$

Lantai	hx (m)	Wx (kg)	Wx. hx <sup>k</sup>	CVx	V = Cs. W	Fi (kg)
1	0	370490	0	0	253797	0
2	4	1153681	4824297	0.16	253797	41270
3	8	1113847	9527643	0.32	253797	81506
4	12	945325	12216572	0.41	253797	104509
Atap	16	712360	2920155	0.10	253797	24981
Total			29667577			253796



Cek Gaya Geser

$$V = F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$253796 \text{ kg} = 253796 \text{ kg (OK)}$$

### 11. Beban Gempa Per Kolom

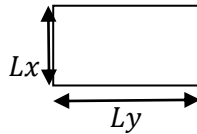
Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		eksentrisitas	
	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)
1	24.27	8.28	24.50	7.80	0.23	0.48
2	25.44	7.14	24.50	7.80	0.94	0.66
3	25.50	9.05	24.50	7.80	1.00	1.25
4	25.83	9.03	24.50	7.80	1.33	1.23
Atap	26.60	10.86	24.50	7.80	2.10	3.06

## 4.2.2 Perhitungan Pelat Lantai

### 4.2.2.1 Perhitungan Pelat Lantai 2

Pada perhitungan pelat lantai ditinjau pada salah satu pelat dengan luasan yang terbesar dari tipe pelat lainnya.

Data Perencanaan :



$Lx = 4.1 \text{ m}$

$Ly = 4.3 \text{ m}$

$h \text{ pelat} = 12 \text{ cm}$

$b \text{ pelat} = 1000 \text{ mm}$

$f_y = 240 \text{ Mpa}$

$\beta = 0,85$

$\Phi = 0,9$

$\text{Decking} = 30 \text{ mm}$

$\beta_1 = 0.85$	.....	bila : $0 < f'_c \leq 30 \text{ MPa}$	} ..... (03-4)
$\beta_1 = 0.85 - 0.008 \times (f'_c - 30)$	..	bila : $30 < f'_c \leq 55 \text{ MPa}$	
$\beta_1 = 0.65$	.....	bila : $f'_c > 55 \text{ MPa}$	

1. Tipe pelat

$$\frac{Ly}{Lx} < 2,5 = \frac{4.3}{4.1} = 1,049 < 2,5 \text{ (Two way)}$$

2. Perhitungan beban pada pelat

Beban mati pada pelat :

Berat sendiri	=	288	Kg/m <sup>2</sup>	
pelat (t=12cm)				
Keramik	=	110	Kg/m <sup>2</sup>	ASCE7
19mm+ spesi				
25mm				
Plafond	=	16,40	Kg/m <sup>2</sup>	Brosur
Kalsiboard4.5+				
penggantug				
Mekanikal	=	19	Kg/m <sup>2</sup>	ASCE7
Elektrikal				
		<hr/>		
		433,40	Kg/m <sup>2</sup>	

Beban hidup pada pelat :

Fungsi gedung sebagai  
Perkantoran = 240 kg/m<sup>2</sup>

Beban ultimate rencana :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1,2 \times 433,40 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 240 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 904,08 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 3. Momen-momen pada pelat

#### **Tulangan Lapangan**

Momen Positif

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} \\
 &= \frac{904,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (4,1 \text{ m})^2}{11} \\
 &= 1381,60 \text{ kgm} \\
 &= 13815986 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \frac{Wu \cdot ln^2}{11} \\
 &= \frac{904,08 \frac{kg}{m^2} \times (4,3 m)^2}{11} \\
 &= 1519,68 \text{ kgm} \\
 &= 15196763 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

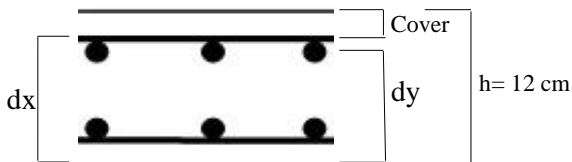
### Tulangan Tumpuan

Momen Negatif

$$\begin{aligned}
 Mtx &= \frac{Wu \cdot ln^2}{9} \\
 &= \frac{904,08 \frac{kg}{m^2} \times (4,1 m)^2}{9} \\
 &= 1688.62 \text{ kgm} \\
 &= 16886205 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \frac{Wu \cdot ln^2}{11} \\
 &= \frac{904,08 \frac{kg}{m^2} \times (4,3 m)^2}{11} \\
 &= 1857,38 \text{ kgm} \\
 &= 18573821 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

#### 4. Penulangan Pelat



$$h \text{ pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$h \text{ cover} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{asumsi } \emptyset \text{ tulangan pelat} = 8 \text{ mm}$$

tinggi manfaat :

$$dx = h - \text{decking} - \frac{1}{2} D_{tul}$$

$$\begin{aligned}
 &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 4\text{mm} \\
 &= 96\text{mm} \\
 dy &= h - \text{decking} - Dtul - \frac{1}{2} Dtul. \\
 &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 8\text{mm} - 4\text{mm} \\
 &= 88 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \left( \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,75 \left( \frac{0,85 \times 20 \times 0,85}{240} \right) \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,0484
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{240}{0,85 \times 30} \\
 &= 9,41
 \end{aligned}$$

### **Tulangan Lapangan arah X**

$$Mu = Mlx = 13815986 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mlx}{\phi} \\
 &= \frac{13815986 \text{ Nmm}}{0,9} \\
 &= 15351095,76 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{15351095,76 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,67}{240}} \right)$$

$$= 0,0090$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0090 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0090 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 776,77 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$S_{\max} = 2 \times h$$

$$= 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 240 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$\text{As} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113,09 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{\text{As perlu}}$$

$$= \frac{113097 \text{ mm}^3}{776,77 \text{ mm}^2}$$

$$= 145,59 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{113097 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}}$$

$$= 1130,97 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan :

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

$$1130,97 \text{ mm}^2 > 776,77 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah X**

$$M_u = M_lx = 16886205 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_lx}{\phi} \\ &= \frac{16886205 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 18762450.37 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{18762450.37 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} \\ &= 2,54 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 2,04}{240}} \right) \\ &= 0,0112 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0089 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0112 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 959 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan = Ø12 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113,09 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{113097 \text{ mm}^3}{959 \text{ mm}^2}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{113097 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}}$$

$$= 1130,97 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan :

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

$$1130,97 \text{ mm}^2 > 959 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Lapangan Arah Y**

$$Mu = Mly = 1519676 \text{ Nmm}$$

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

$$= \frac{1519676 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 16885292 \text{ Nmm}$$

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

$$= \frac{16885292 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,78$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 2,78}{240}} \right)$$

$$= 0,0123$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0123 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0123 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$



$$= 957 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 3 \times h \\ &= 3 \times 120 \text{ mm} \\ &= 360 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan yang digunakan = Ø12 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (12\text{mm})^2 \\ &= 113,09 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{113097 \text{ mm}^3}{957 \text{ mm}^2} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

S pakai = 100 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S} \\ &= \frac{113097 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}} \\ &= 1130,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tulangan :

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$1130,97 \text{ mm}^2 > 957 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah Y**

$M_u = M_{ty} = 18573821 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{ty}}{\phi} \\ &= \frac{18573821 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 20637579 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{20637579 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2} \end{aligned}$$

$$= 3,39$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 3,39}{240}} \right)$$

$$= 0,0145$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0145 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0150 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$

$$= 1130 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113,10 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{11310 \text{ mm}^3}{1130 \text{ mm}^2}$$

$$= 101 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{11310 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}}$$

$$= 1131 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan :

As pakai > As perlu  
 $1131 \text{ mm}^2 > 1130 \text{ mm}^2$       Ok

5. Cek jarak tulangan terhadap cek kontrol retak  
 Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat:  $s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c$  dan tidak

melebihi  $s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$

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

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

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

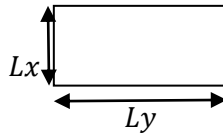
$$s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{266,67} \right) = 525 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $100 \text{ mm} < 475 \text{ mm}$   
 (OK!)

**4.2.2.2 Perhitungan Pelat Lantai 3 dan Pelat Lantai 4**

Pada perhitungan pelat lantai ditinjau pada salah satu pelat dengan luasan yang terbesar dari tipe pelat lainnya.

Data Perencanaan :



- Lx = 4.1 m
- Ly = 4.3 m
- h pelat = 12 cm
- b pelat = 1000 mm
- fy = 240 Mpa
- β = 0,85
- Φ = 0,9
- Decking = 30 mm

$\beta_1 = 0.85$ ..... bila : $0 < f'_c \leq 30$ MPa $\beta_1 = 0.85 - 0.008 \times (f'_c - 30)$ .. bila : $30 < f'_c \leq 55$ MPa $\beta_1 = 0.65$ ..... bila : $f'_c > 55$ MPa	} ..... (03-4)
--	----------------

1. Tipe pelat  
 $\frac{Ly}{Lx} < 2,5 = \frac{4.3}{4.1} = 1,049 < 2,5$  (Two way)
2. Perhitungan beban pada pelat  
Beban mati pada pelat :  
 Berat sendiri = 288 Kg/m<sup>2</sup>  
 pelat (t=12cm)

Keramik 19mm+ spesi 25mm	=	110 Kg/m <sup>2</sup>	ASCE7
Plafond Kalsiboard4.5+ penggantug	=	16,40 Kg/m <sup>2</sup>	Brosur
Mekanikal Elektrikal	=	19 Kg/m <sup>2</sup>	ASCE7
		<hr/> 433,40	Kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup pada pelat :

Fungsi gedung sebagai

Ruang arsip dan komputer = 240 kg/m<sup>2</sup>

Beban ultimate rencana :

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

$$= 1,2 \times 433,40 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 480 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1286 \text{ kg/m}^2$$

### 3. Momen-momen pada pelat

#### **Tulangan Lapangan**

Momen Positif

$$M_{lx} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11}$$

$$= \frac{1286 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (4,1 \text{ m})^2}{11}$$

$$= 1965 \text{ kgm}$$

$$= 19659753 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1286 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (4,3 \text{ m})^2}{11} \\
 &= 2162 \text{ kgm} \\
 &= 21624559 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

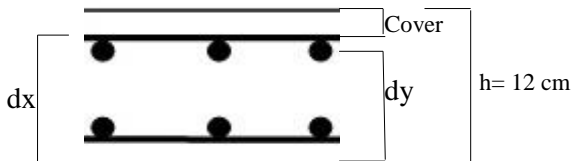
### Tulangan Tumpuan

Momen Negatif

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= \frac{W_u \cdot l_n^2}{9} \\
 &= \frac{1286 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (4,1 \text{ m})^2}{9} \\
 &= 2402 \text{ kgm} \\
 &= 24028588 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} \\
 &= \frac{1286 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (4,3 \text{ m})^2}{11} \\
 &= 2643 \text{ kgm} \\
 &= 26430017 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

#### 4. Penulangan Pelat



$$h \text{ pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$h \text{ cover} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{asumsi } \emptyset \text{ tulangan pelat} = 8 \text{ mm}$$

tinggi manfaat :

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} D_{tul} \\
 &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 4\text{mm} \\
 &= 96\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= dy = h - \text{decking} - Dtul - \frac{1}{2} Dtul \\ &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 8\text{mm} - 4\text{mm} \\ &= 88 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \left( \frac{0,85 x f_c' x \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \left( \frac{0,85 x 20 x 0,85}{240} \right) \left( \frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{240}{0,85 x 30}$$

$$= 9,41$$

### **Tulangan Lapangan arah X**

$$Mu = Mlx = 19659753 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mlx}{\phi} \\ &= \frac{19659753 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 21844171 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{21844171 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} x (96 \text{ mm})^2} \\ &= 2,95 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 9,41 x 2,95}{240}} \right)$$

$$= 0,0131$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0090 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0131 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 1127 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan = D16 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16\text{mm})^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{200960 \text{ mm}^3}{1127 \text{ mm}^2}$$

$$= 178 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{200960 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}}$$

$$= 2009 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$2009 \text{ mm}^2 > 1127 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah X**

$$M_u = M_{lx} = 24028588 \text{ Nmm}$$



$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mx}{\phi} \\ &= \frac{24028588 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 26698431 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{126698431 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} \\ &= 3,61 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 3,61}{240}} \right) \\ &= 0,0163 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0163 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0163 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 1400 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan = D16 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16\text{mm})^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{201060 \text{ mm}^3}{1400 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$= 143 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S} \\ &= \frac{201060 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}} \\ &= 2010,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tulangan :

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

$$2010,60 \text{ mm}^2 > 1400 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

### **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$\text{Mu} = \text{Mly} = 21624559 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \frac{\text{Mly}}{\phi} \\ &= \frac{21624559 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 24027288 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \frac{\text{Mn}}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{24027288 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2} \\ &= 3,95 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 3,95}{240}} \right) \\ &= 0,0180 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0180 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0180 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$

$$= 1402 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 3 \times h \\ &= 3 \times 120 \text{ mm} \\ &= 360 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 16 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 201,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{201061 \text{ mm}^3}{1402 \text{ mm}^2} \\ &= 143 \text{ mm} \end{aligned}$$

S pakai = 100 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S} \\ &= \frac{201061 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}} \\ &= 2010,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tulangan :

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$2010,61 \text{ mm}^2 > 1402 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah Y**

$$M_u = M_{ty} = 26430017 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{ty}}{\phi} \\ &= \frac{26430017 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 29366685 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{29366685 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2} \\ &= 4,83 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 4,83}{240}} \right)$$

$$= 0,0225$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0225 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0225 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$

$$= 1754 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan = Ø16 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16\text{mm})^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{201061 \text{ mm}^3}{1754 \text{ mm}^2}$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{s}$$

$$= \frac{201061 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}}$$

$$= 201061 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$2010,61 \text{ mm}^2 > 1754 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

6. Cek jarak tulangan terhadap cek kontrol  
 Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak}$$

$$\text{melebihi } s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

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

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

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

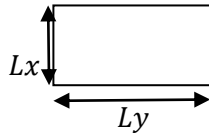
$$s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{266,67} \right) = 525 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $100 \text{ mm} < 475 \text{ mm}$   
 (OK!)

### 4.2.2.3 Perhitungan Pelat Lantai Atap

Pada perhitungan pelat lantai ditinjau pada salah satu pelat dengan luasan yang terbesar dari tipe pelat lainnya.

Data Perencanaan :



$Lx = 4.1 \text{ m}$

$Ly = 4.3 \text{ m}$

$h \text{ pelat} = 12 \text{ cm}$

$b \text{ pelat} = 1000 \text{ mm}$

$f_y = 240 \text{ Mpa}$

$\beta = 0,85$

$\Phi = 0,9$

$\text{Decking} = 30 \text{ mm}$

$\beta_1 = 0.85$ .....	bila : $0 < f'_c \leq 30 \text{ MPa}$	} ..... (03-4)
$\beta_1 = 0.85 - 0.008 \times (f'_c - 30)$ ..	bila : $30 < f'_c \leq 55 \text{ MPa}$	
$\beta_1 = 0.65$ .....	bila : $f'_c > 55 \text{ MPa}$	

1. Tipe pelat

$\frac{Lx}{Ly} < 2,5 = \frac{4.3}{4.1} = 1,049 < 2,5 \text{ (Two way)}$

2. Perhitungan beban pada pelat

Beban mati pada pelat :

Berat sendiri = 288 Kg/m<sup>2</sup>

pelat (t=12cm)			
Plafond	=	16,40 Kg/m <sup>2</sup>	Brosur
Kalsiboard4.5+			
penggantug			
Mekanikal	=	19 Kg/m <sup>2</sup>	ASCE7
Elektrikal			
		<hr/>	
		323,40 Kg/m <sup>2</sup>	

Beban hidup pada pelat :

Beban hidup atap = 96 kg/m<sup>2</sup>

Beban ultimate rencana :

Qu=1,2D+1,6L

= 1,2x323,40 kg/m<sup>2</sup>+1,6x96 kg/m<sup>2</sup>

= 541,68 kg/m<sup>2</sup>

### 3. Momen-momen pada pelat

#### **Tulangan Lapangan**

Momen Positif

$$\begin{aligned}
 Mlx &= \frac{Wu \cdot ln^2}{11} \\
 &= \frac{541,68 \frac{kg}{m^2} \times (3,5 m)^2}{11} \\
 &= 603 \text{ kgm} \\
 &= 6032345 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \frac{Wu \cdot ln^2}{11} \\
 &= \frac{541,68 \frac{kg}{m^2} \times (3,6 m)^2}{11} \\
 &= 638 \text{ kgm} \\
 &= 6381975 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

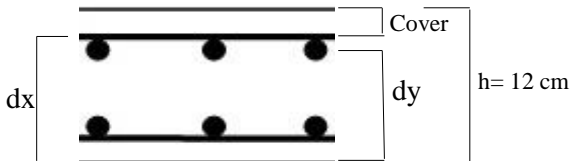
### Tulangan Tumpuan

Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_{tx} &= \frac{W_u \cdot l_n^2}{9} \\ &= \frac{541,68 \frac{kg}{m^2} \times (3,5 m)^2}{9} \\ &= 737 \text{ kgm} \\ &= 7372867 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} \\ &= \frac{541,68 \frac{kg}{m^2} \times (3,6 m)^2}{11} \\ &= 780 \text{ kgm} \\ &= 7800192 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 4. Penulangan Pelat



$$h \text{ pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$h \text{ cover} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{asumsi } \emptyset \text{ tulangan pelat} = 8 \text{ mm}$$

$$h \text{ pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$h \text{ cover} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{asumsi } \emptyset \text{ tulangan pelat} = 8 \text{ mm}$$

tinggi manfaat :

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} D_{tul} \\ &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 4\text{mm} \\ &= 96\text{mm} \end{aligned}$$

$$dy = dy = h - \text{decking} - D_{tul} - \frac{1}{2} D_{tul}$$



$$\begin{aligned}
 &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 8\text{mm} - 4\text{mm} \\
 &= 88 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \left( \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,75 \left( \frac{0,85 \times 20 \times 0,85}{240} \right) \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,0484
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{240}{0,85 \times 30} \\
 &= 9,41
 \end{aligned}$$

### **Tulangan Lapangan arah X**

$$M_u = M_lx = 6032345 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{6032345 \text{ Nmm}}{0,9} \\
 &= 6702606 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{6702606 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,91
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,91}{240}} \right) \\
 &= 0,0038
 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0038 < 0,0484 \quad \text{Tidak Ok}$$

As perlu dikali 1,3 >  $\rho_{\min}$

$$= 1,3 \times 0,0038 = 0,0049 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0,0058$

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

$$= 0,0058 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 502 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{502 \text{ mm}^2}$$

$$= 225 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{150 \text{ mm}}$$

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

Syarat tulangan :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$754 \text{ mm}^2 > 502 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah X**

$$M_u = M_lx = 7372867 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_lx}{\phi} \\ &= \frac{7372867 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 8192074 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{8192074 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (96 \text{ mm})^2} \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,11}{240}} \right) \\ &= 0,0047 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0047 < 0,0484 \quad \text{Tidak Ok}$$

As perlu dikali 1,3 >  $\rho_{\min}$

$$= 1,3 \times 0,0047 = 0,0061 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0061$

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

$$= 0,0061 \times 1000 \text{ mm} \times 86$$

$$= 528 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (12\text{mm})^2 \\
 &= 113,04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ perlu} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{113040 \text{ mm}^3}{528 \text{ mm}^2} \\
 &= 214 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S} \\
 &= \frac{113040 \text{ mm}^3}{150 \text{ mm}} \\
 &= 754 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat tulangan :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$754\text{mm}^2 > 528 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_u = M_{ly} = 6381975 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{ly}}{\phi} \\
 &= \frac{6381975 \text{ Nmm}}{0,9} \\
 &= 7091084 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{7091084 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,17
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,17}{240}} \right) \\
 &= 0,0050
 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0050 < 0,0484 \quad \text{Tidak Ok}$$

As perlu dikali 1,3 >  $\rho \text{ min}$

$$= 1,3 \times 0,0050 = 0,0061 > \rho \text{ min}$$

Maka dipakai  $\rho \text{ perlu} = 0,0065$

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

$$= 0,0065 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$

$$= 504 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$S_{\text{max}} = 3 \times h$$

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{504 \text{ mm}^2}$$

$$= 224 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{S}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{150 \text{ mm}}$$

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

Syarat tulangan :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$754 \text{ mm}^2 > 504 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

**Tulangan Tumpuan arah Y**

$$M_u = M_{ty} = 7800192 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{ty}}{\phi} \\ &= \frac{7800192 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 8666880 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{8666880 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (88 \text{ mm})^2} \\ &= 1,42 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{9,41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,42}{240}} \right) \\ &= 0,0061 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0058 < 0,0061 < 0,0484 \quad \text{Ok}$$

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

$$= 0,0061 \times 1000 \text{ mm} \times 78$$

$$= 477 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

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

$$= 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Tulangan yang digunakan = Ø12 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ perlu} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{477 \text{ mm}^2}$$

$$= 234 \text{ mm}$$

S pakai = 150 mm

$$\text{As pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 b}{s}$$

$$= \frac{113040 \text{ mm}^3}{150 \text{ mm}}$$

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

Syarat tulangan :

As pakai > As perlu

$$754 \text{ mm}^2 > 477 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok}$$

5. Cek jarak tulangan terhadap cek kontrol

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c$$

dan tidak melebihi

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

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

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

$$s \text{ max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{266,67} \right) = 525 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai = 100 mm < 475 mm  
(OK!)

6. Menghitung besarnya lendutan

Besarnya lendutan ( $I_e$ ) :

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_{cr} \right]$$

Dimana :  $M_{cr} = f_r \cdot I_g / Y_t$

$$f_r = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}$$

$$= 3,40 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1/12 b h^3$$

$$= 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$= 144000000 \text{ mm}^4$$

$$Y_t = h/2 = 120 \text{ mm} / 2 = 60 \text{ mm}$$

$$n = E_s / E_c = 200000 \text{ Mpa} / 25743 \text{ Mpa}$$

$$= 7,77$$

$$\varnothing 12-150 \text{ mm}, A_s = 754 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral

$$100y \cdot \frac{1}{2}y = n \cdot A_s \text{ pakai } (d-y)$$

$$100 \cdot \frac{1}{2}y = 7,77 \times 754 \times (84 \text{ mm} - y)$$

$$y = 26,05 \text{ mm}$$

Momen Inersia Penampang

$$I_{cr} = 1/3 b y^3 + n A_s (d-y)^2$$

$$= 1/3 \times 1000 \text{ mm} \times (26,05 \text{ mm})^3 + 7,77 \times (84 \text{ mm} - 26,05 \text{ mm})^2$$



$$= 25564124 \text{ mm}^4$$

Momen retak saat pertama kali

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_r \cdot I_g / y_t \\ &= 3,40 \text{ Mpa} \times 144000000 \text{ mm}^4 / 60 \text{ mm} \\ &= 8150112 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen Inersia yang terjadi

$$\begin{aligned} I_e &= \left( \frac{8150112 \text{ kNm}}{7800192 \text{ H/mm}} \right)^3 144000000 \text{ mm}^4 + \\ &\quad \left[ 1 - \left( \frac{8150112 \text{ kNm}}{7800192 \text{ N/mm}} \right)^3 25564124 \right] \\ &= 160664972 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Penambahan lendutan jangka panjang

$$\begin{aligned} \lambda \Delta &= \frac{\xi}{1 + 50 \rho'} \\ \lambda \Delta &= \frac{2}{1 + 50 \times 226 \text{ mm}^2} \\ \lambda \Delta &= 1,76 \end{aligned}$$

## 4.2.3 Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes

### 4.2.3.1 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

Data perencanaan :

Tipe pelat : Pelat tangga

As pelat : H.4'-5

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa

D tulangan lentur (X) : 16 mm

D tulangan lentur (Y) : 16 mm

Decking : 20 mm

b : 1000 mm

$\beta_1$  : 0,8

*(SNI 2847-2013 Pasal*

*10.2.7.3)*

Faktor reduksi : 0,9

*(SNI 2847-2013 Pasal*

*9.3.2.7)*

Tebal pelat tangga : 150 mm

- Tinggi efektif pelat

$d_x = t - \text{decking} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$

$$= 150\text{mm} - 20\text{mm} - \frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}$$

$$= 122 \text{ mm}$$

$d_y = t - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul}$

$$= 150\text{mm} - 20\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y}$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

*(SNI 2847-2013 Pasal B.8.4.3)*

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

$$= 0,0306$$

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

*(SNI 2847-2013 Pasal B.8.4.3)*

$$= 0,75 \times 0,0306 = 0,0230$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

### Penulangan pelat tangga arah Y

Data dari SAP :

$$M_{11} = -30859000 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.2.3.1.1 Momen Pelat Tangga Arah Y**

$$M_u = 30859000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{30859000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 34287778 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times dy^2} = \frac{34287778 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (114\text{mm})^2}$$

$$= 2,64$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,64}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0156$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$$

$$0,0035 < 0,0070 < 0,0230 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0070 \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm}$$

$$= 852 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$S_{\text{max}} = 2 \times h$$

$$= 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)**

Jarak antar tulangan :

$$S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{\text{As perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{852 \text{ mm}^2}$$

$$= 107,10 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{200 \text{ mm}}$$

$$= 1005 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d$$

**(SNI 2847-2013, pasal 10.5.1)**

$$= \frac{0,25 \sqrt{30\text{Mpa}}}{400\text{Mpa}} \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm}$$

$$= 390,25 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$\text{Asmin} < \text{Asperlu} < \text{Aspakai}$$

$$390,25 \text{ mm}^2 < 852 \text{ mm}^2 < 1005 \text{ mm}^2$$

### Penulangan pelat tangga arah X

Data dari SAP :

$$M22 = -81397716 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.2.3.1.2 Momen Pelat Tangga  
Arah X**

$$M_u = 53637000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{53637000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 59596667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d \times x^2} = \frac{90441907 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (120,5\text{mm})^2}$$

$$= 4$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 4,23}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0110$$

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

$$0,0035 < 0,0110 < 0,0230 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0110 \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm} \\ &= 1335 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 2 \times h \\ &= 2 \times 150 \text{ mm} \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)**

Jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{\text{As perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{2187,98 \text{ mm}^2} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 90 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{90 \text{ mm}} \\ &= 2234 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

**(SNI 2847-2013, pasal 10.5.1)**

$$\begin{aligned} &= \frac{0,25\sqrt{30\text{Mpa}}}{400\text{Mpa}} \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm} \\ &= 390,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\text{Asmin} < \text{Asperlu} < \text{Aspakai}$$

$$390,25 \text{ mm}^2 < 1335 \text{ mm}^2 < 2234 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut pelat tangga

$$\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$\text{As susut perlu} = \rho \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000\text{mm} \times 150\text{mm}$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan susut = Ø8 mm

$$S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{As \text{ susut perlu}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot (8\text{mm})^2}{270 \text{ mm}^2}$$

$$= 186,17 \text{ mm}$$

S pakai = 150 mm

Syarat jarak tulangan :

$$S_{\text{max}} = 5 \times h$$

$$= 5 \times 150\text{mm}$$

$$= 750 \text{ mm}$$

Spakai < Smax

150mm < 750mm      OK

$$As \text{ pakai} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 1000\text{mm} \cdot (8\text{mm})^2}{150\text{mm}}$$

$$= 335,10 \text{ mm}^2$$

Syarat :

As pakai > As perlu

335,10 mm<sup>2</sup> > 270 mm<sup>2</sup>      OK

#### 4.2.3.2 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

Data perencanaan :

Tipe pelat                      : Pelat bordes

As pelat                         : H.4<sup>2</sup>-5

Mutu beton (fc')             : 30 Mpa

Mutu baja (fy)                : 400 Mpa

D tulangan lentur (X)       : 16 mm

D tulangan lentur (Y)       : 16 mm

Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm
$\beta_1$	: 0,8
	<i>(SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3)</i>
Faktor reduksi	: 0,9
	<i>(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.7)</i>
Tebal pelat bordes	: 150 mm

- Tinggi efektif pelat

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan} \\ &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - \frac{1}{2} \times 16 \text{ mm} \\ &= 120,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= t - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul} \\ &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 16 \text{ mm} \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 Pasal B.8.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \\ &= 0,0306 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 Pasal B.8.4.3)} \\ &= 0,75 \times 0,0306 = 0,0230 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$



### Penulangan pelat bordes arah Y

Data dari SAP :

$$M_{11} = -67256189 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.2.3.2.1 Momen Pelat Bordes Arah Y**

$$M_u = 67256189 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{67256189 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 74729099 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d y^2} = \frac{74729099 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (114 \text{ mm})^2}$$

$$= 5,75$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 5,47}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0165$$

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

$$0,0035 < 0,0165 < 0,0230 \quad \text{OK}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d y$$

$$= 0,0165 \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm}$$

$$= 1989,99 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$S_{\max} = 2 \times h$$

$$= 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)**

Jarak antar tulangan :

$$S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{As \text{ perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{1989,99 \text{ mm}^2}$$

$$= 101,04 \text{ mm}$$

Spakai = 100 mm

$$As \text{ pakai} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{Spakai}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000\text{mm} \times (16\text{mm})^2}{100 \text{ mm}}$$

$$= 2010,62 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

**(SNI 2847-2013, pasal 10.5.1)**

$$= \frac{0,25\sqrt{30\text{Mpa}}}{400\text{Mpa}} \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm}$$

$$= 390,25 \text{ mm}^2$$

Syarat :

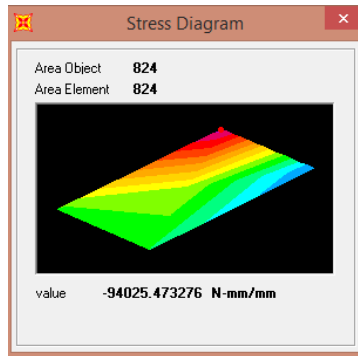
Asmin < Asperlu < Aspakai

$$390,25 \text{ mm}^2 < 1989,99 \text{ mm}^2 < 2010,62 \text{ mm}^2$$

**Penulangan pelat bordes arah X**

Data dari SAP :

$$M22 = -94025470 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.2.3.2.2 Momen Pelat Bordes  
Arah X**

$$M_u = 94025470 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{94025470 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$= 104472744 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{104472744 \text{ Nmm}}{1000\text{mm} \times (120,5\text{mm})^2}$$

$$= 6,23$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2x15,69x6,23}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0217$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$$

$$0,0035 < 0,0217 < 0,0230 \quad \text{OK}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d x$$

$$= 0,0217 \times 1000\text{mm} \times 114\text{mm}$$

$$= 2611.32 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak antar tulangan :

$$S_{\text{max}} = 2 \times h$$

$$= 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)**

Jarak antar tulangan :

$$S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{As \text{ perlu}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000 \text{ mm} \times (19 \text{ mm})^2}{2611.32 \text{ mm}^2}$$

$$= 108,58 \text{ mm}$$

Spakai = 100 mm

$$As \text{ pakai} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{Spakai}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 1000 \text{ mm} \times (19 \text{ mm})^2}{100 \text{ mm}}$$

$$= 2835,29 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c'}}{f_y} \cdot b \cdot w \cdot d$$

**(SNI 2847-2013, pasal 10.5.1)**

$$= \frac{0,25 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}$$

$$= 390,25 \text{ mm}^2$$

Syarat :

Asmin < Asperlu < Aspakai

$$390,25 \text{ mm}^2 < 2611.32 \text{ mm}^2 < 2835,29 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut pelat tangga

$\rho$  susut pakai = 0,0018

As susut perlu =  $\rho \times b \times h$

$$= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times$$

$$150 \text{ mm}$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan susut =  $\phi 8$  mm

$$S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{As \text{ susut perlu}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot (8 \text{ mm})^2}{270 \text{ mm}^2}$$

$$= 186,17 \text{ mm}$$

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

Syarat jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 5 \times h \\ &= 5 \times 150 \text{ mm} \\ &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} < S_{\max}$$

$$150 \text{ mm} < 750 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot b \cdot \phi^2}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 1000 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm})^2}{150 \text{ mm}} \\ &= 335,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$335,10 \text{ mm}^2 > 270 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

## 4.2.4 Perhitungan Balok

### 4.2.4.1 Perhitungan Balok Bordes

Data perencanaan :

As balok	= A-A' -5
Bentang balok	= 2,725 m
b	= 40 cm
h	= 60 cm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja lentur	= 400 Mpa
Mutu baja geser	= 240 Mpa
Mutu baja puntir	= 400 Mpa
D tul. Lentur	= 22 mm
D tul. Geser	= 10 mm
D tul. Puntir	= 22 mm
Jarak antar tulangan	= 25 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)</i>	
Decking	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi puntir	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul.lentur}$$

$$= 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 22\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 539 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 600\text{mm} - 539\text{mm} \\
 &= 51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil output dari program SAP :

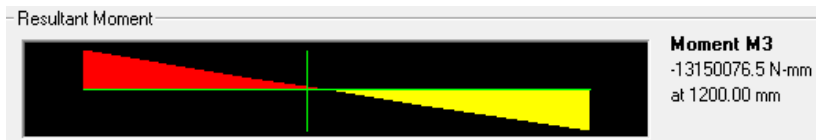
$$\begin{aligned}
 \text{a. Momen puntir} &= 5649722 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L + 1E
 \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.1.1 Momen Puntir Balok Bordes***

b. Momen lentur

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen Lapangan} &= -13150076 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E
 \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.1.2 Momen Lapangan Balok Bordes***

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen tump. kanan} &= 153429736 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.1.3 Momen Tumpuan Kanan  
Balok Bordes**

$$\begin{aligned} \text{-Momen tump. kiri} &= -155024854 \text{ Nmm} \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.1.4 Momen Tumpuan Kiri Balok  
Bordes**

c. Gaya geser

$$\begin{aligned} \text{-Gaya geser tumpuan} &= -122429 \text{ N} \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.1.5 Gaya Geser Balok Bordes**

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser,  
lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 400\text{mm} \times 600\text{mm} = 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 600\text{mm}) \end{aligned}$$



$$= 2000 \text{ mm}^2$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$A_{oh} = (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser})$$

$$\times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser})$$

$$= (400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ \times (600\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})$$

$$= 150000 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$P_{oh} = 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ \text{Øgeser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ \text{Øgeser})]$$

$$= 2 \times [(400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) + \\ (600\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})]$$

$$= 1600 \text{ mm}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir } (T_u) = 5649722 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L + 1E$$

Momen puntir nominal ( $T_n$ )

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{5649722 \text{ Nmm}}{0,75} = 7532962 \text{ Nmm}$$

**(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)**

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{\text{umin}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

**(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)**

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\ \left( \frac{(24000\text{mm})^2}{2000 \text{ mm}^2} \right)$$

$$= 9819570 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 T_{U_{\max}} &= 0,33\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left(\frac{(24000\text{mm})^2}{2000\text{mm}^2}\right) \\
 &= 39041663,90 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Tu < T<sub>U<sub>min</sub></sub> maka tulangan puntir diabaikan

Tu > T<sub>U<sub>min</sub></sub> maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 56497229 \text{ Nmm} > T_{U_{\min}} 9819570 \text{ Nmm}$$

Maka Tulangan puntir diabaikan

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot\theta} \\
 &\text{(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)} \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{7532962 \text{ Nmm}}{2 \times 150000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,063 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y}\right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$\begin{aligned}
 A_l &= 0,063 \times 1600 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}\right) \times 1^2 \\
 &= 100,44 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times Bw}{F_{yt}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,063mm \geq \frac{0,175 \times 400 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,063mm \geq 0,175 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  yang diambil = 0,063mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{Mpa} \times 240000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,063 \text{ mm} \times 1600 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 1100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_l \text{ perlu} < A_l \text{ min}$

$$100 \text{ mm} < 1100 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} \leq A_{l \text{ min}}$  menggunakan  $A_l \text{ min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{l \text{ min}}$  menggunakan  $A_l \text{ perlu}$

Digunakan  $A_l \text{ min} = 1100 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{1100 \text{ mm}^2}{4} = 275 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l \\
 &= 137,5 \text{ mm} + 137,5 \text{ mm}^2 + 275 \text{ mm}^2 \\
 &= 550 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

#### Garis netral kondisi balanced

$$\begin{aligned}
 Xb &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 Xb &= \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \times 539 \text{ mm} \\
 &= 323,40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### Garis netral maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times Xb = 242,55 \text{ mm}$$

#### Garis netral minimum

$$X_{\min} = d' = 61 \text{ mm}$$

#### Garis netral rencana

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm (asumsi)}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm} \\
 &= 867000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\
 &= 2167,50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2167,50 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left( 539 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 430465500 \text{ Nmm}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$M_u = 153429736 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{153346737 \text{ Nmm}}{0,9} = 170477484 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 170477484 \text{ Nmm} - 430465500 \text{ Nmm}$$

$$= -260080236 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{170477484 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (539 \text{ mm})^2} = 1,47$$

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

**(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)**

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,47}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0038 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0038 \times 400 \text{ mm} \times 539 \text{ mm}$$

$$= 814,41 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$

$$= 814 \text{ mm}^2 + 275 \text{ mm}^2$$

$$= 1089 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1089 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 2,87$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$

$$= 3 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 1140,40 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$1140,40 \text{ mm}^2 > 1072 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1140,40 \text{ mm}^2 \\ &= 342,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{342,12 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 0,90$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380,13\text{mm}^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 760,27 \text{ mm}^2 &> 342,12 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}, \text{ lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 3 \times 22\text{mm}}{3 - 1}$$

$$= 117 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm, 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\text{Smaks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2 \times \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 22\text{mm}}{2 - 1}$$

$$= 256 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm, 1 lapis}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$A_s \text{ pasang} = 1140,40 \text{ mm}^2 \text{ (3D22)}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 760,27 \text{ mm}^2 \text{ (2D22)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 380,13 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 1140,40 \text{ mm}^2 \text{ (3D22)}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1140,40 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm}}$$

$$= 44,72 \text{ mm}^2$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 400\text{mm} \times 30\text{Mpa} \times 44,72 \text{ mm}^2$$

$$= 456159,25 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pakai} \times f_y$$



$$\begin{aligned}
 &= 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 456160 \text{ N} \\
 M_n &= \left( C c' x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C s' x d - d') \\
 &= \left( 456159,25 \text{ N} \times \left( 539 \text{ mm} - \frac{44,72 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
 &+ (456160 \text{ N} \times 539 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) \\
 &= 453713898,63 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$453713898,63 \text{ Nm} > 153346737,4 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

$$M_u = -155024854 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{155024854 \text{ Nmm}}{0,9} = 172249837 \text{ Nmm}$$

#### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_n > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_n < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_n = M_n - M_{nc}$$

$$= 172249837 \text{ Nmm} - 430465500 \text{ Nmm}$$

$$= -258215662 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

#### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{172249837 \text{ Nmm}}{400\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 1,48$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,48}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0082$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0038 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0038 \times 400\text{mm} \times 539\text{mm}$$

$$= 824\text{mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_l/4$$

$$= 823 \text{ mm}^2 + 275 \text{ mm}^2$$

$$= 1098 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1089 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 2,89$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$$\text{As pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 3 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 1140 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$1140 \text{ mm}^2 > 1098 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\text{As}' = 0,3 \times \text{As}$$

$$= 0,3 \times 1098 \text{ mm}^2$$

$$= 342 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\text{As} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{\text{As}'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{342 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,90$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\text{As pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 380\text{mm}^2$$

$$= 760 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

760 mm<sup>2</sup> > 342 mm<sup>2</sup>                      OK

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25$  mm, 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25$ mm, lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 3x 22\text{mm}}{2-1}$$

= 176 mm,  $S_{maks} \geq S_{sejajar} 25$ mm, 1 lapis

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1}$$

= 256 mm,  $S_{maks} \geq S_{sejajar} 25$ mm, 1 lapis

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur}$  tumpuan (+)  $\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur}$  tumpuan (-)

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 1140 mm<sup>2</sup> (3D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (3D22)

M lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  M lentur tumpuan (-)

$$760 \text{ mm}^2 \geq 380 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 1140 mm<sup>2</sup> (3D22)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1140 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 44,72 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 400 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 44,72 \text{ mm}^2$$

$$= 456159 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 1140 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 456159 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 456159 \text{ N} \times \left( 539 \text{ mm} - \frac{44,72 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (456159 \text{ N} \times 539 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 453713899 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu

$$453713899 \text{ Nmm} > 155024854 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 3D22

**-Daerah Lapangan**

Mu = -13150076 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{13150076 \text{ Nmm}}{0,9} = 14611196 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

Mns &gt; 0 = maka perlu tulangan lentur tekan

Mns &lt; 0 = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 14611196\text{Nmm} - 430465500\text{Nmm}$$

$$= -415854304\text{Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{14611196\text{ Nmm}}{400\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 0,13$$

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

*(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)*

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,13}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0003$$

Syarat :

Pmin &lt; ρ perlu &lt; ρmax

$$0,0035 < 0,0003 < 0,0244$$

TIDAK OK

Maka  $\rho$  perlu dikali dengan 1,3

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= 1,3 \times 0,0003 \\ &= 0,0004\end{aligned}$$

Setelah  $\rho$  perlu dikali 1,3 namun tetap dibawah  $\rho$  min, maka dipakai  $\rho$  min

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 400\text{mm} \times 539\text{mm} \\ &= 754,60 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= A_s + A_l/4 \\ &= 754,60 \text{ mm}^2 + 275 \text{ mm}^2 \\ &= 1029 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1029 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} 2,7$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 3 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1140,40 \text{ mm}^2 &> 1012 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$= 0,3 \times 1140,40 \text{ mm}^2$$

$$= 342,12 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{342,12 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,90$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 380\text{mm}^2$$

$$= 760 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$760 \text{ mm}^2 > 342,12 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 3x 22\text{mm}}{3-1}$$

$$= 117 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$



$$= \frac{400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 22\text{mm}}{2 - 1}$$

$$= 256 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

$$\text{Tulangan lentur tarik 1 lapis} = 3\text{D}22$$

$$\text{Tulangan lentur tekan 1 lapis} = 2\text{D}22$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$\text{As pasang} = 1140,40 \text{ mm}^2 \text{ (3D}22\text{)}$$

$$\text{As' pasang} = 760 \text{ mm}^2 \text{ (2D}22\text{)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760 \text{ mm}^2 \geq 380,13 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 1140,40 \text{ mm}^2 \text{ (3D}22\text{)}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1140,40 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm}}$$

$$= 44,72 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 400\text{mm} \times 30\text{Mpa} \times 44,72 \text{ mm}^2$$

$$= 456159,25 \text{ N}$$

$$Cs' = \text{As pakai} \times fy$$

$$= 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 456159,25 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 456159,25 \text{ N} \times \left( 539\text{mm} - \frac{44,72 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (456159,25 \text{ N} \times 539\text{mm} - 61\text{mm})) \\ = 453713898,63 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu

$$453713898,63 \text{ Nmm} > 13150076 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik = 1140,40 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 760 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{\text{As tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm}} \\ = 17,89$$

MnR = As tul. tarik x fy x (d-a/2)

= 1140,40 mm<sup>2</sup> x 400Mpa x (539mm-17,89/2)

= 145073887 Nmm

b. Tumpuan kiri

As pakai tulangan tarik = 2280,80 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 796,39 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{\text{As tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm}} \\ = 17,89$$

$$\begin{aligned}
 MnL &= A_s \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\
 &= 2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (539 \text{ mm} - 17,89/2) \\
 &= 145073887 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$V_u = -122429 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{145073887 \text{ Nmm} + 145073887 \text{ Nmm}}{6600 \text{ mm}} + 145179,86 \\
 &\text{N} \\
 &= 247224 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times 1 \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 539 \text{ mm} \\
 &= 200751,27 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{smin} &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 539 \text{ mm} \\
 &= 71866 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30Mpa} \times 400mm \times 539mm$$

$$= 393629 \text{ N}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang.  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 247223 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$247223 \text{ N} \leq 75281 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$75281 \text{ N} \leq 247223 \text{ N} \leq 150563 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}})$$

$$150563 \leq 247223 \text{ N} \leq 204463 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$$204463 \leq 247223 \text{ N} \leq 445786 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$445786 \leq 247223 \text{ N} \leq 741008 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{247223 \text{ N} - 0,75 \times 200751 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 128880 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6**

**(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \text{ max}$$

$$128880 \text{ N} > 393629 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2$$

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

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned}
 S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 539 \text{ mm}}{157,08 \text{ mm}^2} \\
 &= 157 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 100 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{539 \text{ mm}}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 134,75 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$100 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$100 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 300$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3 dipakai tulangan sebesar :

Ø10-100mm

2. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5 ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{247223N \times (0,5 \times 2725mm - 2 \times 600mm)}{0,5 \times 2725mm}$$

$$= 7975 N$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$7975 N \leq 75281 N$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$75281 N \leq 7975 N \leq 150563 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$150563 \leq 7975 N \leq 204463 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$$

$$204463 \leq 7975 N \leq 445786 N$$

(Tidak Memenuhi)

### **Kondisi geser 5**

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset(V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_s \max)$$

$$445786 \leq 7975 N \leq 741008 N$$

(Tidak Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_{s \min} = 71866 N$$

### **Kondisi geser 6**

(Perbesar penampang)

$$V_s > V_s \max$$

$$71866 N > 393629 N$$

(Tidak Memenuhi)

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 539 \text{ mm}}{157 N} \\ &= 282 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 120$  mm

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**



Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$120 \text{ mm} \leq \frac{539 \text{ mm}}{4}$$

$$120 \text{ mm} \leq 134,75 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$120 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$120 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$120 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$120 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$120 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3 dipakai tulangan sebesar :

Ø10-120mm

## **Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung sesuai SNI 2847-2013, Pasal 12.2.1 :

$$ld = \frac{fy \times \Psi t \times \Psi e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi t$  = factor lokasi penulangan =1

$\Psi e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$ld = \frac{400Mpa \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30Mpa}} \times 22mm$$

ld = 945 mm

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{1098 \text{ mm}^2}{1140 \text{ mm}^2} \times 945 \text{ mm} \\ &= 910 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 1000mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300mm$

1000 mm > 300 mm OK

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.3.1* :

$$ld = \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$ld = 0,034 fy \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$l_d = 0,034 f_{yx} d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 22 \text{mm}$$

$$l_d = 299 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ pakai} = 386 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$= \frac{342 \text{ mm}^2}{760 \text{ mm}^2} \times 386 \text{ mm}$$

$$= 173 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$l_d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1* :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

Id = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{1098 \text{ mm}^2}{1140 \text{ mm}^2} \times 386 \text{ mm} \\ &= 371 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 400mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$

400mm > 300mm      OK

Syarat :

$l_{dh} > 8d_b$

$l_{dh} > 150 \text{mm}$

400mm > 8 x 22mm

400mm > 176mm      OK

400mm > 150mm      OK

#### 4.2.4.2 Perhitungan Balok Sloof 35-50

Data perencanaan :

As balok	= B.2-3
Bentang balok	= 5 m
b	= 35 cm
h	= 50 cm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja lentur	= 400 Mpa
Mutu baja geser	= 240 Mpa
Mutu baja puntir	= 400 Mpa
D tul. Lentur	= 22 mm
D tul. Geser	= 10 mm
D tul. Puntir	= 22 mm
Jarak antar tulangan	= 25 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)</i>	
Decking	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi puntir	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2}$$

D tul.lentur

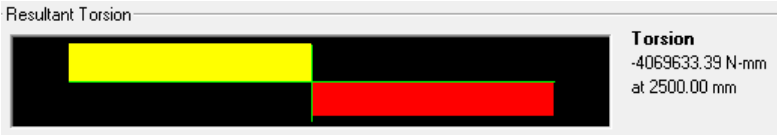
$$= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 22\text{mm}$$

$$= 439 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h - d \\
 &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\
 &= 61\text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil output dari program SAP :

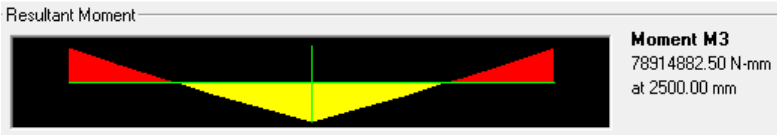
$$\begin{aligned}
 \text{a. Momen puntir} &= -4069633\text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,4D
 \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.2.1 Momen Puntir Balok Sloof***

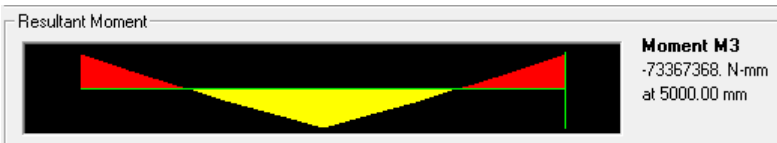
b. Momen lentur

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen Lapangan} &= 78914882\text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,4D
 \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.2.2 Momen Lapangan Balok Sloof***

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen tump. kanan} &= -73367368\text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,4D
 \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.2.3 Momen Tumpuan Kanan  
Balok Sloof***

$$\begin{aligned} \text{-Momen tump. kiri} &= -72179178 \text{ Nmm} \\ \text{Kombinasi} &= 1,4D \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.2.4 Momen Tumpuan Kiri Balok  
Sloof***

c. Gaya geser

$$\begin{aligned} \text{-Gaya geser tumpuan} &= 68082 \\ \text{Kombinasi} &= 1,4D \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.2.5 Gaya Geser Balok Sloof***

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser,  
lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 350\text{mm} \times 500\text{mm} = 175000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (350\text{mm} + 500\text{mm}) \end{aligned}$$

$$= 1700 \text{ mm}^2$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &\quad \times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &= (350 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm}) \\ &\quad \times (500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm}) \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser})] \\ &= 2 \times [(350 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm}) + \\ &\quad (500 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm})] \\ &= 1300 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir (Tu)} = 406933 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,4D$$

Momen puntir nominal (Tn)

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{406933 \text{ Nmm}}{0,75} = 5426177 \text{ Nmm}$$

*(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)*

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila Tu besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{u \text{ min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)*

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\ &\quad \left( \frac{(175000 \text{ mm})^2}{1700 \text{ mm}^2} \right) \\ &= 6142245 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 T_{u\max} &= \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(175000 \text{ mm})^2}{1700 \text{ mm}^2} \right) \\
 &= 24420975 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$T_u < T_{u\min}$  maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u\min}$  maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 5426177 \text{ Nmm} > T_{u\min} 6142245 \text{ Nmm}$$

Maka Tulangan puntir diabaikan.

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \text{Cot} \theta}$$

**(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)**

$$\frac{A_t}{s} = \frac{6814247 \text{ Nmm}}{2 \times 100000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,068 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times \text{Ph} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \text{Cot}^2 \theta$$

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)**

$$A_l = 0,085 \times 1300 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2$$

$$= 88 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,068mm \geq \frac{0,175 \times 350 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,068mm \geq 0,153 \text{ mm}$$

Maka nilai At/s yang diambil = 0,153 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Al \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \times Ph \times \frac{fyt}{fy} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 175000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,153 \text{ mm} \times 1300 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 807 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Al perlu < Al min

$$110 \text{ mm} < 807 \text{ mm}^2$$

Al perlu  $\leq$  Almin menggunakan Al min

Al perlu  $\geq$  Almin menggunakan Al perlu

Digunakan Al perlu = 807 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{Al}{4} = \frac{807 \text{ mm}^2}{4} = 202 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l$$

$$= 101 \text{ mm} + 101 \text{ mm}^2 + 202 \text{ mm}^2$$

$$= 404 \text{ mm}^2$$

**Perhitungan Tulangan Lentur**Garis netral kondisi balanced

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 400\text{Mpa}} \times 439\text{mm}$$

$$= 264 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times Xb = 198 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\text{min}} = d' = 61\text{mm}$$

Garis netral rencana

$$X_{\text{rencana}} = 100\text{mm (asumsi)}$$

Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$= 0.85 \times 30\text{Mpa} \times 350\text{mm} \times 0,85 \times 100\text{mm}$$

$$= 758625 \text{ N}$$

Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y}$$

$$= 1897 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1897 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times$$

$$\left( 439\text{mm} - \frac{0,85 \times 100\text{mm}}{2} \right)$$

$$= 300794813 \text{ Nmm}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$Mu = 73367368 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{73367368 \text{ Nmm}}{0,9} = 81519298 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 81519298 \text{ Nmm} - 300794813 \text{ Nmm}$$

$$= -219275515 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{81519298 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (439 \text{ mm})^2} = 1,209$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,209}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0040$$

Syarat :

$$P_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0040 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0040 \times 350\text{mm} \times 439\text{mm}$$

$$= 618\text{mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 820 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{820 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 2,16$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 3 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 1140 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$1140 \text{ mm}^2 > 820 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$= 342 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{342 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,9$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380\text{mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$760 \text{ mm}^2 > 342 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{350\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 3x 22\text{mm}}{2-1} \\ &= 92 \text{ mm } S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{350\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\ &= 206 \text{ mm } S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok Sloof untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur}$  tumpuan (+)  $\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur}$  tumpuan (-)

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 1140 mm<sup>2</sup> (3D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

M lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  M lentur tumpuan (-)

760 mm<sup>2</sup>  $\geq$  380 mm<sup>2</sup>

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 1140 mm<sup>2</sup> (3D22)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1140 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$= 51 \text{ mm}^2$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 51 \text{ mm}^2$$

$$= 456159 \text{ N}$$

$$C_s' = As \text{ pakai} \times f_y$$

$$= 1140 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 456159 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C_s' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 456159 \text{ N} \times \left( 439 \text{ mm} - \frac{51 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (456159 \text{ N} \times 439 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 361024896 \text{ Nmm}$$

Syarat :



Mn pasang > Mn perlu  
 361024896 Nmm > 73367368 Nmm                      OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

Mu = -72179178 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{72179178 \text{ Nmm}}{0,9} = 80199087 \text{ Nmm}$$

#### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

Mns > 0 = maka perlu tulangan lentur tekan

Mns < 0 = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Mns = Mn – Mnc

$$= 80199087 \text{ Nmm} - 300794813 \text{ Nmm}$$

$$= -220595726 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

#### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{80199087 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (439 \text{ mm})^2} = 1,18$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400\text{Mpa}} = 0,0035 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,18}{400\text{Mpa}}} \right) \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$0,0035 < 0,0036 < 0,0244$                       OK

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

$$= 0,0036 \times 350\text{mm} \times 439\text{mm}$$

$$= 538 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$

$$= 740 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{740\text{mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 1,95$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$

$$= 2 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 760 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu  
 $760 \text{ mm}^2 > 739 \text{ mm}^2$  OK

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
 puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
 (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 \times As \\ &= 0,3 \times 760 \text{ mm}^2 \\ &= 228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22  
 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{228 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,60$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380\text{mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu  
 $760 \text{ mm}^2 > 228 \text{ mm}^2$  OK

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\
 26 \text{ mm } S_{maks} &\geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\
 &= 206 \text{ mm } S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok Sloof untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} x M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

$$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq 1/3 M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$$

$$760 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 1140 mm<sup>2</sup> (3D22)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As x f_y}{0,85 x f_c' x b} = \frac{1140 \text{ mm}^2 x 400\text{Mpa}}{0,85 x 30\text{Mpa} x 350\text{mm}} \\
 &= 34 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 x b x f_c' x a$$

$$= 0,85 x 350\text{mm} x 30\text{Mpa} x 34 \text{ mm}^2$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \text{ pakai} \times f_y \\ &= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 304106 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( C_c' x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C_s' x d - d' \right) \\ &= \left( 304106 \text{ N} x \left( 439 \text{ mm} - \frac{34 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\ &\quad + (304106 \text{ N} x 439 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) \\ &= 307434568 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$307434568 \text{ Nmm} > 72179178 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Lapangan**

$$M_u = 78914882 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{78914882 \text{ Nmm}}{0,9} = 87683202 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_n > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_n < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_n = M_n - M_{nc}$$

$$= 87683202 \text{ Nmm} - 300794813 \text{ Nmm}$$

$$= -213111610 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{87683202 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 1,3$$

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

**(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)**

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

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

$$= 0,0036$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0036 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0036 \times 350\text{mm} \times 439\text{mm}$$

$$= 537 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{Al}/4 \\ &= 537 \text{ mm}^2 + 202 \text{ mm}^2 \\ &= 739 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{739 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 1,9$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 739 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 760 \text{ mm}^2 \\ &= 228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan (bawah)

$$n = \frac{\text{As}'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{228 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\text{As pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 380\text{mm}^2$$

$$= 760 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$760 \text{ mm}^2 > 228 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$Smaks = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1}$$

$$= 260 \text{ mm} \quad Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$Smaks = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1}$$

$$= 206 \text{ mm} \quad Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok Sloof untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$   
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)



M lentur tumpuan (+)  $\geq$  1/3 M lentur tumpuan (-)  
 $760 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik =  $760 \text{ mm}^2$  (2D22)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$= 34 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 34 \text{ mm}^2$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 304106 \text{ N} \times \left( 439 \text{ mm} - \frac{34 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (304106 \text{ N} \times 439 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 2432737576 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$

$$2432737576 \text{ Nmm} > 78914882 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Perhitungan Tulangan Geser**

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik = 1140 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan= 760 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$= 20,44$$

$$MnR = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2)$$

$$= 1140 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (439 \text{ mm} - 20,44/2)$$

$$= 117354616 \text{ Nmm}$$

b. Tumpuan kiri

As pakai tulangan tarik = 760 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan= 760 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$= 20,44$$

$$MnL = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2)$$

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (439 \text{ mm} - 20,44/2)$$

$$= 78236411 \text{ Nmm}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$Vu = 68082 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$Vu1 = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + \frac{Wu \times ln}{2}$$

$$Vu1 = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + Vu$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{117354616 \text{ Nmm} + 78236411 \text{ Nmm}}{4500\text{mm}} \\
 &\quad + 68082 \text{ N} \\
 &= 113568 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 350\text{mm} \times 439\text{mm} \\
 &= 143067 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{smin} &= \frac{1}{3} \times 350\text{mm} \times 439\text{mm} \\
 &= 51217 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{smax} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 350\text{mm} \times 439\text{mm} \\
 &= 280525 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan),  
sejarak 2 kali tinggi balok dari muka  
kolom ke arah tengah bentang.

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)**

- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

3. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$Vu1 = 113568 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$113568 \text{ N} \leq 53650 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$53650 \text{ N} \leq 113568 \text{ N} \leq 107300 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$107300 \leq 113568 \text{ N} \leq 145713 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$$

$$145713 \leq 113568 \text{ N} \leq 317694 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset(V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_s \max)$$

$$317694 \leq 113568 N \leq 528088 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_s \min \\ &= 51217 N \end{aligned}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \max$$

$$51217 N > 280525 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 439 \text{ mm}}{51217 N} \\ &= 323 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 80\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq \frac{439\text{mm}}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq 110 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai* ≤ 8 D tul. longitudinal

$$80 \text{ mm} \leq 8 \times 22\text{mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai* ≤ 24 Ø sengkang

$$80 \text{ mm} \leq 24 \times 10\text{mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 240\text{mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai* ≤ 300

$$80 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-80mm

4. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{113568\text{N} \times (0,5 \times 5500\text{mm} - 2 \times 500\text{mm})}{0,5 \times 5500\text{mm}}$$

$$= 64722 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$64722 \text{ N} \leq 53650 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$53650 \text{ N} \leq 64722 \text{ N} \leq 107300 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$107300 \leq 64722 \text{ N} \leq 145713 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$$

$$145713 \text{ N} \leq 64722 \text{ N} \leq 317694 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ max}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + 2Vs \text{ max})$$

$$317694 \leq 64722 \text{ N} \leq 528088 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_{s\text{min}} = 51217 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6**

**(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_{s \text{ max}}$$

$$51217 \text{ N} > 280525 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times 439\text{mm}}{51217 \text{ N}} \\ &= 323 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 100\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser

*(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)*

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{439\text{mm}}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 110 \text{ mm OK}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$



$$100 \text{ mm} \leq 8 \times 22\text{mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$100 \text{ mm} \leq 24 \times 10\text{mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240\text{mm OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

$$\emptyset 10-100\text{mm}$$

## Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

**12.2.1 :**

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan =1

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{400 \text{ Mpa} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 945 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{1140 \text{ mm}^2}{1106 \text{ mm}^2} \times 945 \text{ mm} \\ &= 917 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 1000mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

**12.3.1 :**

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = 0,034 f_{yx} d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$ld = 0,034 f_{yx} db$$

$$ld = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 22 \text{mm}$$

$$ld = 299 \text{ mm}$$

$$ld \text{ pakai} = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{760 \text{ mm}^2}{342 \text{ mm}^2} \times 386 \text{ mm} \\ &= 174 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$400 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1* :

$$ld = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$\lambda d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$= \frac{1140 \text{ mm}^2}{1106 \text{ mm}^2} \times 386 \text{ mm}$$

$$= 374 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran = 400mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{ mm}$

400mm > 300mm      OK

Syarat :

$l_{dh} > 8d_b$

$l_{dh} > 150 \text{ mm}$

400mm > 8 x 22mm

400mm > 176mm      OK

400mm > 150mm      OK

#### 4.2.4.3 Perhitungan Balok Sloof 30-45

Data perencanaan :

As balok                    = E.1-2

Bentang balok            = 3,2 m

b                             = 30 cm

h                             = 45 cm

Mutu beton                = 30 Mpa

Mutu baja lentur         = 400 Mpa

Mutu baja geser         = 240 Mpa

Mutu baja puntir         = 400 Mpa

D tul. Lentur              = 22 mm

D tul. Geser                = 10 mm

$$D \text{ tul. Puntir} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 25 \text{ mm}$$

*(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)*

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

*(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)*

$$\text{Faktor } \beta_1 = 0,85$$

*(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)*

$$\text{Faktor reduksi lentur} = 0,9$$

*(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)*

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

*(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)*

$$\text{Faktor reduksi puntir} = 0,75$$

*(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)*

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2}$$

$$D \text{ tul.lentur}$$

$$= 450\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 22\text{mm}$$

$$= 389 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 450\text{mm} - 389\text{mm}$$

$$= 61 \text{ mm}$$

Hasil output dari program SAP :

$$a. \text{ Momen puntir} = -663382 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L + 1E$$

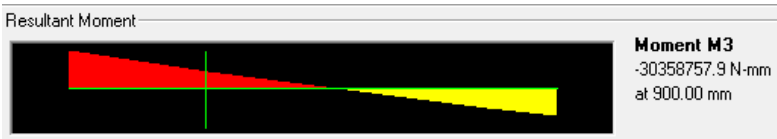


**Gambar 4.2.4.3.1 Momen Puntir Balok Bordes**

b. Momen lentur

$$\text{-Momen Lapangan} = -30358757 \text{ Nmm}$$

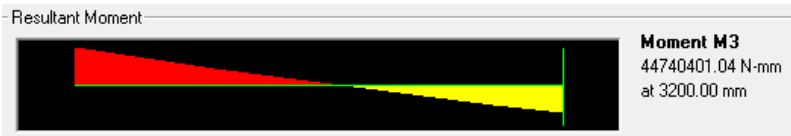
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$



**Gambar 4.2.4.1.2 Momen Lapangan Balok Bordes**

$$\text{-Momen tump. kanan} = 44740401 \text{ Nmm}$$

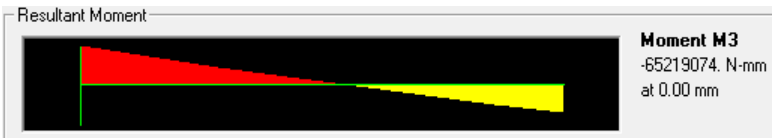
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$



**Gambar 4.2.4.1.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Bordes**

$$\text{-Momen tump. kiri} = -65219074 \text{ Nmm}$$

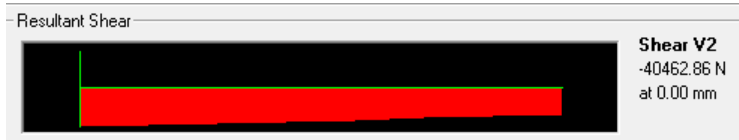
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$



**Gambar 4.2.4.1.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Bordes**

c. Gaya geser

$$\begin{aligned} \text{-Gaya geser tumpuan} &= -40462 \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E \end{aligned}$$



***Gambar 4.2.4.1.5 Gaya Geser Balok Bordes***

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 300\text{mm} \times 450\text{mm} = 135000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (300\text{mm} + 450\text{mm}) \\ &= 1500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &\quad \times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &= (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &\quad \times (450\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &= 70000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times [(300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) + \\
 &\quad (450\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\
 &= 1100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Tulangan Puntir

$$\text{Momen puntir (Tu)} = 663382 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L + 1E$$

### Momen puntir nominal (Tn)

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{663382 \text{ Nmm}}{0,75} = 884509 \text{ Nmm}$$

### (SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila Tu besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{u\text{min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

### (SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(135000\text{mm})^2}{1500 \text{ mm}^2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 4142631 \text{ Nmm}$$

$$T_{u\text{max}} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(135000\text{mm})^2}{1500 \text{ mm}^2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 16470702 \text{ Nmm}$$

Tu < Tu<sub>min</sub> maka tulangan puntir diabaikan

Tu > Tu<sub>min</sub> maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 663382 \text{ Nmm} > T_{u\text{min}} 4142631 \text{ Nmm}$$

Maka tulangan puntir diabaikan



Tulangan puntir untuk lentur :

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$\frac{At}{s} = \frac{884509 \text{ Nmm}}{2 \times 70000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}$$

$$\frac{At}{s} = 0,016 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{At}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$\begin{aligned} A_l &= 0,016 \times 1100 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2 \\ &= 17,37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,016 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,016 \text{ mm} \geq 0,131 \text{ mm}$$

Maka nilai  $At/s$  yang diambil = 0,131mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{At}{s} \right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 135000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,131 \text{ mm} \times 1100 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \end{aligned}$$

$$= 632 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} < A_l \text{ min}$

$$17,37 \text{ mm} < 632 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} \leq A_l \text{ min}$  menggunakan  $A_l \text{ min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_l \text{ min}$  menggunakan  $A_l \text{ perlu}$

Digunakan  $A_l \text{ min} = 632 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{632 \text{ mm}^2}{4} = 158 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l$$

$$= 79 \text{ mm} + 79 \text{ mm}^2 + 158 \text{ mm}^2$$

$$= 316 \text{ mm}^2$$

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral kondisi balanced

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \times 389 \text{ mm}$$

$$= 233 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b = 175 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\min} = d' = 61 \text{ mm}$$

Garis netral rencana

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm ( asumsi )}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0.85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm} \\ &= 650250 \text{ N} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= 1626 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\ M_{nc} &= 1626 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left( 389 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 225311625 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$M_u = 44740401 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{44740401 \text{ Nmm}}{0,9} = 49711557 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$Mns = Mn - Mnc$

$$= 49711557 \text{ Nmm} - 225311625 \text{ Nmm}$$

$$= -175600068 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{49711557 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (389\text{mm})^2} = 1,09$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,09}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0028$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0028 < 0,0244$$

TIDAK OK

$\rho \text{ perlu dikali } 1,3 = 0,0036 > \rho \text{ min}$ , maka dipakai  $\rho$

$$= 0,0036$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 300\text{mm} \times 389\text{mm} \\ &= 327\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_l/4 \\ &= 327\text{mm}^2 + 158 \text{ mm}^2 \\ &= 485 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{485 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 1,3$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 485 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 760 \text{ mm}^2 \\ &= 228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D13  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_{s'}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{228 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380,13\text{mm}^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$760,27 \text{ mm}^2 > 228 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{300\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\ &= 156 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{300\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\ &= 156 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok Sloof untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$A_s \text{ pasang} = 760 \text{ mm}^2 \text{ (2D22)}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 760 \text{ mm}^2 \text{ (2D22)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 760 \text{ mm}^2 \text{ (2D22)}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}}$$

$$= 39,75 \text{ mm}^2$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 39,75 \text{ mm}^2$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pakai} \times f_y$$

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C_s' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 304106 \text{ N} \times \left( 389 \text{ mm} - \frac{39,75 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ \left( 304106 \text{ N} \times 389 \text{ mm} - 61 \text{ mm} \right)$$

$$= 211999642 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$211999642 \text{ Nm} > 44740401 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

$$M_u = 65219074 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{65219074 \text{ Nmm}}{0,9} = 72465638 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 72465638 \text{ Nmm} - 225311625 \text{ Nmm}$$

$$= -152845987 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{72465638 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (389 \text{ mm})^2} = 1,60$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{cr}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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



$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,60}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0041 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$0,0035 < 0,0041 < 0,0244$                       OK

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

$$= 0,0041 \times 400 \text{ mm} \times 389 \text{ mm}$$

$$= 482 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$

$$= 482 \text{ mm}^2 + 158 \text{ mm}^2$$

$$= 640 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{640 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 1,7$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$

$$= 2 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 760,26 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$760,26 \text{ mm}^2 > 640 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 760,26 \text{ mm}^2 \\ &= 228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D13  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{228 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

As pasang = n x luasan lentur

$$\begin{aligned} &= 2 \times 380\text{mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$760 \text{ mm}^2 > 228 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 22\text{mm}}{2 - 1}$$

$$= 156 \text{ mm}, \text{ Smaks} \geq \text{Ssejajar } 25\text{mm}, 1\text{lapis}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\text{Smaks} = \frac{b - 2 \times \text{decking} - 2 \times \emptyset \text{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 22\text{mm}}{2 - 1}$$

$$= 156 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar } 25\text{mm}, 1\text{lapis}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

M lentur tumpuan (+) ≥ 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$760 \text{ mm}^2 \geq 253 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}}$$

$$= 39,75 \text{ mm}^2$$

Cc' = 0,85 x b x fc' x a

$$= 0,85 \times 400 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 39,75 \text{ mm}^2$$

$$= 304106 \text{ N}$$

Cs' = As pakai x fy

$$\begin{aligned}
 &= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 304106 \text{ N} \\
 M_n &= \left( C c' x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C s' x d - d' \right) \\
 &= \left( 304106 \text{ N} x \left( 389 \text{ mm} - \frac{39,75 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (304106 \text{ N} x 389 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) \\
 &= 211999642 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$211999642 \text{ Nmm} > 65219074 \text{ Nmm}$                       OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Lapangan**

$M_u = 30358757 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{30358757 \text{ Nmm}}{0,9} = 33731952 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$$= 33731952 \text{ Nmm} - 225311625 \text{ Nmm}$$

$$= -191579673 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{33731952 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (389\text{mm})^2} = 0,74$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,74}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$= 0,00189$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0018 < 0,0244 \quad \text{TIDAK OK}$$

Maka  $\rho$  perlu dikali dengan 1,3

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,00189$$

$$= 0,00246$$

Setelah  $\rho$  perlu dikali 1,3 namun tetap dibawah  $\rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

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

$$= 0,0035 \times 300\text{mm} \times 389\text{mm}$$

$$= 408 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{A1/4} \\ &= 408 \text{ mm}^2 + 158 \text{ mm}^2 \\ &= 566 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{566 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 1,5$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 566 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 760 \text{ mm}^2 \\ &= 228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{228 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380 \text{ mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$760 \text{ mm}^2 > 228 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset geser - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - 2x 40 \text{ mm} - 2x 10 \text{ mm} - 2x 22 \text{ mm}}{2-1} \\ &= 156 \text{ mm} \quad Smaks \geq Ssejajar 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset geser - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - 2x 40 \text{ mm} - 2x 10 \text{ mm} - 2x 22 \text{ mm}}{3-1} \\ &= 156 \text{ mm} \quad Smaks \geq Ssejajar 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok Sloof untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur}$  tumpuan (+)  $\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur}$  tumpuan (-)

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

M lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3$  M lentur tumpuan (-)

760 mm<sup>2</sup>  $\geq$  253 mm<sup>2</sup>

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}}$$

$$= 39,75 \text{ mm}^2$$

Cc' = 0,85 x b x fc' x a

$$= 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 39,75 \text{ mm}^2$$

$$= 304106 \text{ N}$$

Cs' = As pakai x fy

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 304106 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 304106 \text{ N} \times \left( 389 \text{ mm} - \frac{39,75 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (304106 \text{ N} \times 389 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 211999641 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu

$$211999641 \text{ Nmm} > 30358757 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan

kanan sebesar :



Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik = 760 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 760 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}}$$

$$= 23,85$$

$$MnR = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2)$$

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (389 \text{ mm} - 23,85/2)$$

$$= 68802367 \text{ Nmm}$$

b. Tumpuan kiri

As pakai tulangan tarik = 760 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 760 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}}$$

$$= 23,85$$

$$MnL = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2)$$

$$= 760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (389 \text{ mm} - 23,85/2)$$

$$= 68802367 \text{ Nmm}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$Vu = 40462 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{68802367 \text{ Nmm} + 68802367 \text{ Nmm}}{2800\text{mm}} + 40462 \text{ N}$$

$$= 89607 \text{ N}$$

*(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)*

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

*(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)*

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \sqrt{30\text{Mpa}} \times 300\text{mm} \times 389\text{mm}$$

$$= 108663 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times 300\text{mm} \times 389\text{mm}$$

$$= 38900 \text{ N}$$

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 300\text{mm} \times 389\text{mm}$$

$$= 213064 \text{ N}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang.

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)

- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

5. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 89607 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

$$89607 \text{ N} \leq 40748 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$75281 \text{ N} \leq 89607 \text{ N} \leq 81497 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$81497 \leq 89607 \text{ N} \leq 110672 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$$

$$110672 \leq 89607 \text{ N} \leq 241295 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_s \max)$$

$$241295 \leq 89607 N \leq 401093 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min} = 38900 N$$

**Kondisi geser 6**

**(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \max$$

$$38900 N > 213064 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 389 \text{ mm}}{38900 N} \\ &= 377 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 80\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq \frac{389 \text{ mm}}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq 97,25 \text{ mm OK}$$

$Spakai \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$

$$80 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm OK}$$

$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$

$$80 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm OK}$$

$Spakai \leq 300$

$$80 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-80mm

6. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$= \frac{89607 \text{ N} \times (0,5 \times 2800 \text{ mm} - 2 \times 450 \text{ mm})}{0,5 \times 2800 \text{ mm}}$$

$$= 32002 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

(Tidak perlu tulangan geser)

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$32002 \text{ N} \leq 40748 \text{ N}$$

(Memenuhi)

**Kondisi geser 2**

(Tulangan geser minimum)

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$40748 \text{ N} \leq 32002 \text{ N} \leq 81497 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

**Kondisi geser 3**

(Tulangan geser minimum)

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$81497 \leq 32002 \text{ N} \leq 110672 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

**Kondisi geser 4**

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$$

$$110672 \leq 32002 \text{ N} \leq 241295 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

**Kondisi geser 5**

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ max}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + 2Vs \text{ max})$$

$$241295 \leq 32002 \text{ N} \leq 401093 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 1 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_{s\text{min}} = 38900 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6  
(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_{s \text{ max}}$$

$$38900 \text{ N} > 213064 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times 389\text{mm}}{38900 \text{ N}} \\ &= 502 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 90\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{4}$$

$$90 \text{ mm} \leq \frac{389\text{mm}}{4}$$

$$90 \text{ mm} \leq 97,25 \text{ mm OK}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$90 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$90 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 24 \varnothing \text{ sengkang}$$

$$90 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$90 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$90 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-90mm

### **Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

*12.2.1 :*

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\psi_t$  = factor lokasi penulangan =1



$\Psi e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$ld = \frac{400Mpa \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30Mpa}} \times 22mm$$

$$ld = 945 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times 945 \text{ mm}^2 \\ &= 694 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 700mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300mm$

$700mm > 300mm$       OK

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai **SNI 2847-2013, Pasal**

**12.3.1 :**

$$ld = \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$ld = 0,034 \times fy \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$$ld = \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$ld = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$ld = 386 \text{ mm}$$

$$ld = 0,034 f_{yx} db$$

$$ld = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 22 \text{mm}$$

$$ld = 299 \text{ mm}$$

$$ld \text{ pakai} = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times 386 \text{ mm} \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai **SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1** :

$$ld = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d \\ &= 324 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$l_{dh} > 150 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 8 \times 22 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$350 \text{mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

#### 4.2.4.4 Perhitungan Balok Induk 40/60 Lantai 2

Data perencanaan :

$$\text{As balok} = \text{A.4-5}$$

$$\text{Bentang balok} = 7,2 \text{ m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

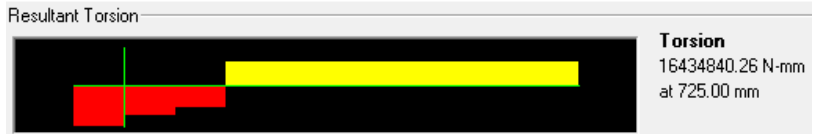
h	= 60 cm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja lentur	= 400 Mpa
Mutu baja geser	= 240 Mpa
Mutu baja puntir	= 400 Mpa
D tul. Lentur	= 22 mm
D tul. Geser	= 10 mm
D tul. Puntir	= 22 mm
Jarak antar tulangan	= 25 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)</i>	
Decking	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi puntir	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \\
 &\quad \text{D tul.lentur} \\
 &= 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 22\text{mm} \\
 &= 539 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 600\text{mm} - 539\text{mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil output dari program SAP :

a. Momen puntir = 16434840 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



***Gambar 4.2.4.4.1 Momen Puntir Balok Induk  
 40/60 Lantai 2***

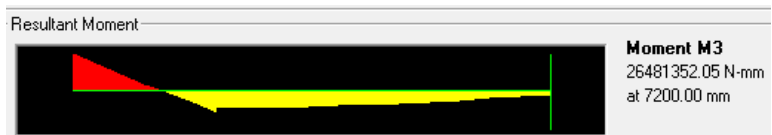
b. Momen lentur

-Momen Lapangan = 170904840 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L - 1E



***Gambar 4.2.4.4.2 Momen Lapangan Balok  
 Balok Induk 40/60 Lantai 2***

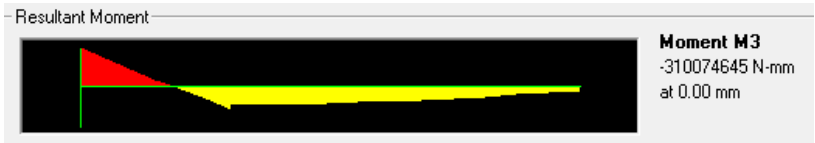
-Momen tump. kanan = 26481352 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L - 1E



***Gambar 4.2.4.4.3 Momen Tumpuan Kanan  
 Balok Induk 40/60 Lantai 2***

-Momen tump. kiri = -310074645 Nmm

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$

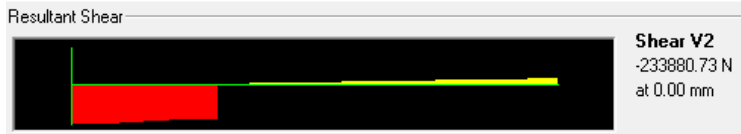


**Gambar 4.2.4.4.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 40/60 Lantai 2**

c. Gaya geser

$$\text{-Gaya geser tumpuan} = -233880$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$



**Gambar 4.2.4.4.5 Gaya Geser Balok Induk 40/60 Lantai 2**

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 400\text{mm} \times 600\text{mm} = 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 600\text{mm}) \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi  $A_s$  luasan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \varnothing_{\text{geser}}) \\
 &\quad \times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \varnothing_{\text{geser}}) \\
 &= (400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &\quad \times (600\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &= 150000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\
 &\quad \varnothing_{\text{geser}}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\
 &\quad \varnothing_{\text{geser}})] \\
 &= 2 \times [(400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) + \\
 &\quad (600\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\
 &= 1600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir } (T_u) = 16434840 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$

Momen puntir nominal ( $T_n$ )

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{16434840 \text{ Nmm}}{0,75} = 21913120 \text{ Nmm}$$

*(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)*

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{u_{\min}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)*

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(24000\text{mm})^2}{2000 \text{ mm}^2} \right) \\
 &= 98195,70 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$T_{u_{\max}} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{(24000 \text{ mm})^2}{2000 \text{ mm}^2} \right)$$

$$= 39041663,90 \text{ Nmm}$$

Tu < T<sub>Umin</sub> maka tulangan puntir diabaikan

Tu > T<sub>Umin</sub> maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$Tu = 16434840 \text{ Nmm} > T_{Umin} 98195,70 \text{ Nmm}$$

Maka memerlukan tulangan puntir

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times Ao \times Fyt \times Cot\theta}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$\frac{At}{s} = \frac{21913120 \text{ Nmm}}{2 \times 150000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}$$

$$\frac{At}{s} = 0,183 \text{ mm}$$

$$Al = \frac{At}{s} \times Ph \times \left( \frac{Fyt}{Fy} \right) \times Cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$Al = 0,183 \times 1600 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2$$

$$= 293 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0,175 \times Bw}{Fyt}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)



$$0,183mm \geq \frac{0,175 \times 400 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,183mm \geq 0,175 \text{ mm}$$

Maka nilai At/s yang diambil = 0,183mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Al \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 240000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,183 \text{ mm} \times 1600 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 1088 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Al perlu < Al min

$$293 \text{ mm} < 1088 \text{ mm}^2$$

Al perlu  $\leq$  Almin menggunakan Al min

Al perlu  $\geq$  Almin menggunakan Al perlu

Digunakan Al min = 1088 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{Al}{4} = \frac{1088 \text{ mm}^2}{4} = 272 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$\begin{aligned} &= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l \\ &= 136 \text{ mm} + 136 \text{ mm}^2 + 272 \text{ mm}^2 \\ &= 544 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

D asumsi : 22 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan puntir :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{544 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ &= 1,43 = 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &> A_l \text{ perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 292 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kanan, kiri, dan lapangan dipasang sebesar : 2 D22

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral kondisi balanced

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 400Mpa} \times 539mm$$

$$= 323,40 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb = 242,55 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d' = 61 \text{ mm}$$

Garis netral rencana

$$X_{rencana} = 100 \text{ mm (asumsi)}$$

Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm}$$

$$= 867000 \text{ N}$$

Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$Asc = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y}$$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2167,50 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left( 539 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 430465500 \text{ Nmm}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$Mu = 26481352 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{26481352 \text{ Nmm}}{0,9} = 29423724 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 29423724 \text{ Nmm} - 430465500 \text{ Nmm}$$

$$= -401041776 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{29423724 \text{ Nmm}}{400\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 0,253$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,253}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0006 < 0,0244$$

TIDAK OK

Maka  $\rho$  perlu dikali 1,3 = 0,00078 <  $\rho$  min maka dipakai  $\rho$  min = 0,0035

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 400\text{mm} \times 539\text{mm} \\ &= 754 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_l/4 \\ &= 754 \text{ mm}^2 + 273 \text{ mm}^2 \\ &= 1027 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1027 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 2,7$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 3 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 1140,40 \text{ mm}^2 &> 1027 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1140,40 \text{ mm}^2 \\ &= 342,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luasan tulangan lentur}} = \frac{342,12 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 0,90$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380\text{mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 342,12 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}, \text{ lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 3x 22\text{mm}}{3-1} \\ &= 117 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\ &= 256 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 1140,40 mm<sup>2</sup> (3D22)

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760 \text{ mm}^2 \geq 380,13 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 1140,40 mm<sup>2</sup> (3D22)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 44,72 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 400 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 44,72 \text{ mm}^2$$

$$= 456159,25 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 456160 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 456159,25 \text{ N} \times \left( 539 \text{ mm} - \frac{44,72 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (456160 \text{ N} \times 539 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 453713898,63 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu  
 453713898,63 Nm > 26481352 Nmm      OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

Mu = 310074645 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{310074645 \text{ Nmm}}{0,9} = 344527383 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

Mns > 0 = maka perlu tulangan lentur tekan

Mns < 0 = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Mns = Mn – Mnc

$$= 344527383 \text{ Nmm} - 430465500 \text{ Nmm}$$

$$= -85938117 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{344527383 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (539 \text{ mm})^2} = 2,97$$

$$pb = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{cr}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$p_{max} = 0,75 \times pb = 0,0244$$



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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,97}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0079 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$0,0035 < 0,0079 < 0,0244$                       OK

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

$$= 0,0079 \times 400 \text{ mm} \times 539 \text{ mm}$$

$$= 1704 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$

$$= 1704 \text{ mm}^2 + 273 \text{ mm}^2$$

$$= 1976 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1976 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 5,2$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 6 buah

$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$

$$= 6 \times 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 2280,80 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu  
 $2280,80 \text{ mm}^2 > 2036,54 \text{ mm}^2$       OK

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 \times As \\ &= 0,3 \times 2280,80 \text{ mm}^2 \\ &= 684,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22  
 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{684,24 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 1,8$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380 \text{ mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu  
 $760 \text{ mm}^2 > 684,24 \text{ mm}^2$       OK

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 6x 22\text{mm}}{6-1} \\
 &33,60 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\
 &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2-1} \\
 &= 256 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 6D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$\text{As pasang} = 2280,80 \text{ mm}^2 \text{ (6D22)}$$

$$\text{As' pasang} = 760 \text{ mm}^2 \text{ (2D22)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 760 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 2280,80 \text{ mm}^2 \text{ (6D22)}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm}} \\
 &= 89,44 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Cc}' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 400\text{mm} \times 30\text{Mpa} \times 89,44 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 912318,51 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai } \times fy \\
 &= 2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 912318,51 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc'x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs'x d - d') \\
 &= \left( 912318,51 \text{ N} \times \left( 539\text{mm} - \frac{89,44 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (912318,51 \text{ N} \times 539\text{mm} - 61\text{mm}) \\
 &= 661557959,73 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$

$661557959,73 \text{ Nmm} > 310074645 \text{ Nmm}$     OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 6D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22

### **-Daerah Lapangan**

$Mu = 170904840 \text{ Nmm}$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{170904840 \text{ Nmm}}{0,9} = 189894267 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$Mns = Mn - Mnc$

$$= 189894267 \text{ Nmm} - 430465500\text{Nmm}$$

$$= -240571233 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{189894267 \text{ Nmm}}{400\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 1,63$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,63}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0042$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0042 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0042 \times 400\text{mm} \times 539\text{mm}$$

$$= 911 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (22\text{mm})^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{A}/4 \\ &= 911 \text{ mm}^2 + 273 \text{ mm}^2 \\ &= 1183 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1183 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 3,11$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 4 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luas lentur} \\ &= 4 \times 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 1520 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1520 \text{ mm}^2 &> 1183 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 1520 \text{ mm}^2 \\ &= 456 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D22 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{\text{As}'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{456 \text{ mm}^2}{380 \text{ mm}^2} = 1,20$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 380\text{mm}^2 \\ &= 760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 760 \text{ mm}^2 &> 456 \text{ mm}^2 \qquad \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}, \text{ lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 4x 22\text{mm}}{4 - 1} \\ &= 71 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 22\text{mm}}{2 - 1} \\ &= 256 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

$$\text{Tulangan lentur tarik 1 lapis} = 4\text{D}22$$

$$\text{Tulangan lentur tekan 1 lapis} = 2\text{D}22$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$\text{As pasang} = 1520 \text{ mm}^2 \text{ (4D}22\text{)}$$

As' pasang = 760 mm<sup>2</sup> (2D22)

M lentur tumpuan (+) ≥ 1/3 M lentur tumpuan (-)

760 mm<sup>2</sup> ≥ 507 mm<sup>2</sup>

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 1520 mm<sup>2</sup> (4D22)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{1520 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 59,63 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 400 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 59,63 \text{ mm}^2$$

$$= 608212 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 1520 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 608212 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 608212 \text{ N} \times \left( 539 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ \left( 608212 \text{ N} \times 539 \text{ mm} - 61 \text{ mm} \right)$$

$$= 600418504 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu

600418504 Nmm > 170904840 Nmm      OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 4D22

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D22



### Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 1520 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 760 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 17,89$$

$$\begin{aligned} \text{MnR} &= \text{As tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\ &= 1520 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (539 \text{ mm} - 17,89/2) \\ &= 145073887 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

b. Tumpuan kiri

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 2280,80 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 760 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 17,89$$

$$\begin{aligned} \text{MnL} &= \text{As tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\ &= 2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (539 \text{ mm} - 17,89/2) \\ &= 290147775 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$V_u = 233880 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{290147775 \text{ Nmm} + 145073887 \text{ Nmm}}{6800\text{mm}} \\
 &\quad + 233880 \text{ N} \\
 &= 297883 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 400\text{mm} \times 539\text{mm} \\
 &= 200751,27 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{smin} &= \frac{1}{3} \times 400\text{mm} \times 539\text{mm} \\
 &= 71866 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{smax} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 400\text{mm} \times 539\text{mm} \\
 &= 393630 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom kearah tengah bentang.

**(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)**

- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 297883 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$297883 \text{ N} \leq 75281 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$75281 \text{ N} \leq 297883 \text{ N} \leq 150563 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min})$$

$$150563 \leq 297883 \text{ N} \leq 204463 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$$

$$204463 \leq 297883 \text{ N} \leq 445786 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_s \max)$$

$$445786 \leq 297883 \text{ N} \leq 741008 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{297883 \text{ N} - 0,75 \times 200751 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 97132 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \max$$

$$97132 \text{ N} > 393630 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\phi 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$= 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2$$

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

Jarak tulangan geser perlu

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 539 \text{ mm}}{97132 \text{ N}}$$

$$= 209 \text{ mm}$$

Dipakai jarak  $S = 80 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq \frac{539 \text{ mm}}{4}$$

$$80 \text{ mm} \leq 134,75 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$Spakai \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$

$$80 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$

$$80 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$Spakai \leq 300$

$$80 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-80mm

2. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{297883 \text{ N} \times (0,5 \times 6800 \text{ mm} - 2 \times 600 \text{ mm})}{0,5 \times 6800 \text{ mm}}$$

$$= 175225 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

$$175225 \text{ N} \leq 75281 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$75281 \text{ N} \leq 175225 \text{ N} \leq 150563 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$150563 \leq 175225 \text{ N} \leq 204463 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d)$$

$$204463 \leq 175225 \text{ N} \leq 445786 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$445786 \leq 175225 \text{ N} \leq 741008 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_{s\text{min}} = 71866 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6  
(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_{s \text{ max}}$$

$$71866 \text{ N} > 393630 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times 539\text{mm}}{71866 \text{ N}} \\ &= 282 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 100\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{539\text{mm}}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 134,75 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$100 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$100 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

$$\emptyset 10-100 \text{ mm}$$

### **Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

*12.2.1 :*

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1



$\Psi e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{400 \text{ Mpa} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 945 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times 945 \text{ mm}^2 \\ &= 818 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 900mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{ mm}$

900mm > 300mm            OK

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai **SNI 2847-2013, Pasal**

**12.3.1 :**

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

Id = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$ld = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$ld = 386 \text{ mm}$$

$$ld = 0,034 f_{yx} db$$

$$ld = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 22 \text{mm}$$

$$ld = 299 \text{ mm}$$

$$ld \text{ pakai} = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times 386 \text{ mm} \\ &= 347 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai **SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1** :

$$ld = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 22 \text{mm}$$

$$l_d = 386 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d \\ &= 334 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 400mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$400 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$l_{dh} > 150 \text{mm}$$

$$400 \text{mm} > 8 \times 22 \text{mm}$$

$$400 \text{mm} > 176 \text{mm} \quad \text{OK}$$

$$400 \text{mm} > 150 \text{mm} \quad \text{OK}$$

#### 4.2.4.5 Perhitungan Balok Induk 20/30 Lantai 2

Data perencanaan :

$$\text{As balok} = \text{E.1-2}$$

$$\text{Bentang balok} = 3,2 \text{ m}$$

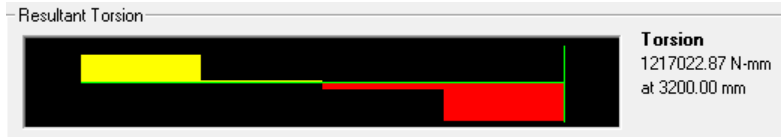
b	= 20 cm
h	= 30 cm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja lentur	= 400 Mpa
Mutu baja geser	= 240 Mpa
Mutu baja puntir	= 400 Mpa
D tul. Lentur	= 19 mm
D tul. Geser	= 10 mm
D tul. Puntir	= 19 mm
Jarak antar tulangan	= 25 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)</i>	
Decking	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi puntir	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \\
 &\quad \text{D tul.lentur} \\
 &= 300\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm} \\
 &= 240,5 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 300\text{mm} - 240,5\text{mm} \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil output dari program SAP :

a. Momen puntir = 1217023 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



***Gambar 4.2.4.5.1 Momen Puntir Balok Induk 20/30 Lantai 2***

b. Momen lentur

-Momen Lapangan = -19746857 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L - 1E



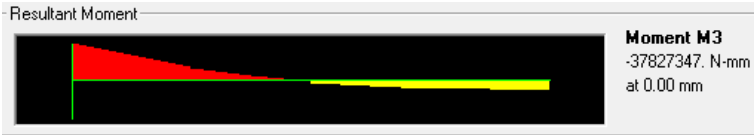
***Gambar 4.2.4.5.2 Momen Lapangan Balok Induk 20/30 Lantai 2***

-Momen tump. kanan = 9093503 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L - 1E



***Gambar 4.2.4.5.3 Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 20/30 Lantai 2***

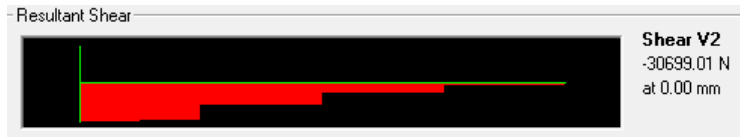
-Momen tump. kiri = -37827347 Nmm  
 Kombinasi = 1,2D + 1L - 1E



**Gambar 4.2.4.5.4 Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 20/30 Lantai 2**

c. Gaya geser

$$\begin{aligned} \text{-Gaya geser tumpuan} &= -30699 \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L - 1E \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.5.5 Gaya Geser Balok Balok Induk 20/30 Lantai 2**

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 200\text{mm} \times 300\text{mm} = 60000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (200\text{mm} + 300\text{mm}) \\ &= 1000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &\quad \times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (200\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &\quad \times (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\
 &= 20000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 \text{Poh} &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\
 &\quad \text{\textcircled{O}}\text{geser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\
 &\quad \text{\textcircled{O}}\text{geser})] \\
 &= 2 \times [(200\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) + \\
 &\quad (300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\
 &= 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir (Tu)} = 1217022 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L - 1E$$

Momen puntir nominal (Tn)

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{7500834 \text{ Nmm}}{0,75} = 1622696 \text{ Nmm}$$

*(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)*

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila Tu besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{\text{umin}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

*(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)*

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(60000\text{mm})^2}{1000 \text{ mm}^2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 1227446 \text{ Nmm}$$

$$T_{\text{umax}} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(60000\text{mm})^2}{1000 \text{ mm}^2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 4880208 \text{ Nmm}$$

$T_u < T_{u\min}$  maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u\min}$  maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 1217022 \text{ Nmm} > T_{u\min} 1227446 \text{ Nmm}$$

Maka tulangan puntir diabaikan.

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{1622696 \text{ Nmm}}{2 \times 20000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,101 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$A_l = 0,101 \times 600 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2$$

$$= 60,85 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,101 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,101 \text{ mm} \geq 0,088 \text{ mm}$$



Maka nilai  $A_t/s$  yang diambil = 0,101mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_{cr}} \times A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{Mpa} \times 60000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,101 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_l$  perlu <  $A_l$  min

$$60,85 \text{ mm} < 284 \text{ mm}^2$$

$A_l$  perlu  $\leq A_{l\text{min}}$  menggunakan  $A_l$  min

$A_l$  perlu  $\geq A_{l\text{min}}$  menggunakan  $A_l$  perlu

Digunakan  $A_l$  perlu = 284 mm<sup>2</sup>

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{284 \text{ mm}^2}{4} = 71 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 0,5 $A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l$$

$$= 35,5 \text{ mm} + 35,5 \text{ mm}^2 + 71 \text{ mm}^2$$

$$= 142 \text{ mm}^2$$

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

#### Garis netral kondisi balanced

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} x 240,5 \text{ mm}$$

$$= 144 \text{ mm}$$

#### Garis netral maksimum

$$X_{\text{max}} = 0,75 x Xb = 108 \text{ mm}$$

#### Garis netral minimum

$$X_{\text{min}} = d' = 59,5 \text{ mm}$$

#### Garis netral rencana

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm (asumsi)}$$

#### Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0,85 x f_c' x b x \beta_1 x X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 x 30 \text{ Mpa} x 200 \text{ mm} x 0,85 x 100 \text{ mm}$$

$$= 433500 \text{ N}$$

#### Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{\text{sc}} = \frac{0,85 x f_c' x b x \beta_1 x X_{\text{rencana}}}{f_y}$$

$$= 1084 \text{ mm}^2$$

#### Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{\text{nc}} = A_{\text{sc}} x f_y x \left( d - \frac{\beta_1 x X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{\text{nc}} = 1084 \text{ mm}^2 x 400 \text{ Mpa} x$$

$$\left( 240,5\text{mm} - \frac{0,85 \times 100\text{mm}}{2} \right)$$

$$= 85833000 \text{ Nmm}$$

### **-Daerah Tumpuan Kanan**

$$Mu = 75729108 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{75729108 \text{ Nmm}}{0,9} = 10103892 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 10103892 \text{ Nmm} - 85833000 \text{ Nmm}$$

$$= -75729108 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{10103892 \text{ Nmm}}{200\text{mm} \times (240,5 \text{ mm})^2} = 0,87$$

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

*(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)*

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \times 30\text{Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,87}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0022$$

Syarat :

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

$0,0035 < 0,0022 < 0,0244$  TIDAK OK

$\rho$  perlu dikali dengan 1,3 = 0,0029 <  $\rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

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

$$= 0,0035 \times 200 \text{ mm} \times 240,5 \text{ mm}$$

$$= 107 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$

$$= 107 \text{ mm}^2 + 71 \text{ mm}^2$$

$$= 178 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{178 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,63$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luas lentur}$

$$= 2 \times 284 \text{ mm}^2$$

$$= 568 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$568 \text{ mm}^2 > 178 \text{ mm}^2$  OK

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
 (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 568 \text{ mm}^2 \\ &= 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19  
 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{170 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luas lentur} \\ &= 2 \times 284\text{mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$568 \text{ mm}^2 > 170 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \end{aligned}$$

$$= 62 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm, 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \end{aligned}$$

$$= 130,5 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm, 1 lapis}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} x M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

As' pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$568 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$\begin{aligned} a &= \frac{As x fy}{0,85 x fc' x b} = \frac{568 \text{ mm}^2 x 400 \text{ Mpa}}{0,85 x 30 \text{ Mpa} x 200 \text{ mm}} \\ &= 44,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 x b x fc' x a \\ &= 0,85 x 200 \text{ mm} x 30 \text{ Mpa} x 44,48 \text{ mm}^2 \\ &= 226823 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pakai} x fy \\ &= 568 \text{ mm}^2 x 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 226823 \text{ N} \\
 M_n &= \left( Cc'x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs'x d - d' \right) \\
 &= \left( 226823 \text{ N} \times \left( 240,5 \text{ mm} - \frac{44,48 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (226823 \text{ N} \times 240,5 \text{ mm} - 59, \text{ mm}) \\
 &= 90561903 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$90561903 \text{ Nm} > 9093503 \text{ Nmm}$     OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

$M_u = 37827347 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{37827347 \text{ Nmm}}{0,9} = 42030386 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_n > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_n < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_n = M_n - M_{nc}$

$$= 42030386 \text{ Nmm} - 85833000 \text{ Nmm}$$

$$= 43802614 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{42030386 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times (240,5 \text{ mm})^2} = 3,63$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{cr}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ & \text{(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{Mpa}}{400 \text{Mpa}} \left( \frac{600}{600 + 400 \text{Mpa}} \right) \\ &= 0,0325 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,0244 \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{Mpa}} = 0,0035 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{cr}} = \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} = 15,69 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,53}{400 \text{Mpa}}} \right) \\ &= 0,0098 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0098 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0098 \times 200 \text{ mm} \times 240,5 \text{ mm}$$

$$= 474 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (29 \text{ mm})^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 474 \text{ mm}^2 + 71 \text{ mm}^2$$



$$= 545 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas tulangan lentur} = \frac{545 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 1,92$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 568 \text{ mm}^2 &> 545 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 \times As \\ &= 0,3 \times 568 \text{ mm}^2 \\ &= 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{Luas tulangan lentur} = \frac{170 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu  
 568 mm<sup>2</sup> > 170 mm<sup>2</sup> OK

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \\ &= 62 \text{ mm} , Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \\ &= 62 \text{ mm} Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} x M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

As' pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq 1/3 M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$

568 mm<sup>2</sup> ≥ 189 mm<sup>2</sup>

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm}}$$

$$= 44,48 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 44,48 \text{ mm}^2$$

$$= 226823 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times f_y$$

$$= 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 226823 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 226823 \text{ N} \times \left( 240,5 \text{ mm} - \frac{44,48 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (226823 \text{ N} \times 240,5 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 90561903 \text{ Nmm}$$

Syarat :

Mn pasang > Mn perlu

90561903 Nmm > 37827347 Nmm OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

**-Daerah Lapangan**

Mu = 19746856 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{19746856 \text{ Nmm}}{0,9} = 21940951 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 21940951 \text{ Nmm} - 85833000 \text{ Nmm}$$

$$= -63892049 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{21940951 \text{ Nmm}}{200\text{mm} \times (240,5\text{mm})^2} = 1,90$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{cr}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

**(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)**

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{cr}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,90}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0049 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0049 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0049 \times 200\text{mm} \times 240,5\text{mm} \\ &= 237 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_l/4 \\ &= 237 \text{ mm}^2 + 71 \text{ mm}^2 \\ &= 308 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{308 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 1,1$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 568 \text{ mm}^2 &> 308 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_{s'}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{170 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,60$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$568 \text{ mm}^2 > 170 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \\ &= 62 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{200\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \\ &= 62 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$\text{As pasang} = 568 \text{ mm}^2 \text{ (2D19)}$$

$$\text{As' pasang} = 568 \text{ mm}^2 \text{ (2D19)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$568 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 568 \text{ mm}^2 \text{ (2D19)}$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm}}$$

$$= 44,48 \text{ mm}^2$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 44,48 \text{ mm}^2$$

$$= 226823 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y$$

$$= 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 226823 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C_s' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 226823 \text{ N} \times \left( 240,5 \text{ mm} - \frac{44,48 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ \left( 226823 \text{ N} \times 240,5 \text{ mm} - 61 \text{ mm} \right)$$

$$= 90561903 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$90561903 \text{ Nmm} > 19746856 \text{ Nmm OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 568 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm}} \\ = 27$$

$$MnR = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\ = 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (240,5 \text{ mm} - 27/2) \\ = 30914722 \text{ Nmm}$$

b. Tumpuan kiri

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 568 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm}} \\ = 27$$

$$MnL = As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\ = 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (240,5 \text{ mm} - 27/2) \\ = 30914722 \text{ Nmm}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :



$$V_u = 30699 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + \frac{Wu \times ln}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + V_u$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{30914722 \text{ Nmm} + 30914722 \text{ Nmm}}{3000\text{mm}} \\ &\quad + 30699 \text{ N} \\ &= 51309 \text{ N} \end{aligned}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times 1 \sqrt{30\text{Mpa}} \times 200\text{mm} \times 240,5\text{mm} \\ &= 44787 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$\begin{aligned} V_{smin} &= \frac{1}{3} \times 200\text{mm} \times 240,5\text{mm} \\ &= 16033 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 200\text{mm} \times 240,5\text{mm} \\ &= 87818 \text{ N} \end{aligned}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang.  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

3. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 51309 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$51309 \text{ N} \leq 16795 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$16795 \text{ N} \leq 51309 \text{ N} \leq 33590 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min})$$

$$33590 \leq 51309 \text{ N} \leq 45615 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

#### **Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \phi(Vc + \frac{1}{3}\sqrt{fc'}.bw.d)$$

$$45615 \leq 51309 \text{ N} \leq 99454 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### **Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(Vc + Vs \text{ max}) \leq Vu \leq \phi(Vc + 2Vs \text{ max})$$

$$99454 \leq 51309 \text{ N} \leq 165318 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$Vs \text{ perlu} = \frac{Vu - \phi Vc}{\phi} = \frac{51309 \text{ N} - 0,75 \times 44787 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 23624 \text{ N}$$

### **Kondisi geser 6**

**(Perbesar penampang)**

$$Vs > Vs \text{ max}$$

$$23624 \text{ N} > 87818 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$Av = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2$$

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

Jarak tulangan geser perlu

$$S \text{ perlu} = \frac{Av \times fy \times d}{Vs \text{ perlu}}$$

$$= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 240,5 \text{ mm}}{23624 \text{ N}}$$

$$= 384 \text{ mm}$$

Dipakai jarak  $S = 50 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$50 \text{ mm} \leq \frac{240,5 \text{ mm}}{4}$$

$$50 \text{ mm} \leq 60,125 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai  $\leq 8 D$  tul. longitudinal*

$$50 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai  $\leq 24 \emptyset$  sengkang*

$$50 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

*Spakai  $\leq 300$*

$$50 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

$\emptyset 10-50 \text{ mm}$

4. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5 ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{51309 N \times (0,5 \times 2800mm - 2 \times 600mm)}{0,5 \times 2800mm}$$

$$= 29319 N$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$29319 N \leq 16795 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$16795 N \leq 29319 N \leq 33590 N$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$33590 N \leq 29319 N \leq 45615 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$$

$$45615 \leq 29319 N \leq 99454 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \max) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_s \max)$$

$$99454 \leq 29319 N \leq 165318 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan geser minimum  
 $V_s \text{ perlu} = V_{s \text{ min}} = 16033 N$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \max$$

$$16033 N > 87818 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 539 \text{ mm}}{16033 N} \\ &= 565 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 60 \text{ mm}$ 

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
*(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)*

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$60 \text{ mm} \leq \frac{250,4 \text{ mm}}{4}$$

$$60 \text{ mm} \leq 60,125 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$60 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$60 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$60 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-60 mm

### **Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

*12.2.1* :

$$ld = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = factor pelapis = 1

$\lambda$  = factor agregat = 1

$$ld = \frac{400 \text{ Mpa} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 19 \text{ mm}$$

ld = 661 mm

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times 661 \text{ mm}^2 \\ &= 398 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 450 mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{ mm}$

450 mm > 300 mm      OK

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

**12.3.1 :**

$$ld = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times db$$

$$ld = 0,034 f_y \times db$$

ld = Panjang penyaluran



db = Diameter tulangan

$$ld = \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$ld = \frac{0,24 \times 400\text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30\text{Mpa}}} \times 19\text{mm}$$

$$ld = 333 \text{ mm}$$

$$ld = 0,034 \times fy \times db$$

$$ld = 0,034 \times 400\text{Mpa} \times 19\text{mm}$$

$$ld = 258 \text{ mm}$$

$$ld \text{ pakai} = 333 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times 333 \text{ mm} \\ &= 99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300\text{mm}$$

$$400\text{mm} > 300\text{mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1* :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{pa}}} \times 19 \text{mm}$$

$$l_d = 333 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 300 \text{mm} \quad \text{OK}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$l_{dh} > 150 \text{mm}$$

$$350 \text{mm} > 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$350 \text{mm} > 152 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$350 \text{mm} > 150 \text{mm} \quad \text{OK}$$

#### 4.2.4.6 Perhitungan Balok Anak 25/35 Lantai 2

Data perencanaan :

As balok	= B' -C.4'
Bentang balok	= 3,5 m
b	= 25 cm
h	= 35 cm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja lentur	= 400 Mpa
Mutu baja geser	= 240 Mpa
Mutu baja puntir	= 400 Mpa
D tul. Lentur	= 19 mm
D tul. Geser	= 10 mm
D tul. Puntir	= 19 mm
Jarak antar tulangan	= 25 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)</i>	
Decking	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi puntir	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2}$$

$$D \text{ tul.lentur}$$

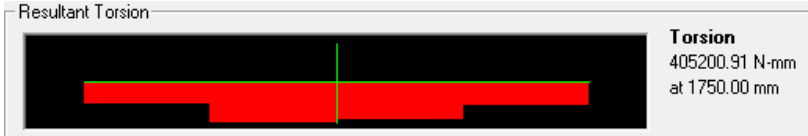
$$= 350\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 19\text{mm}$$

$$= 290,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h - d \\
 &= 350 \text{ mm} - 290,5 \text{ mm} \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil output dari program SAP :

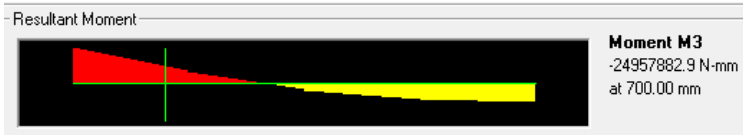
$$\begin{aligned}
 \text{a. Momen puntir} &= 405201 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1L + 1E
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.6.1 Momen Puntir Balok Anak 25/35 Lantai 2**

b. Momen lentur

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen Lapangan} &= -24957883 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5A
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.6.2 Momen Lapangan Balok Anak 25/35 Lantai 2**

$$\begin{aligned}
 \text{-Momen tump. kanan} &= 26104612 \text{ Nmm} \\
 \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5A
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.6.3 Momen Tumpuan Kanan  
Balok Anak 25/35 Lantai 2**

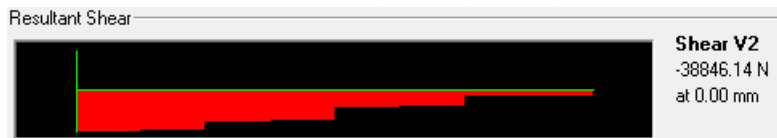
$$\begin{aligned} \text{-Momen tump. kiri} &= -51487954 \text{ Nmm} \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5A \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.6.4 Momen Tumpuan Kiri Balok  
Anak 25/35 Lantai 2**

c. Gaya geser

$$\begin{aligned} \text{-Gaya geser tumpuan} &= -38846 \\ \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5A \end{aligned}$$



**Gambar 4.2.4.6.5 Gaya Geser Balok Anak  
25/35 Lantai 2**

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser,  
lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 250\text{mm} \times 350\text{mm} = 87500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$P_{cp} = 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok})$$

$$= 2 \times (250\text{mm} + 350\text{mm})$$

$$= 1200 \text{ mm}^2$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$A_{oh} = (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser})$$

$$\times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser})$$

$$= (250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})$$

$$\times (350\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})$$

$$= 37500 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$Poh = 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times$$

$$\text{Øgeser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times$$

$$\text{Øgeser})]$$

$$= 2 \times [(250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) +$$

$$(350\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})]$$

$$= 800 \text{ mm}$$

**Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir (Tu)} = 405200 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L + 1E$$

Momen puntir nominal (Tn)

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{405200 \text{ Nmm}}{0,75} = 540267 \text{ Nmm}$$

**(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)**

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila Tu besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{\text{Umin}} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

**(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)**

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times$$

$$\left( \frac{(87500 \text{ mm})^2}{1200 \text{ mm}^2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 2175379 \text{ Nmm} \\
 T_{\text{umax}} &= \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\
 &\quad \left( \frac{(87500 \text{ mm})^2}{1200 \text{ mm}^2} \right) \\
 &= 8649095 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$T_u < T_{\text{umin}}$  maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{\text{umin}}$  maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 405200 \text{ Nmm} > T_{\text{umin}} 2175379 \text{ Nmm}$$

Maka tulangan puntir diabaikan.

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \text{Cot} \theta} \\
 &\text{(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)} \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{540267 \text{ Nmm}}{2 \times 37500 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,018 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times \text{Ph} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \text{Cot}^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$A_l = 0,018 \times 800 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2$$

$$= 14,41 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0,175 \times Bw}{Fyt}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,018 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,018 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai  $At/s$  yang diambil = 0,109 mm

Cek nilai  $Al$  min dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Al \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times Acp}{fy} - \left(\frac{At}{s}\right) \times Ph \times \frac{fyt}{fy} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 87500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} \\ &\quad - 0,109 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 416 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$Al \text{ perlu} < Al \text{ min}$

$$14 \text{ mm} < 416 \text{ mm}^2$$

$Al \text{ perlu} \leq Al_{\text{min}}$  menggunakan  $Al \text{ min}$

$Al \text{ perlu} \geq Al_{\text{min}}$  menggunakan  $Al \text{ perlu}$

Digunakan  $Al \text{ perlu} = 416 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{Al}{4} = \frac{416 \text{ mm}^2}{4} = 104 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok



- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_l$ , sehingga  $A_l$  pada sisi samping balok :

$$= 0,5 A_l + 0,5 A_l + A_l$$

$$= 52 \text{ mm} + 52 \text{ mm}^2 + 104 \text{ mm}^2$$

$$= 208 \text{ mm}^2$$

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral kondisi balanced

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \times 290,5 \text{ mm}$$

$$= 174 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b = 131 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\min} = d' = 59,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm (asumsi)}$$

Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 100 \text{ mm}$$

$$= 541875 \text{ N}$$

Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0.85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y}$$

$$= 1355 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1355 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left( 290,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 134385000 \text{ Nmm}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$M_u = 26104611 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{26104611 \text{ Nmm}}{0,9} = 29005123 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 29005123 \text{ Nmm} - 134385000 \text{ Nmm}$$

$$= -105379877 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{29005123 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (290,5 \text{ mm})^2} = 1,375$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$\begin{aligned}
 &= 0,0325 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,0244 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,375}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0035 < 0,0244 \quad \text{TIDAK OK}$$

$$\text{Maka } \rho_{\text{perlu}} \text{ dikali } 1,3 = 0,0046 > \rho_{\min} \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0046 \times 250 \text{ mm} \times 290,5 \text{ mm}$$

$$= 334 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 334 \text{ mm}^2 + 104 \text{ mm}^2$$

$$= 438 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{438 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 1,5$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 568 \text{ mm}^2 &> 438 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 568 \text{ mm}^2 \\ &= 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{\text{As}'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{170 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284\text{mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 568 \text{ mm}^2 &> 170 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - 2x 40 \text{ mm} - 2x 10 \text{ mm} - 2x 19 \text{ mm}}{2-1} \\ &= 112 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{250 \text{ mm} - 2x 40 \text{ mm} - 2x 10 \text{ mm} - 2x 19 \text{ mm}}{2-1} \\ &= 112 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25 \text{ mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

As' pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$$

$$568 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 35,58 \text{ mm}^2 \\
 Cc' &= 0,85 \times b \times fc' \times a \\
 &= 0,85 \times 250\text{mm} \times 30\text{Mpa} \times 35,58 \text{ mm}^2 \\
 &= 226823 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pakai} \times fy \\
 &= 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 226823 \text{ N} \\
 Mn &= \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right) \\
 &= \left( 226823 \text{ N} \times \left( 290,5\text{mm} - \frac{35,58 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
 &\quad + \left( 226823 \text{ N} \times 290,5\text{mm} - 59,5\text{mm} \right) \\
 &= 114252999 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$

$114252999 \text{ Nm} > 26104611 \text{ Nmm}$  OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### **-Daerah Tumpuan Kiri**

$Mu = 51487954 \text{ Nmm}$

$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{5148795 \text{ Nmm}}{0,9} = 357208838 \text{ Nmm}$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$Mns > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$Mns = Mn - Mnc$

$$= 357208838 \text{Nmm} - 134385000 \text{Nmm}$$

$$= -77176162 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{357208838 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (290,5 \text{ mm})^2} = 2,71$$

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

**(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)**

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,71}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0072$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0072 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0072 \times 250 \text{ mm} \times 290,5 \text{ mm}$$

$$= 522 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{A1/4} \\ &= 522 \text{ mm}^2 + 104 \text{ mm}^2 \\ &= 626 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{626 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 2,2$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 3 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 3 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 852 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\ 852 \text{ mm}^2 &> 626 \text{ mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 852 \text{ mm}^2 \\ &= 256 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19 (asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)



$$n = \frac{As'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{256 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,90$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284 \text{ mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$568 \text{ mm}^2 > 256 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$Smaks \geq Ssejajar = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$Smaks \leq Ssejajar = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{250\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 3x 19\text{mm}}{3-1} \\ &= 46,50 \text{ mm } Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{250\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 19\text{mm}}{2-1} \\ &= 112 \text{ mm } Smaks \geq Ssejajar 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

$$A_s \text{ pasang} = 851 \text{ mm}^2 \text{ (3D19)}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 568 \text{ mm}^2 \text{ (2D19)}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$568 \text{ mm}^2 \geq 284 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 851 \text{ mm}^2 \text{ (3D19)}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{851 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$= 53,37 \text{ mm}^2$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 53,37 \text{ mm}^2$$

$$= 340234 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pakai} \times f_y$$

$$= 851 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 340234 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C_s' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 340234 \text{ N} \times \left( 290,5 \text{ mm} - \frac{53,37 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (340234 \text{ N} \times 290,5 \text{ mm} - 61 \text{ mm})$$

$$= 138433460 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$138433460 \text{ Nmm} > 51487954 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### **-Daerah Lapangan**

$M_u = 24957882 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{24957882 \text{ Nmm}}{0,9} = 27730980 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$$= 27730980 \text{ Nmm} - 134385000 \text{ Nmm}$$

$$= -106654020 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{27730980 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (290,5 \text{ mm})^2} = 1,3$$

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

*(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)*

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

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

$$= 0,0034$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0034 < 0,0244 \quad \text{TIDAK OK}$$

Maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dikali dengan 1,3

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0034$$

$$= 0,0044$$

Setelah  $\rho_{\text{perlu}}$  dikali 1,3 namun tetap dibawah  $\rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

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

$$= 0,0044 \times 250 \text{ mm} \times 290,5 \text{ mm}$$

$$= 319 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 319 \text{ mm}^2 + 104 \text{ mm}^2$$

$$= 423 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{423 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 1,49$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 284 \text{ mm}^2$$

$$= 568 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$568 \text{ mm}^2 > 423 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)

*(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)*

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 568 \text{ mm}^2 \\ &= 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D19  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{170 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luasan lentur} \\ &= 2 \times 284\text{mm}^2 \\ &= 568 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$568 \text{ mm}^2 > 284 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 19\text{mm}}{2 - 1}$$

= 112 mm Smaks  $\geq$  Ssejajar 25mm, 1 lapis

Kontrol tulangan tekan :

$$\text{Smaks} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} - 2 \times 19\text{mm}}{2 - 1}$$

= 112 mm Smaks  $\geq$  Ssejajar 25mm, 1 lapis

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

As' pasang = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$568 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 568 mm<sup>2</sup> (2D19)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$= 35,58 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 35,58 \text{ mm}^2$$

$$= 226823 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$\begin{aligned}
&= 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
&= 226823 \text{ N} \\
M_n &= \left( C c' x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C s' x d - d' \right) \\
&= \left( 226823 \text{ N} x \left( 290,5 \text{ mm} - \frac{35,58 \text{ mm}^2}{2} \right) \right) \\
&\quad + (456159,25 \text{ N} x 290,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) \\
&= 114252999 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$114252999 \text{ Nmm} > 24957882 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

### **Perhitungan Tulangan Geser**

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik =  $568 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan =  $568 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{A_s \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}} \\
&= 21,35
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n R &= A_s \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\
&= 568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (290,5 \text{ mm} - 21,35/2) \\
&= 38082579 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

## b. Tumpuan kiri

As pakai tulangan tarik = 852 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan = 568 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{568 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 21,35$$

$$\begin{aligned} MnL &= As \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d-a/2) \\ &= 852 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (21,35 \text{ mm} - \\ &\quad 21,35/2) \\ &= 57123868 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$Vu = 38846 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$Vu1 = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + \frac{Wu \times ln}{2}$$

$$Vu1 = \frac{Mnl + Mnr}{ln} + Vu$$

$$Vu1 = \frac{57123868 \text{ Nmm} + 38082579 \text{ Nmm}}{3100 \text{ mm}} + 38846 \text{ N}$$

$$= 69558 \text{ N}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$Vc = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$Vc = 0,17 \times 1 \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 250 \text{ mm} \times 290,5 \text{ mm}$$



$$= 67623 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} x b x d$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} x 250\text{mm} x 290,5\text{mm}$$

$$= 24208 \text{ N}$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} x \sqrt{f'c'} x b x d$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} x \sqrt{30\text{Mpa}} x 250\text{mm} x 290,5\text{mm}$$

$$= 132595 \text{ N}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang.  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 69558 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 x \phi x V_c$$

$$69558 \text{ N} \leq 25358 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$25358 \text{ N} \leq 69558 \text{ N} \leq 50717 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 3****(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$50717 \leq 69558 \text{ N} \leq 68873 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 4****(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$$

$$68873 \leq 69558 \text{ N} \leq 150163 \text{ N}$$

**(Memenuhi)****Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$150163 \leq 69558 \text{ N} \leq 249609 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} = \frac{69558 \text{ N} - 0,75 \times 67623 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 25120 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \text{ max}$$

$$25120 \text{ N} > 132595 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 250 \text{ Mpa} \times 290,5 \text{ mm}}{25120 \text{ N}} \\ &= 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 50 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$\begin{aligned} \text{Spakai} &\leq \frac{d}{4} \\ 50 \text{ mm} &\leq \frac{290,5 \text{ mm}}{4} \end{aligned}$$

$$50 \text{ mm} \leq 73 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$\text{Spakai} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$

$$50 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$\text{Spakai} \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$

$$50 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$50 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$50 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-50mm

2. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{69558N \times (0,5 \times 3100mm - 2 \times 700mm)}{0,5 \times 3100mm}$$

$$= 38145 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$38145 \text{ N} \leq 25358 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$25358 \text{ N} \leq 38145 \text{ N} \leq 50717 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min})$$

$$50717 \leq 38145 \text{ N} \leq 68873 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 4****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d)$$

$$68873 \leq 38145 \text{ N} \leq 150163 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi(V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$150163 \leq 38145 \text{ N} \leq 249609 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min} = 24208 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \text{ max}$$

$$24208 \text{ N} > 132595 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$

dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2$$

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

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned}
 S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 290,5 \text{ mm}}{249609 \text{ N}} \\
 &= 452 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 70 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$Spakai \leq \frac{d}{4}$$

$$70 \text{ mm} \leq \frac{290,5 \text{ mm}}{4}$$

$$70 \text{ mm} \leq 73 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$70 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$70 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$70 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$70 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$70 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-70mm

## Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.2.1* :

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan =1

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{400 \text{ Mpa} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 661 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times 661 \text{ mm} \\ &= 486 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 500mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

*12.3.1 :*

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = 0,034 f_{yx} d_b$$

Id = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 19 \text{mm}$$

$$l_d = 333 \text{ mm}$$

$$l_d = 0,034 f_{yx} d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 19 \text{mm}$$

$$l_d = 258 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ pakai} = 333 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times 333 \text{ mm} \\ &= 149 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$$



350mm > 300mm          OK

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1* :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_e$  = factor pelapis = 1

$\lambda$  = factor agregat = 1

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 19 \text{mm}$$

$l_d = 333 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= 245 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$

$$350\text{mm} > 300\text{mm} \quad \text{OK}$$

Syarat :

$$ldh > 8db$$

$$ldh > 150\text{mm}$$

$$350\text{mm} > 8 \times 19\text{mm}$$

$$350\text{mm} > 152\text{mm} \quad \text{OK}$$

$$350\text{mm} > 150\text{mm} \quad \text{OK}$$

#### 4.2.4.7 Perhitungan Balok Anak 15/20 Lantai 2

Data perencanaan :

$$\text{As balok} = C'.3-4$$

$$\text{Bentang balok} = 2 \text{ m}$$

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja lentur} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja geser} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja puntir} = 400 \text{ Mpa}$$

$$D \text{ tul. Lentur} = 12 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul. Geser} = 10 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul. Puntir} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 25 \text{ mm}$$

*(SNI 2847-2013, pasal 7.6.1)*

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

*(SNI 2847-2013, pasal 7.7.1 c)*

$$\text{Faktor } \beta_1 = 0,85$$

*(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)*

$$\text{Faktor reduksi lentur} = 0,9$$

*(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)*

Faktor reduksi geser = 0,75

(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)

Faktor reduksi puntir = 0,75

(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)

Perhitungan tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2}$$

D tul.lentur

$$= 150\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{1}{2} \times 12\text{mm}$$

$$= 144 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 150\text{mm} - 144\text{mm}$$

$$= 56 \text{ mm}$$

Hasil output dari program SAP :

a. Momen puntir = 26412 Nmm

Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E

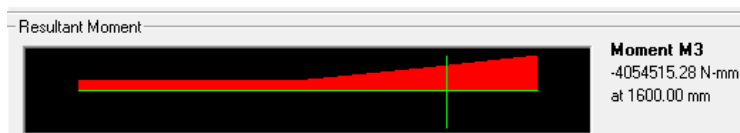


**Gambar 4.2.4.7.1 Momen Puntir Balok Anak 15/20 Lantai 2**

b. Momen lentur

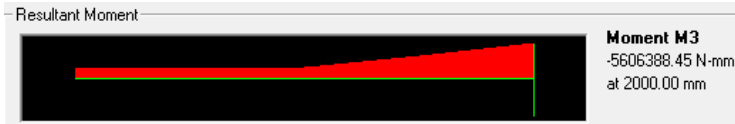
-Momen Lapangan = -4054515 Nmm

Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



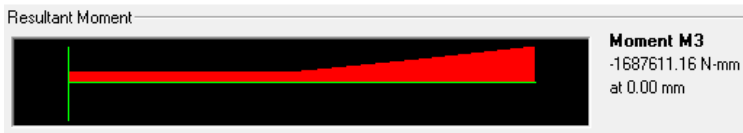
**Gambar 4.2.4.7.2 Momen Lapangan Balok  
Anak 15/20 Lantai 2**

-Momen tump. kanan = -5606388 Nmm  
Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



**Gambar 4.2.4.7.3 Momen Tumpuan Kanan  
Balok Anak 15/20 Lantai 2**

-Momen tump. kiri = -1687611 Nmm  
Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



**Gambar 4.2.4.7.4 Momen Tumpuan Kiri Balok  
Anak 15/20 Lantai 2**

c. Gaya geser

-Gaya geser tumpuan = 4092 N  
Kombinasi = 1,2D + 1L + 1E



**Gambar 4.2.4.7.5 Gaya Geser Balok Anak  
15/20 Lantai 2**

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur, dan puntir :

Luasan yang dibatasi luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 150\text{mm} \times 200\text{mm} = 30000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (150\text{mm} + 200\text{mm}) \\ &= 700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi As luasan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &\quad \times (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \text{Øgeser}) \\ &= (150\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &\quad \times (200\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) \\ &= 5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser}) + (h \text{ balok} - 2 \times \text{decking} - 2 \times \\ &\quad \text{Øgeser})] \\ &= 2 \times [(150\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm}) + \\ &\quad (200\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 10\text{mm})] \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Perhitungan Tulangan Puntir**

$$\text{Momen puntir (Tu)} = 26411 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1L + 1E$$

Momen puntir nominal ( $T_n$ )

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} = \frac{26411 \text{ Nmm}}{0,75} = 35215 \text{ Nmm}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)

Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi yaitu :

$$T_{u\min} = \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 2847-2013, pasal 11.5.1)

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{(30000 \text{ mm})^2}{700 \text{ mm}^2} \right)$$

$$= 438373 \text{ Nmm}$$

$$T_{u\max} = \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \left( \frac{(30000 \text{ mm})^2}{700 \text{ mm}^2} \right)$$

$$= 1742931 \text{ Nmm}$$

$T_u < T_{u\min}$  maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u\min}$  maka memerlukan tulangan puntir

Cek momen puntir :

$$T_u = 35215 \text{ Nmm} < T_{u\min} 438373 \text{ Nmm}$$

Maka Tulangan puntir diabaikan

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \text{Cot}\theta}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{35215 \text{ Nmm}}{2 \times 5000 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 1}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,009 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

$$A_l = 0,009 \times 300 \text{ mm} \times \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times 1^2$$

$$= 2,64 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3)

$$0,009 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 150 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$0,009 \text{ mm} \geq 0,066 \text{ mm}$$

Maka nilai  $A_t/s$  yang diambil = 0,066 mm

Cek nilai  $A_l$  min dengan persamaan :

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 30000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$

$$- 0,066 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 153 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} < A_l \text{ min}$

$$2,64 \text{ mm} < 153 \text{ mm}^2$$

$A_l \text{ perlu} \leq A_{l \text{ min}}$  menggunakan  $A_l \text{ min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{l \text{ min}}$  menggunakan  $A_l \text{ perlu}$

Digunakan  $A_l \text{ perlu} = 153 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_t}{4} = \frac{153 \text{ mm}^2}{4} = 38 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi setiap sisinya :

- Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok

Untuk disamping balok mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $0,5A_t$ , sehingga  $A_t$  pada sisi samping balok :

$$\begin{aligned} &= 0,5 A_t + 0,5 A_t + A_t \\ &= 19 \text{ mm} + 19 \text{ mm}^2 + 38 \text{ mm}^2 \\ &= 76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral kondisi balanced

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \times 144 \text{ mm} \\ &= 86,40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times X_b = 64,80 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\text{min}} = d' = 56 \text{ mm}$$

Garis netral rencana



$X_{rencana} = 100\text{mm}$  (asumsi)

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ &= 0.85 \times 30\text{Mpa} \times 150\text{mm} \times 0,85 \times 100\text{mm} \\ &= 325125 \text{ N} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}}{f_y} \\ &= 813 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\ M_{nc} &= 813 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times \\ &\quad \left( 144\text{mm} - \frac{0,85 \times 100\text{mm}}{2} \right) \\ &= 33000188 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

**-Daerah Tumpuan Kanan**

$$M_u = 5606388 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5606388 \text{ Nmm}}{0,9} = 6229320 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 6229320\text{Nmm} - 33000188\text{Nmm}$$

$$= -26770868\text{Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{6229320 \text{ Nmm}}{150\text{mm} \times (539\text{mm})^2} = 2$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

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

$$= 0,0052$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0052 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$= 0,0052 \times 150\text{mm} \times 144\text{mm}$$

$$= 76 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur =  $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times (12\text{mm})^2$$

$$= 113 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 76 \text{ mm}^2 + 38 \text{ mm}^2$$

$$= 114 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas tulangan lentur} = \frac{114 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 1,01$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$As \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 113 \text{ mm}^2$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$226 \text{ mm}^2 > 114 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$As' = 0,3 \times As$$

$$= 0,3 \times 226 \text{ mm}^2$$

$$= 68 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D12  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$As = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (12\text{mm})^2$$

$$= 113 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{Luas tulangan lentur} = \frac{68 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$As \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 113\text{mm}^2$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

226 mm<sup>2</sup> > 68 mm<sup>2</sup>                      OK

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \\ &= 26 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n x D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \\ &= 26 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} x M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

As' pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

$M_{lentur} \text{ tumpuan (+)} \geq 1/3 M_{lentur} \text{ tumpuan (-)}$

$$226 \text{ mm}^2 \geq 76 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik =  $226 \text{ mm}^2$  (2D12)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$= 23,65 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 150 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 23,65 \text{ mm}^2$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 90478 \text{ N} \times \left( 144 \text{ mm} - \frac{23,65 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (90478 \text{ N} \times 144 \text{ mm} - 56 \text{ mm})$$

$$= 19920768 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$

$$19920768 \text{ Nm} > 5606388 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

**-Daerah Tumpuan Kiri**

$$Mu = 1687611 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1687611 \text{ Nmm}}{0,9} = 18751238 \text{ Nmm}$$

Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_n > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_n < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_n = M_n - M_{nc}$

$$= 18751238 \text{ Nmm} - 33000188 \text{ Nmm}$$

$$= -31125064 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{18751238 \text{ Nmm}}{150 \text{ mm} \times (114 \text{ mm})^2} = 0,6$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,6}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0015$$

Syarat :

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

$$0,0035 < 0,0015 < 0,0244 \quad \text{TIDAK OK}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  dikali dengan 1,3 = 0,0019, maka dipakai  $\rho_{\min}$

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

$$= 0,0035 \times 150 \text{ mm} \times 144 \text{ mm}$$

$$= 76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (12 \text{ mm})^2$$

$$= 113 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$A_s \text{ perlu} = A_s + A_l/4$$

$$= 76 \text{ mm}^2 + 38 \text{ mm}^2$$

$$= 114 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{114 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 1,01$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{luasan lentur}$$

$$= 2 \times 113 \text{ mm}^2$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$226 \text{ mm}^2 > 114 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal bawah balok (bottom)

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$A_s' = 0,3 \times A_s$$

$$= 0,3 \times 226 \text{ mm}^2$$

$$= 68 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D12  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (12\text{mm})^2 \\ &= 113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{A_s'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{68 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luas lentur} \\ &= 2 \times 113 \text{ mm}^2 \\ &= 226 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$226 \text{ mm}^2 > 68 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \\ &= 26 \text{ mm} \quad S_{maks} \geq S_{sejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \phi_{geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \end{aligned}$$



= 26 mm Smaks  $\geq$  Ssejajar 25mm, 1 lapis

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes

$M_{lentur}$  tumpuan (+)  $\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur}$  tumpuan (-)

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

As' pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

$M_{lentur}$  tumpuan (+)  $\geq 1/3 M_{lentur}$  tumpuan (-)

226 mm<sup>2</sup>  $\geq$  75 mm<sup>2</sup>

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$= 23,65 \text{ mm}^2$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$= 0,85 \times 150 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 23,65 \text{ mm}^2$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy$$

$$= 226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$Mn = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( Cs' \times d - d' \right)$$

$$= \left( 90478 \text{ N} \times \left( 114 \text{ mm} - \frac{23,65 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (90478 \text{ N} \times 114 \text{ mm} - 56 \text{ mm})$$

$$= 19920768 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$$19920768 \text{ Nmm} > 1687611 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

### **-Daerah Lapangan**

$$M_u = 4054515 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4054515 \text{ Nmm}}{0,9} = 4505016 \text{ Nmm}$$

### Cek momen tulangan lentur tekan

Syarat :

$M_{ns} > 0$  = maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$  = maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 4505016 \text{ Nmm} - 33000188 \text{ Nmm}$$

$$= -28495171 \text{ Nmm} < 0$$

maka tidak perlu tulangan lentur tekan

### Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{4505016 \text{ Nmm}}{150 \text{ mm} \times (114 \text{ mm})^2} = 1,45$$

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

(SNI 2847, Lampiran B.8.4.2)

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

$$= 0,0325$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,0244 \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,45}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0037 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,0037 < 0,0244 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 150 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \\ &= 81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times (12 \text{ mm})^2 \\ &= 113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang :

Luasan tulangan tarik + luasan tambahan puntir longitudinal atas balok

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_l/4 \\ &= 81 \text{ mm}^2 + 38 \text{ mm}^2 \\ &= 119 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{119 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 1,05$$

Jumlah tulangan tarik yang dipakai = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{luas lentur} \\ &= 2 \times 113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$226 \text{ mm}^2 > 119 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan  
puntir longitudinal bawah balok (bottom)  
(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$As' = 0,3 \times As$$

$$= 0,3 \times 226 \text{ mm}^2$$

$$= 68 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah) = D13  
(asumsi awal)

Luasan tulangan lentur tekan (bawah)

$$As = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times (12\text{mm})^2$$

$$= 113 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan( bawah)

$$n = \frac{As'}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{68 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Jumlah tulangan lentur tekan yang dipakai = 2 buah

As pasang = n x luasan lentur

$$= 2 \times 113\text{mm}^2$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$226 \text{ mm}^2 > 68 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Syarat jarak spasi antar tulangan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm}$ , 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25\text{mm}$ , lebih dari 1 lapis

Kontrol tulangan tarik :

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \\ &= 26 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &= \frac{b - 2x \text{ decking} - 2x \emptyset \text{ geser} - n \times D \text{ lentur}}{n-1} \\ &= \frac{150\text{mm} - 2x 40\text{mm} - 2x 10\text{mm} - 2x 12\text{mm}}{2-1} \\ &= 26 \text{ mm Smaks} \geq \text{Ssejajar} 25\text{mm}, 1\text{lapis} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur pada balok bordes untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok bordes**

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)

As pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

As' pasang = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

M lentur tumpuan (+) ≥ 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$226 \text{ mm}^2 \geq 75 \text{ mm}^2$$

Kontrol kemampuan lapangan :

As pakai tulangan tarik = 226 mm<sup>2</sup> (2D12)

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 150 \text{ mm}} \\ &= 23,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 150 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} \times 23,65 \text{ mm}^2$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pakai} \times f_y$$

$$= 226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 90478 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C c' x \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + \left( C s' x d - d' \right)$$

$$= \left( 456159,25 \text{ N} \times \left( 144 \text{ mm} - \frac{23,65 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)$$

$$+ (456159,25 \text{ N} \times 144 \text{ mm} - 56 \text{ mm})$$

$$= 19920768 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$

$19920768 \text{ Nmm} > 4054515 \text{ Nmm}$  OK

Kesimpulan :

Dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan kanan sebesar :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D12

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D12

### **Perhitungan Tulangan Geser**

Dari perhitungan lentur didapatkan :

a. Tumpuan kanan

As pakai tulangan tarik =  $226 \text{ mm}^2$

As pakai tulangan tekan =  $226 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \text{ tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$= 14,19$$

$$M_n R = A_s \text{ tul. tarik} \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (144 \text{ mm} - 14,19/2)$$

$$= 7432053 \text{ Nmm}$$

b. Tumpuan kiri

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 226 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 226 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tul. tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$= 14,19$$

$$\text{MnL} = \text{As tul. tarik} \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 226 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times (144 \text{ mm} - 14,19/2)$$

$$= 7432053 \text{ Nmm}$$

Berdasar hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor sebesar :

$$V_u = 4091 \text{ N}$$

Gaya geser diujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{7432053 \text{ Nmm} + 7432053 \text{ Nmm}}{6600 \text{ mm}} + 145179,86 \text{ N}$$

$$= 215527 \text{ N}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.3.1)**

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

**(SNI 2847-2013, Pasal 11.1.2)**

Kuat geser beton dengan  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 150 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \\ = 20112 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times 150 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \\ = 7200 \text{ N}$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{smax} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 150 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \\ = 39436 \text{ N}$$

Wilayah pembagian geser balok :

- i. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan),  
sejarak 2 kali tinggi balok dari muka  
kolom ke arah tengah bentang.  
**(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)**
- ii. Wilayah 2 (daerah lapangan), mulai  
dari wilayah 1 atau 3 sampai setengah  
bentang balok

### **Penulangan Geser Balok**

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 12126 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### **Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$12126 \text{ N} \leq 7542 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**



**Kondisi geser 2****(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

$$7542 \text{ N} \leq 12126 \text{ N} \leq 15084 \text{ N}$$

**(Memenuhi)****Kondisi geser 3****(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$$

$$15084 \leq 12126 \text{ N} \leq 20484 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 4****(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$$

$$20484 \leq 12126 \text{ N} \leq 44661 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$$

$$44661 \leq 12126 \text{ N} \leq 74238 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min}$$

$$= 7200 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_s \text{ max}$$

$$7200N > 39436 N$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser Ø10 mm  
dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \times 144\text{mm}}{7200 \text{ N}} \\ &= 753 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 20\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan  
geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$\begin{aligned} \text{Spakai} &\leq \frac{d}{4} \\ 20 \text{ mm} &\leq \frac{144\text{mm}}{4} \\ 20 \text{ mm} &\leq 36 \text{ mm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spakai} &\leq 8 D \text{ tul. longitudinal} \\ 20 \text{ mm} &\leq 8 \times 12\text{mm} \\ 20 \text{ mm} &\leq 96 \text{ mm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spakai} &\leq 24 \emptyset \text{ sengkang} \\ 20 \text{ mm} &\leq 24 \times 10\text{mm} \\ 20 \text{ mm} &\leq 240\text{mm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$Spakai \leq 300$$

$$20 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

$$\text{Ø}10\text{-}20\text{mm}$$

2. Wilayah 2 (daerah lapangan)

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5 ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$\begin{aligned} & Vu_2 \\ &= \frac{12126N \times (0,5 \times 1600\text{mm} - 2 \times 200\text{mm})}{0,5 \times 1600\text{mm}} \end{aligned}$$

$$= 6063 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

**(Tidak perlu tulangan geser)**

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$6063 \text{ N} \leq 7542 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimu)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$7542 \text{ N} \leq 6063 \text{ N} \leq 15084 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

**Kondisi geser 3****(Tulangan geser minimum)**

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \min})$$

$$15084 \leq 6063 \text{ N} \leq 20484 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 4****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi (V_c + V_{s \min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d)$$

$$20484 \leq 6063 \text{ N} \leq 44661 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)****Kondisi geser 5****(Perlu tulangan geser)**

$$\phi (V_c + V_{s \max}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s \max})$$

$$44661 \leq 6063 \text{ N} \leq 74238 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan geser minimum

$$V_s \text{ perlu} = V_{s \min} = 7200 \text{ N}$$

**Kondisi geser 6****(Perbesar penampang)**

$$V_s > V_{s \max}$$

$$7200 \text{ N} > 39436 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 2 \end{aligned}$$

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

Jarak tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 144 \text{ mm}}{7200 \text{ N}} \\ &= 754 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak  $S = 30 \text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok :**

Kontrol jarak spasi tulangan geser  
(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{4}$$

$$30 \text{ mm} \leq \frac{144 \text{ mm}}{4}$$

$$30 \text{ mm} \leq 36 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D \text{ tul. longitudinal}$$

$$30 \text{ mm} \leq 8 \times 12 \text{ mm}$$

$$30 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \emptyset \text{ sengkang}$$

$$30 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$30 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 300$$

$$30 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kesimpulan :

Tulangan geser pada daerah tumpuan 1 dan 3  
dipakai tulangan sebesar :

Ø10-30mm

## Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

*12.2.1* :

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$l_d$  = Panjang penyaluran

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = factor lokasi penulangan =1

$\Psi_e$  = factor pelapis =1

$\lambda$  = factor agregat =1

$$l_d = \frac{400 \text{Mpa} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 12 \text{mm}$$

$l_d = 417 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times 417 \text{ mm}^2 \\ &= 209 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$\lambda d \text{ reduksi} > 300 \text{mm}$

350mm > 300mm      OK

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal*

**12.3.1 :**

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

Id = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{0,24 \times 400 \text{Mpa}}{1 \times \sqrt{30 \text{Mpa}}} \times 12 \text{mm}$$

$$l_d = 210 \text{ mm}$$

$$l_d = 0,034 f_y \times d_b$$

$$l_d = 0,034 \times 400 \text{Mpa} \times 12 \text{mm}$$

$$l_d = 163 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ pakai} = 210 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d \\ &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times 210 \text{ mm} \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm

Syarat :

$\lambda d$  reduksi  $> 300\text{mm}$

$350\text{mm} > 300\text{mm}$       OK

- Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 12.5.1* :

$$ld = \frac{0,24 \times fy \times \Psi e}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

ld = Panjang penyaluran

db = Diameter tulangan

$\Psi e$  = factor pelapis = 1

$\lambda$  = factor agregat = 1

$$ld = \frac{0,24 \times fy \times \Psi e}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$ld = \frac{0,24 \times 400\text{Mpa} \times 1}{1 \times \sqrt{30\text{Mpa}}} \times 12\text{mm}$$

ld = 210mm

$$\begin{aligned} \lambda d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran = 350mm



Syarat :

$\lambda d$  reduksi  $> 300\text{mm}$

$350\text{mm} > 300\text{mm}$       OK

Syarat :

$l_{dh} > 8db$

$l_{dh} > 150\text{mm}$

$350\text{mm} > 8 \times 22\text{mm}$

$350\text{mm} > 176\text{mm}$       OK

$350\text{mm} > 150\text{mm}$       OK

## 4.2.5 Perhitungan Kolom

### Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar, momen terbesar. Untuk kolom K1 (40x50)cm. Berikut ini adalah data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

Data perencanaan :

Tipe kolom	= K-1
As kolom	= 4-C, $e_v = \pm 0$
Dimensi kolom	= 40 cm x 50 cm
Tinggi kolom	= 4000 mm
Tebal selimut beton	= 40 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
Modulus elastisitas beton	= 25743 Mpa
Modulus elastisitas baja	= 200000 Mpa
$F_y$ lentur	= 400 Mpa
$F_y$ geser	= 240 Mpa
D lentur	= 22 mm
$\emptyset$ geser	= 12 mm
Jarak antar tulangan	= 40 mm
<i>(SNI 2847-2013, pasal 7.6.3)</i>	
Faktor $\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847-2013, pasal 10.2.7)</i>	
Faktor reduksi lentur	= 0,65
<i>(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)</i>	
Faktor reduksi geser	= 0,75

*(SNI 2847-2013, pasal 9.3.2)*

Gaya aksial berdasarkan hasil output SAP :

$$\text{PDL} = 1720558 \text{ N}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,4 \text{ D}$$

$$\text{PDL} = 1990515 \text{ N}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} + 0,5 \text{ A}$$

Momen pada penampang kolom berdasarkan hasil output SAP :

$M_{1s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil

$M_{2s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar

$M_{1ns}$  = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

$M_{2ns}$  = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

Momen arah x :

$$M_{1s} = 104013073 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 116915319 \text{ Nmm}$$

$$M_{1ns} = 4609307 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 4958214 \text{ Nmm}$$

Momen arah y :

$$M_{1s} = 133191273 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M2s &= 152179405 \text{ Nmm} \\ M1ns &= 33563013 \text{ Nmm} \\ M2ns &= 69682318 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat gaya aksial pada kolom :

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_{c'}'}{10} \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2)}$$

$$1990515 \text{ N} > \frac{400\text{mm} \times 500\text{mm} \times 30\text{Mpa}}{10}$$

$$1990515 \text{ N} > 600000 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

**Menghitung faktor kekakuan kolom :**

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{1,2 \times PDL}{PU(1,2 D + 1,6 L + 0,5 A)} \\ &= \frac{1,2 \times 1720558 \text{ N}}{1990515 \text{ N}} \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

**Panjang tekuk kolom :**

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right) \text{ kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right) \text{ balok}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

$$\text{Untuk kolom} = Elk = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times \frac{1}{12} \times 400\text{mm} \times (500\text{mm})^3 \\ &= 2916666667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \times 25743 \text{ Mpa} \times 2916666667 \text{ mm}^4}{1 + 1,04} \\ &= 1,47 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk balok} = Elk = \frac{0.4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

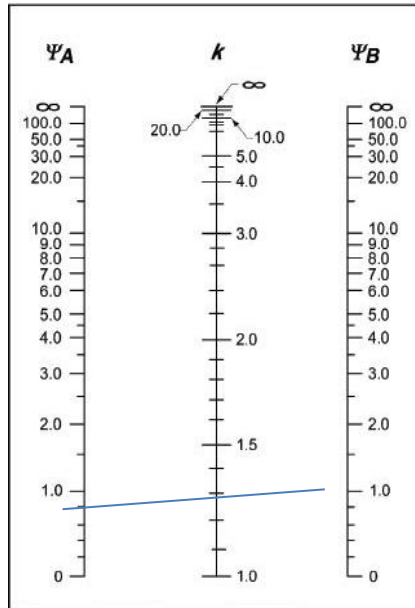
$$\begin{aligned} I_g &= 0.35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times \frac{1}{12} \times 400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3 \\ &= 2520000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elb &= \frac{0.4 \times 25743 \text{ Mpa} \times 2520000000 \text{ mm}^4}{1 + 1.04} \\ &= 1.27 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

**Kekakuan kolom atas :**

$$\begin{aligned} \Psi_A &= \frac{\Sigma \left( \frac{EI}{L} \right) \text{ kolom atas}}{2 \times \left( \frac{EI}{L} \right)_B + \left( \frac{EI}{L} \right)_B + \left( \frac{EI}{L} \right)_B} \\ &= \frac{\left( \frac{1.58 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4000 \text{ mm}} \right)}{2 \times \left( \frac{1.37 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{7000 \text{ mm}} \right) + \left( \frac{1.37 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{7200 \text{ mm}} \right) + \left( \frac{1.37 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{2000 \text{ mm}} \right)} \\ &= 0.63 \end{aligned}$$

$\Psi_B = 1$  ( karena menumpu pada pondasi )



Gambar 4.2.5.1 faktor panjang efektif  $k$  rangka bergoyang

Dari grafik alignment didapatkan factor panjang efektif ( $K$ ) = 1,28

Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)} \\ &= 0,3 \times 500\text{mm} \\ &= 150\text{mm} \end{aligned}$$

$$\frac{k \times Lu}{r} \leq 22 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1)}$$

$$\frac{1,28 \times 4000\text{mm}}{150\text{mm}} \leq 22$$

$34 \geq 22$  kolom termasuk kolom langsing

**Peninjauan kolom akibat momen arah X**

Menghitung faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 1,47 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,28 \times 4000 \text{ mm})^2}$$

$$= 5550344 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 40 \times 5550344 \text{ N}$$

$$= 222013772 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$= 40 \times 1990515 \text{ N}$$

$$= 79620600 \text{ N}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{79620600 \text{ N}}{0,75 \times 222013772 \text{ N}}} \geq 1$$

$$1,92 \geq 1 \quad \text{OK}$$

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 4609307 \text{ Nmm} + 1,92 \times 104013073 \text{ Nmm}$$

$$= 203933798 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 69682318 \text{ Nmm} + 1,92 \times 152179405 \text{ Nmm}$$

$$= 229007805 \text{ Nmm}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu = 229007805 Nmm

Penentuan  $\rho$  perlu dari diagram interaksi :

$$\mu_h = h_{kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Øgeser}) - \text{Ø lentur}$$

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm}) - 22 \text{ mm}$$

$$= 374 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{374 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,75$$

Sumbu vertikal :

$$\frac{P_u}{\phi A_g r_{0,85} f_c'} = \frac{1990515 \text{ N}}{0,65 \times 400 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,60$$

Sumbu horizontal :

$$\frac{P_u}{\phi A_g r_{0,85} f_c'} \left( \frac{ef}{h} \right)$$

$$\text{Dimana : } ef = \left( \frac{Mn}{P_u} \right)$$

$$Mn = \left( \frac{Mu}{\phi} \right) = \left( \frac{229007805 \text{ Nmm}}{0,65} \right) = 352319700 \text{ Nmm}$$

$$P_u = \left( \frac{Pu}{\phi} \right) = \left( \frac{1990515}{0,65} \right) = 3062330 \text{ N}$$

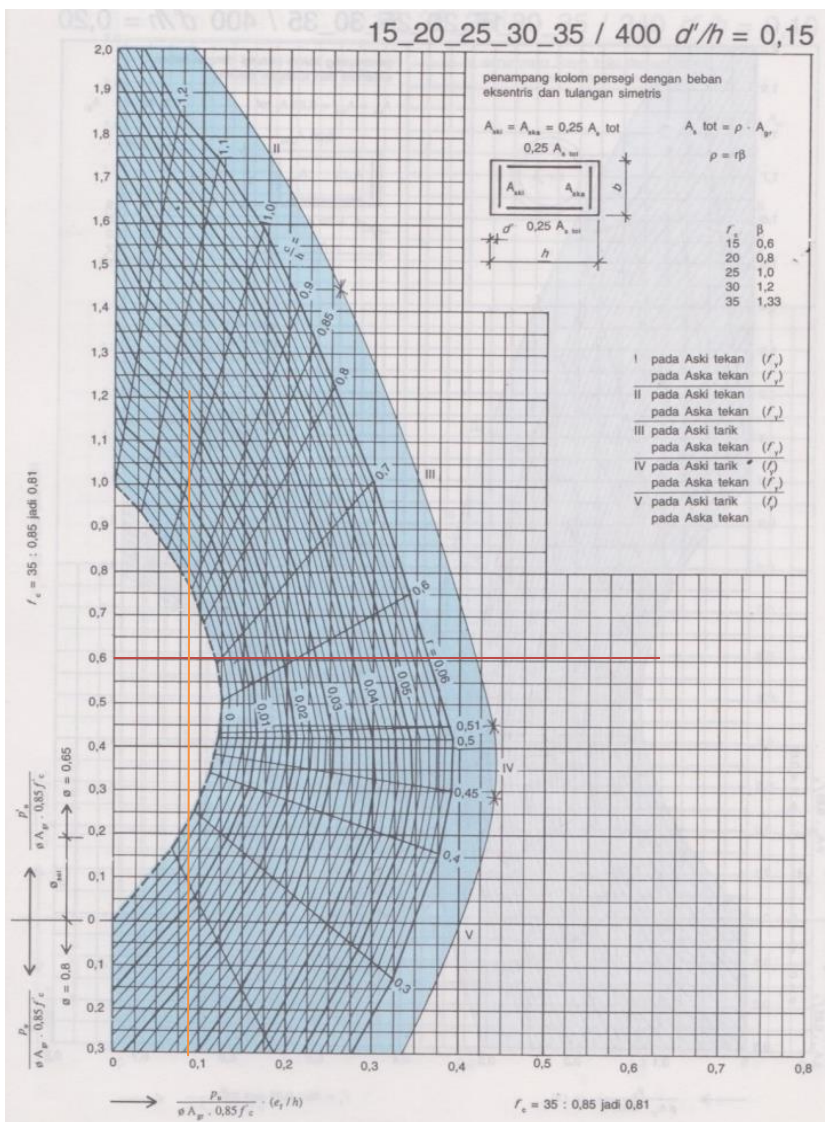
$$ef = \left( \frac{325640517 \text{ Nmm}}{3062330 \text{ Nmm}} \right) = 115 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{\phi A_g r_{0,85} f_c'} \left( \frac{ef}{h} \right)$$

$$= \frac{1990515 \text{ N}}{0,65 \times 400 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \left( \frac{115 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,09$$





*Gambar 4.2.5.2 Gambar diagram interaksi kolom*

Didapatkan  $\rho$  perlu = 1 % = 0,01

**Penentuan tulangan lentur kolom**

Luasan tulangan lentur perlu :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \text{ perlu} \times b \times h \\ &= 0,010 \times 400\text{mm} \times 500\text{mm} \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan = D22 mm,  $\text{As} = 380,13 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{2000 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 5,26$$

dipakai  $n = 8$  buah

$\text{As pasang} = \text{As}'$

$$\begin{aligned} &= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 8 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2) \\ &= 3041 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Presentase tulangan pasang :

$$\begin{aligned} &\frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 100\% \\ &\frac{3041 \text{ mm}^2}{400\text{mm} \times 500\text{mm}} \times 100\% = 1,52 \% < 3\% \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek kondisi balanced :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \text{senggang} - 1/2 D_{\text{lentur}} \\ &= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 1/2 \cdot 22\text{mm} \\ &= 437 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \text{senggang} + 1/2 D_{\text{lentur}} \\ &= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 1/2 \cdot 22\text{mm} \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d'' = h - \text{decking} - \text{senggang} - 1/2 D_{\text{lentur}} - 1/2h$$

$$\begin{aligned}
&= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \frac{1}{2} 22\text{mm} - \frac{1}{2} \\
&\quad 500\text{mm} \\
&= 187 \text{ mm} \\
\text{xb} &= \frac{600}{(600+f_y)} \times d \\
&= \frac{600}{(600+400\text{Mpa})} \times 437 \text{ mm} \\
&= 262 \text{ mm} \\
\text{ab} &= 0,85 \times \text{Xb} \\
&= 0,85 \times 261,3 \text{ mm} \\
&= 223 \text{ mm} \\
\text{Cs}' &= \text{As}'(f_y - 0.85 \times f_c') \\
&= 3041 \text{ mm}^2 (400\text{Mpa} - 0.85 \times 30\text{Mpa}) \\
&= 1138877 \text{ N} \\
\text{T} &= \text{As}' \times f_y \\
&= 3041 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \\
&= 1216425 \text{ N} \\
\text{Cc}' &= 0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times \text{Xb} \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm} \times 262\text{mm} \\
&= 2273274 \text{ N} \\
\text{Pb} &= \text{Cc}' + \text{Cs}' - \text{T} \\
&= 2273274 \text{ N} + 1138877 \text{ N} - 1216425 \text{ N} \\
&= 2195727 \text{ N} \\
\text{Mb} &= \text{Cc}'(d - d'' - \frac{\text{ab}}{2}) + \text{Cs}'(d - d' - d'') + \text{T} \cdot d'' \\
&= 2273274 \text{ N}(437\text{mm} - 187 \text{ mm} - \frac{223\text{mm}}{2}) + \\
&\quad 1138877 \text{ N}(437 \text{ mm} - 63\text{mm} - 187\text{mm}) + \\
&\quad 1216425 \text{ N} \times 187\text{mm} \\
&= 755437737 \text{ Nmm} \\
\text{eb} &= \frac{\text{Mb}}{\text{Pb}} \\
&= \frac{755437737 \text{ Nmm}}{2195727 \text{ N}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 344 \text{ mm} \\
 e \text{ min} &= (15,24 + 0,03 \times h) \\
 &= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm}) \\
 &= 30,24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Maka kolom termasuk kondisintekan menentukan.

Kontrol kondisi :

$$e \text{ min} < e \text{ perlu} < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 115 \text{ mm} < 344 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

### **Kontrol kondisi tekan menentukan**

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0.85 \times \beta_1 \times fc' \times b \times X_b \\
 &= 0.85 \times 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm} \times X_b \\
 &= 8670 X
 \end{aligned}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 \times d$$

$$0,85X = 0,54 \times 435,5 \text{ mm}$$

$$X = 277,62 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 8670 \times 277,62 \text{ mm} \\
 &= 2406996 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T = As' \times fs$$

$$= As' \times \left(\frac{d}{x} - 1\right) \times 600$$

$$= 3041 \text{ mm}^2 \times \left(\frac{437 \text{ mm}}{277,62 \text{ mm}} - 1\right) \times 600$$

$$= 1047477 \text{ N}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) \times 0,003$$

$$= \left(\frac{437 \text{ mm}}{277,62 \text{ mm}} - 1\right) \times 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$Fs = \epsilon_s \times Es$$

$$= 0,0017 \times 200000 \text{Mpa}$$

$$= 344 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{400 \text{Mpa}}{200000 \text{Mpa}} = 0,002$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \quad \text{OK}$$

$$P = Cc' + Cs' - T$$

$$= 2406996 \text{ N} + 1138877 \text{ N} - 1047477 \text{ N}$$

$$= 2498396 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > Pb$$

$$2498396 \text{ N} > 2195727 \text{ N} \quad \text{OK}$$

$$a = 0,85 X$$

$$= 0,85 \times 277,62 \text{ mm} = 236 \text{ mm}$$

Mn terpasang :

$$= Cc' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 2406996 \text{ N} \left( 437 \text{ mm} - 187 \text{ mm} - \frac{236 \text{ mm}}{2} \right) +$$

$$1138877 \text{ N} (437 \text{ mm} - 187 \text{ mm} - 63 \text{ mm}) +$$

$$1138877 \text{ N} \times 187 \text{ mm}$$

$$= 726595816 \text{ Nmm}$$

Cek syarat :

$$Mn \text{ pasang} > Mn$$

$$726595816 \text{ Nmm} > 596243726 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

### **Peninjauan kolom akibat momen arah Y**

Menghitung faktor pembesaran momen ( $\delta_s$ )

$$Pc = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 1,58 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,28 \times 4000 \text{ mm})^2}$$

$$= 5550344 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 40 \times 5550344 \text{ N}$$

$$= 222013772 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$= 40 \times 222013772 \text{ N}$$

$$= 79620600 \text{ N}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{79620600 \text{ N}}{0,75 \times 222013772 \text{ N}}} \geq 1$$

$$1,92 \geq 1 \quad \text{OK}$$

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 33563013 \text{ Nmm} + 1,92 \times 133191273 \text{ Nmm}$$

$$= 324922183 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 69682318 \text{ Nmm} + 1,92 \times 152179405 \text{ Nmm}$$

$$= 361309914 \text{ Nmm}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu = 361309914 Nmm

Penentuan  $\rho$  perlu dari diagram interaksi :

$$\mu h = h_{\text{kolom}} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Ø geser}) - \text{Ø lentur}$$

$$= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm}) - 22 \text{ mm}$$

$$= 374 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h_{\text{kolom}}} = \frac{374 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,75$$

Sumbu vertikal :

$$\frac{P_u}{\phi A_g r_{0,85} f_c'} = \frac{1990515 \text{ N}}{0,65 \times 400 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,60$$

Sumbu horizontal :

$$\frac{P_u}{\phi A_g r_{0,85} f_c'} \left( \frac{ef}{h} \right)$$

$$\text{Dimana : } ef = \left( \frac{M_n}{P_u} \right)$$

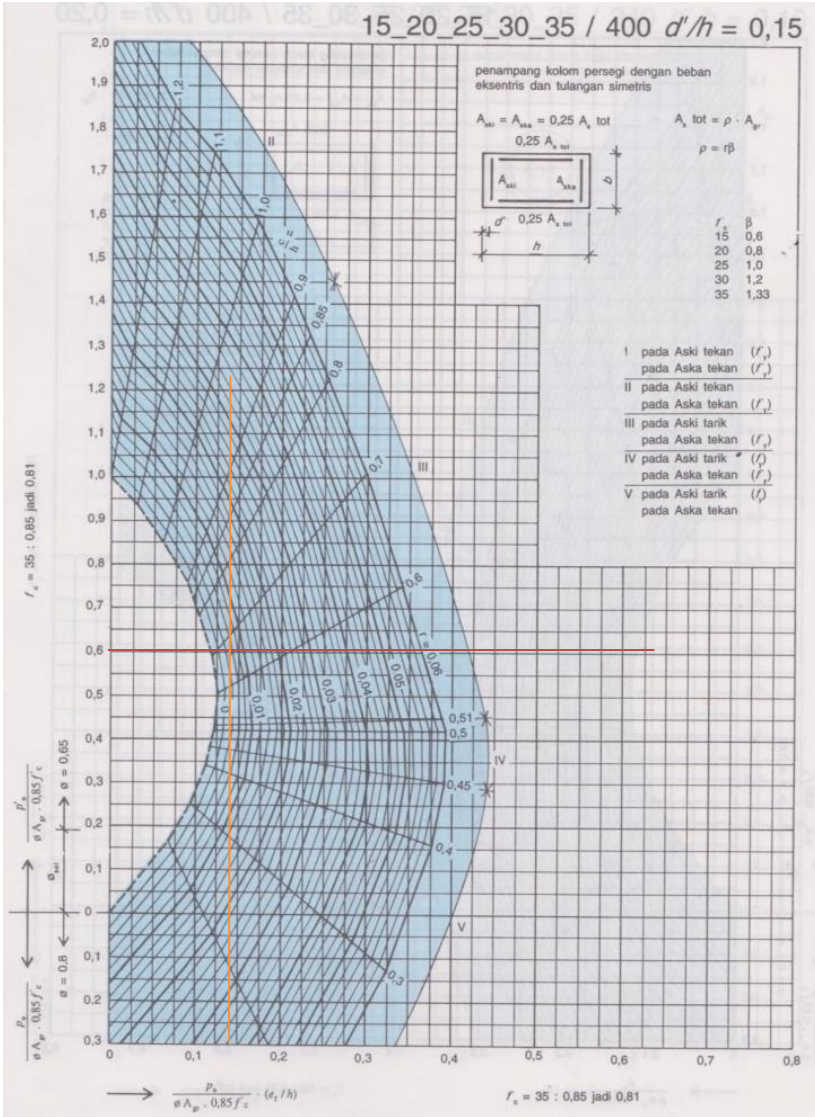
$$M_n = \left( \frac{M_u}{\phi} \right) = \left( \frac{361309914 \text{ Nmm}}{0,65} \right) = 555861406 \text{ Nmm}$$

$$P_u = \left( \frac{P_u}{\phi} \right) = \left( \frac{1990515}{0,65} \right) = 3062331 \text{ N}$$

$$ef = \left( \frac{555861406 \text{ Nmm}}{3425668 \text{ Nmm}} \right) = 182 \text{ mm}$$

$$= \frac{2226684 \text{ N}}{0,65 \times 400 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \left( \frac{221 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,14$$





Didapatkan  $\rho$  perlu = 1 % = 0,01

**Penentuan tulangan lentur kolom**

Luasan tulangan lentur perlu :

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \text{ perlu} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 400\text{mm} \times 500\text{mm} \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan = D22 mm,  $As = 380,13 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{2000 \text{ mm}^2}{380,137 \text{ mm}^2} = 5,26$$

dipakai  $n = 8$  buah

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= As' \\ &= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 8 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2) \\ &= 3041 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Presentase tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \frac{As \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\% \\ \frac{3041 \text{ mm}^2}{400\text{mm} \times 500\text{mm}} \times 100\% = 1,52\% < 3\% \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek kondisi balanced :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \text{sengkang} - 1/2 D_{\text{lentur}} \\ &= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 1/2 \cdot 22\text{mm} \\ &= 437\text{mm} \\ d' &= \text{decking} + \text{sengkang} + 1/2 D_{\text{lentur}} \\ &= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 1/2 \cdot 22\text{mm} \\ &= 63\text{mm} \\ d'' &= h - \text{decking} - \text{sengkang} - 1/2 D_{\text{lentur}} - 1/2 h \\ &= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 1/2 \cdot 22\text{mm} - 1/2 \cdot 500\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 187 \text{ mm} \\
 \text{xb} &= \frac{600}{(600+f_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600+400\text{Mpa})} \times 437 \text{ mm} \\
 &= 262,2 \text{ mm} \\
 \text{ab} &= 0,85 \times \text{Xb} \\
 &= 0,85 \times 262,2 \text{ mm} \\
 &= 223 \text{ mm} \\
 \text{Cs}' &= \text{As}'(f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 3041 \text{ mm}^2 (400\text{Mpa} - 0,85 \times 30\text{Mpa}) \\
 &= 1138878 \text{ N} \\
 \text{T} &= \text{As}' \times f_y \\
 &= 3041 \text{ mm}^2 \times 400\text{Mpa} \\
 &= 1216425 \text{ N} \\
 \text{Cc}' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times \text{Xb} \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 400\text{mm} \times 262,2\text{mm} \\
 &= 2273274 \text{ N} \\
 \text{Pb} &= \text{Cc}' + \text{Cs}' - \text{T} \\
 &= 2273274 \text{ N} + 1138878 \text{ N} - 1216425 \text{ N} \\
 &= 2195727 \text{ N} \\
 \text{Mb} &= \text{Cc}'(d - d'' - \frac{\text{ab}}{2}) + \text{Cs}'(d - d' - d'') + \text{T} \cdot d'' \\
 &= 2273274 \text{ N}(437\text{mm} - 187 \text{ mm} - \frac{223\text{mm}}{2}) + \\
 &\quad 1138878 \text{ N}(437 \text{ mm} - 63\text{mm} - 223\text{mm}) + \\
 &\quad 121642 \text{ N} \times 187 \text{ mm} \\
 &= 755437738 \text{ Nmm} \\
 \text{eb} &= \frac{\text{Mb}}{\text{Pb}} \\
 &= \frac{755437738 \text{ Nmm}}{2195727 \text{ N}} \\
 &= 344 \text{ mm} \\
 \text{e min} &= (15,24 + 0,03 \times h)
 \end{aligned}$$

$$= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm})$$

$$= 30,24 \text{ mm}$$

**(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)**

Maka kolom termasuk kondisintekan menentukan.

Kontrol kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 182 \text{ mm} < 452 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$C_c' = 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X_b$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times X_b$$

$$= 8670 X$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 \times d$$

$$0,85X = 0,54 \times 437 \text{ mm}$$

$$X = 277,62 \text{ mm}$$

Maka :

$$C_c' = 8670 \times 277,62 \text{ mm}$$

$$= 2406996 \text{ N}$$

$$T = A_s' \times f_s$$

$$= A_s' \times \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \times 600$$

$$= 3041 \text{ mm}^2 \times \left( \frac{437 \text{ mm}}{277,62 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600$$

$$= 1047477 \text{ N}$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= \left( \frac{437 \text{ mm}}{277,62 \text{ mm}} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$F_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,0017 \times 200000 \text{ Mpa}$$

$$= 344 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{400\text{Mpa}}{200000\text{Mpa}} = 0,002$$

$\epsilon_s < \epsilon_y$

$$0,0017 < 0,002 \quad \text{OK}$$

$$P = Cc' + Cs' - T$$

$$= 2406996 \text{ N} + 1708316 \text{ N} - 1047477 \text{ N}$$

$$= 2498397 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > P_b$$

$$2498397 \text{ N} > 2195727 \text{ N} \quad \text{OK}$$

$$a = 0,85 X$$

$$= 0,85 \times 277,62\text{mm} = 236\text{mm}$$

Mn terpasang :

$$= Cc' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 2406996 \text{ N} \left( 437\text{mm} - 187\text{mm} - \frac{236\text{mm}}{2} \right) +$$

$$1708316 \text{ N} (437\text{mm} - 187\text{mm} - 63\text{mm}) +$$

$$1047477 \text{ N} \times 187\text{mm}$$

$$= 758189068 \text{ Nmm}$$

Cek syarat :

$$M_n \text{ pasang} > M_n$$

$$758189068 \text{ Nmm} > 555861406 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

$$S_{\text{max}} \geq S \text{ sejajar} = 1 \text{ lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S \text{ sejajar} = \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{b - 2 \text{ tselimut} - 2 \text{ tul geser} - n \cdot \text{tul lentur}}{n-1}$$

$$= \frac{400\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 12\text{mm} - 3 \times 22\text{mm}}{3-1}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} > S \text{ sejajar}$$

115 mm > 25 mm      OK

**Cek dengan program PCA Coloumn :**

Data perencanaan :

Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30Mpa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	= 400Mpa
Modulus elastisitas	= 25743Mpa
Dimensi kolom	= 400mm x 500mm
D tulangan lentur	= 22 mm
Jumlah tulangan	= 8 buah
Presentase tulangan pasang	= 1,55 % < 3%

```

Material Properties:
=====
f'c = 30 MPa                fy = 400 MPa
Ec = 25743 MPa             Es = 200000 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.83245

Section:
=====
Rectangular: Width = 400 mm      Depth = 500 mm

Gross section area, Ag = 200000 mm^2
Ix = 4.16667e+009 mm^4          Iy = 2.66667e+009 mm^4
Xo = 0 mm                      Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)   Size Diam (mm) Area (mm^2)   Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10       71   # 13      13      129   # 16      16      199
# 19      19      284   # 22      22      387   # 25      25      510
# 29      29      645   # 32      32      819   # 36      36     1006
# 43      43     1452   # 57      57     2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 3096 mm^2 at 1.55%
8 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====
      Pu      Mux      Muy      fMnx      fMny
No.    kN      kN-m     kN-m     kN-m     kN-m     fMn/Mu
-----
1     1990.0    116.0    152.0    133.2    174.5    1.148

*** Program completed as requested! ***

```

Berdasarkan hasil output dari program PCA Coloumn didapatkan data :

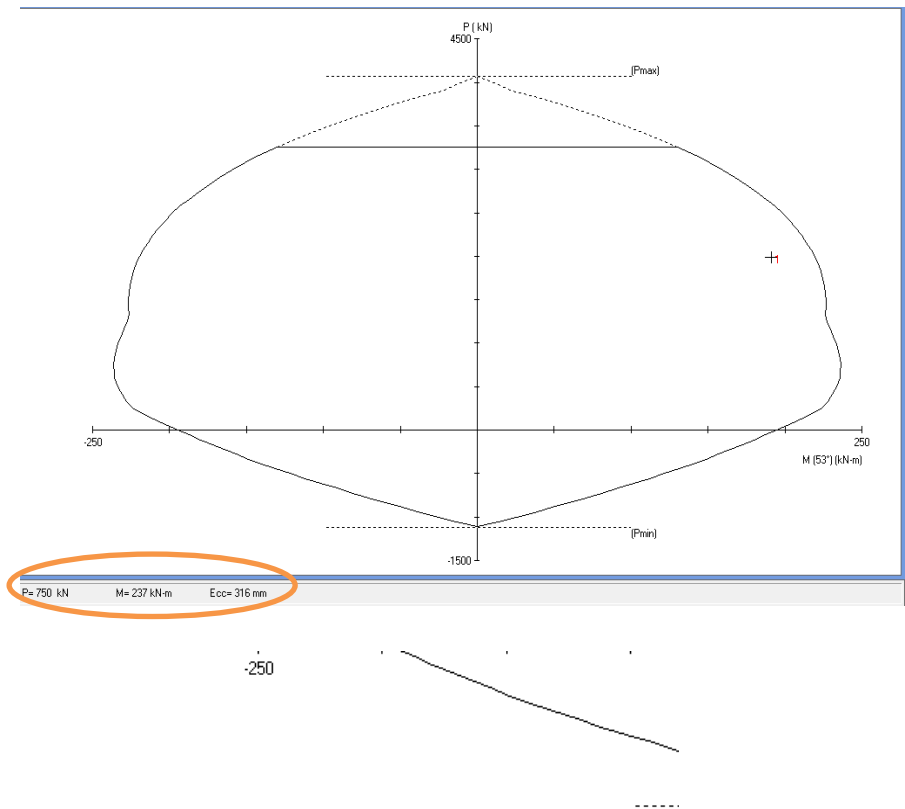
$$Mux = 116 \text{ kN-m} < fMnx = 133 \text{ kN-m}$$

$$Muy = 152 \text{ kN-m} < fMny = 174 \text{ kN-m}$$

Jadi kolom mampu menahan gaya lentur dan axial yang terjadi

### **Perhitungan Tulangan Geser Kolom :**

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pccol sebagai berikut :



P= 750 kN	M= 237 kN-m	Ecc= 316 mm
-----------	-------------	-------------

$$M_{nt} = 337000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 337000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

$M_{nt}$  = momen nominal atas kolom

$M_{nb}$  = momen nominal bawah kolom

$$V_u = \frac{M_{nt} + n_b}{L_u}$$

$$V_u = \frac{337000000 \text{ Nmm} + 337000000 \text{ Nmm}}{4000 \text{ mm}}$$

$$= 118500 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f'c} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} \leq 8,33$$

$$5,48 \leq 8,33 \quad \text{OK}$$

Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \left[ 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \lambda \lambda \sqrt{f'c} \times b_w \times d$$

**SNI 03-2847, Pasal 11.2.1.2**

$$V_c = 0,17 \left[ 1 + \frac{19905154 \text{ N}}{14 \times 200000 \text{ mm}^2} \right] \times 1$$

$$\times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 500 \text{ mm} \times 337 \text{ mm}$$

$$= 278468 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 b d$$

$$= 1/3 \times 500 \text{ mm} \times 337 \text{ mm}$$

$$= 58267 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = 1/3 \sqrt{f'c} b d$$

$$= 1/3 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 500 \text{ mm} \times 335,5 \text{ mm}$$

$$= 319140 \text{ N}$$

Cek kondisi :

**Kondisi geser 1**

(Tidak perlu tulangan geser)



$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

$$118500 \text{ N} \leq 104425 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

### **Kondisi geser 2**

**(Tulangan geser minimum)**

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

$$104425 \text{ N} \leq 118500 \text{ N} \leq 208851 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

### **Kondisi geser 3**

**(Tulangan geser minimum)**

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min})$$

$$208851 \text{ N} \leq 118500 \text{ N} \leq 252551 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

### **Kondisi geser 4**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$$

$$252551 \leq 118500 \text{ N} \leq 388445 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

### **Kondisi geser 5**

**(Perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (Vc + Vs \text{ max}) \leq Vu \leq \emptyset (Vc + 2Vsax)$$

$$388445 \leq 173000 \text{ N} \leq 595886 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan kondisi 2.

$$Vs \text{ perlu} = Vs \text{ min} = 58267 \text{ N} = 58267 \text{ N}$$

### **Kondisi geser 6**

$$V_s > V_{smax}$$

$$58267 \text{ N} > 319140 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 12\text{mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot N_{kaki}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (12\text{mm})^2 \times 2$$

$$= 226,19 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (S perlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot n \cdot f_y}{bw} = \frac{226,19 \text{ mm}^2 \times 2 \times 240 \text{ Mpa}}{400 \text{ mm}}$$

$$= 271 \text{ mm}$$

Dipakai S perlu = 150mm

Kontrol jarak spasi antar tulangan :

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{2} \quad \gg 150\text{mm} \leq 218,5\text{mm} \quad \text{OK}$$

$$S_{pakai} \leq 600\text{mm} \quad \gg 150\text{mm} \leq 600\text{mm} \quad \text{OK}$$

Sehingga dipakai tulangan geser =  $\emptyset 12\text{-}150\text{mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser :**

$$S_o = 150 \text{ mm}$$

$$L_o = 600 \text{ mm}$$

1. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat tidak boleh melebihi :

- $S_o \leq 8 D_{lentur}$   
 $150 \text{ mm} \leq 8 \times 22\text{mm}$   
 $150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- 24 kali diameter sengkang ikat

$$S_o \leq 24 \text{ } \emptyset \text{ sengkang}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 12 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 288 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur

$$S_o \leq \frac{1}{2} b_w$$

$$150 \text{ mm} \leq \frac{1}{2} \times 400 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 200 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- $\leq 300 \text{ mm}$

$$S_o \leq 300 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai  $S_o = \emptyset 12\text{-}150 \text{ mm}$

Panjang  $L_o$  tidak boleh kurang dari :

- $\frac{1}{6}$  tinggi bersih kolom

$$L_o > \frac{1}{6} \times (4000 - 570 \text{ mm})$$

$$600 \text{ mm} > 572 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o > 500 \text{ mm}$$

$$600 \text{ mm} > 500 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- $L_o > 450 \text{ mm}$

$$600 \text{ mm} > 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai  $L_o$  sebesar :  $600 \text{ mm}$

2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari  $0,5 S_o$ .

$$0,5 S_o = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

Maka sengkang ikat pertama dipasang sebesar  $75 \text{ mm}$  dari muka hubungan balok kolom.

3. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 \times S_o = 2 \times 150 \text{ mm} = 300\text{mm}$ .

**Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertical kolom :**

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah sebagai berikut :

$$0,071 f_y d_b > 300\text{mm}$$

**SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1**

$$0,071 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm} > 300\text{mm}$$

$$625 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 710 mm

**Menghitung Panjang Penyaluran Kolom :**

Panjang penyaluran tulangan diambil sebesar :

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \times \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) \times d_b$$

**SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3**

$$l_d = \left( \frac{400 \text{ Mpa}}{1,1 \times 1 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} \times \frac{1,3 \times 1 \times 1}{\left(\frac{40 + 0}{25 \text{ mm}}\right)} \right) \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1044 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_d$  sebesar = 1100 mm

Jadi, panjang penyaluran tulangan yang dipakai sebesar = 1100 mm.

## 4.2.6 Rekapitulasi Penulangan

### 4.2.6.1 Penulangan Pelat Lantai

Tipe	lokasi	Arah X		Arah Y		Susut arah X		Susut arah y	
		Ø	S	Ø	S	Ø	S	Ø	S
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Pelat lantai 2	Lapangan	12	100	12	100	8	200	8	200
	Tumpuan	12	100	12	100	8	200	8	200
Pelat lantai 3	Lapangan	16	100	16	100	8	200	8	200
	Tumpuan	16	100	16	100	8	200	8	200
Pelat lantai 4	Lapangan	16	100	16	100	8	200	8	200
	Tumpuan	16	100	16	100	8	200	8	200
Pelat lantai atap	Lapangan	12	150	12	150	8	200	8	200
	Tumpuan	12	150	12	150	8	200	8	200
Pelat selasar	Lapangan	12	200	12	200	8	200	8	200
	Tumpuan	12	200	12	200	8	200	8	200

#### 4.2.6.2 Penulangan Balok


Tipe	Lokasi	Puntir	Lentur		Geser
			Tarik	Tekan	
Sloof 30/45	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 80
	Tumpuan kiri	0 D 22	2 D 22	2 D 22	∅ 10 - 80
	Lapangan	0 D 22	2 D 22	2 D 22	∅ 10 - 90
Sloof 35/50	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 22</b>	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 80
	Tumpuan kiri	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 80
	Lapangan	0 D 22	4 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
Bl.1 LT 2	Tumpuan kanan	2 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 80
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>2 D 22</b>	<b>6 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 80
	Lapangan	2 D 22	4 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
Bl.2 LT 2	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50
	Tumpuan kiri	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 60
BA.1 LT 2	Tumpuan kanan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>0 D 19</b>	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50

	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70
BA.2 LT 2	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10	- 20
	Tumpuan kiri	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 20
	Lapangan	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 30
BI.1 LT 3	Tumpuan kanan	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10	- 100
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>0 D 22</b>	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10	- 100
	Lapangan	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10	- 120
BI.2 LT 3	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Tumpuan kiri	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 60
BA.1 LT 3	Tumpuan kanan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	Tumpuan kiri	<b>0 D 19</b>	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70
BA.2 LT 3	<b>Tumpuan kanan</b>	<b>0 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10	- 20
	Tumpuan kiri	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 20
	Lapangan	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 30
BI.1 LT 4	Tumpuan kanan	0 D 22	4 D 22	2 D 22	∅ 10	- 100
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>0 D 22</b>	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10	- 100
	Lapangan	0 D 22	5 D 22	2 D 22	∅ 10	-



						120
Bl.2 LT 4	Tumpuan kanan	<b>0 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Tumpuan kiri	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 60
BA.1 LT 4	Tumpuan kanan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>0 D 19</b>	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70
BA.2 LT 4	Tumpuan kanan	<b>0 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10	- 20
	Tumpuan kiri	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 20
	Lapangan	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 30
Bl.1 LT atap	Tumpuan kanan	0 D 22	4 D 22	2 D 22	∅ 10	- 100
	Tumpuan kiri	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10	- 100
	Lapangan	<b>0 D 22</b>	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10	- 120
Bl.2 LT atap	Tumpuan kanan	<b>0 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Tumpuan kiri	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	Lapangan	0 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 60
BA.1 LT atap	Tumpuan kanan	<b>2 D 19</b>	<b>4 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50
	Tumpuan kiri	2 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50
	Lapangan	2 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70

BA.2 LT atap	Tumpuan kanan	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 20
	Tumpuan kiri	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 20
	Lapangan	0 D 12	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 30

Keterangan :  = tulangan dipasang 2 lapis

#### 4.2.6.2 Penulangan Tangga

Tipe	Lokasi	Puntir	Lentur		Geser
			Tarik	Tekan	
Balok Bordes	Tumpuan kanan	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
	Tumpuan kiri	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
	Lapangan	0 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 120

Tipe	Arah X		Arah Y		Susut arah X		Susut arah y	
	∅	S	∅	S	∅	S	∅	S
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Pelat tangga	16	90	16	200	8	150	8	150
Pelat bordes	16	90	16	200	8	150	8	150

#### 4.2.6.2 Penulangan Kolom

Tipe	Puntir	Geser	Lo (mm)	Panjang Penyaluran	
				sambungan vertikal kolom (mm)	Panjang penyaluran tulangan kolom (mm)
Kolom 40/50	8 D 22	Ø10 - 150	600	710	1100

#### 4.2.6.3 Volume tulangan Pelat Lantai 2

Rekapitulasi	Panjang total (m)	Berat total (kg)
Tulangan atas	6231	5532
Tulangan bawah	16848	14375
Tulangan susut	2585	1020
<b>Total</b>	<b>25664</b>	<b>20927</b>

Rasio Volume Tulangan Per m<sup>3</sup> Beton

Total Berat Tulangan = 20927 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Total} &= L.\text{plat} \times \text{Tebal Plat} \\
 &= (17.40 \text{ m} \times 49\text{m}) \times 0.12\text{m} \\
 &= 102,312 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio Volume Tulangan} &= \frac{\text{Berat Total}}{\text{Volume Total}} \\
 &= \frac{20927 \text{ kg}}{102,312 \text{ m}^3} \\
 &= 204,54 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

### **4.3 Metode Pelaksanaan Pelat Lantai**

#### **a. Perencanaan Dan Persiapan Sebelum Pengecoran**

Persiapan Peralatan :

Persiapan peralatan sebelum pelaksanaan pengecoran sebagai berikut :

1. Semua alat kerja diperiksa kelayakan pakai baik secara rutin ataupun sebelum pengecoran.
2. Peralatan survei yang sudah dikalibrasi harus disiapkan.
3. Untuk kondisi pengecoran pada malam hari, penerangan harus sudah disiapkan dilokasi cor.
4. Vibrator baik engine atau electric harus sudah dicek kesiapannya, jumlah vibrator sudah termasuk cadangan (1 unit) bila terjadi kerusakan, dan sebaiknya juga disiapkan cadangan bila listrik padam atau engine rusak sesuai kondisi lapangan.
5. Untuk mengantisipasi turunnya hujan tenda harus sudah dipasang sebelum pengecoran dengan mengarahkan jatuhnya air hujan di luar area yang dicor agar tidak merusak beton yang baru dituang.
6. Apabila dikehendaki finishing lantai dengan trowel machine, maka jumlah trowel yang disiapkan harus disesuaikan dengan luas area pengecoran dan setting time (waktu pengerasan) beton.
7. Concrete pump ditempatkan pada posisi sedekat mungkin dengan area pengecoran tetapi masih dapat dijangkau mobil mixer, untuk mengurangi jumlah sambungan pipa.

Persiapan Lahan Cor :

Persiapan lahan cor sebelum pelaksanaan pengecoran sebagai berikut :

1. Area yang akan di cor harus sudah mendapat persetujuan dari pemberi tugas.
2. Memeriksa kesiapan pekerjaan pembesian antara lain jumlah, dimensi dan posisinya.
3. Memeriksa kebersihan lahan cor, tidak boleh ada serbuk kayu, potongan-potongan kaso, multiplex, kawat besi beton, puntung rokok dan lain-lain.
4. Memeriksa kesiapan pekerjaan bekisting antara lain dimensi, as dan apabila dikehendaki menambah kekuatan pada titik-titik tertentu, dan apabila pada lahan pengecoran masih terdapat lubang-lubang, tutup lubang-lubang tersebut dengan busa atau lakban untuk menghindari keropos karena keluarnya air semen.
5. Stop cor harus dicek kesiapan dan elevasinya (untuk pengecoran kolom dan dinding beton).
6. Untuk keselamatan kerja, pada pengecoran di ketinggian dengan area yang terbuka, pada bagian sisi luar dipasang pagar yang dapat terbuat dari besi ataupun kayu.

- Pemasangan Tulangan

Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian Pelat :

Baja tulangan dan sengkang yang telah dipotong dan dibengkokkan dibawa ke lapangan untuk dipasang pada posisi sesuai dengan gambar pelaksanaan. Kegiatan yang dilakukan pada pekerjaan pemasangan tulangan antara lain:

- a) Pemeriksaan diameter, panjang dan bentuk tulangan sebelum baja tulangan tersebut terpasang.
- b) Jarak antar tulangan serta jumlah tulangan, baik untuk tulangan lentur maupun tulangan geser.
- c) Sengkang dipasang secara manual. Pemasangan sengkang dilakukan dengan kawat beton
- d) Memastikan daerah-daerah dan ukuran panjang penyaluran, sambungan lewatan dan panjang penjangkaran sesuai yang direncanakan.
- e) Pemeriksaan tebal selimut beton dengan memasang tahu beton sebagai acuan sesuai tebal tebal selimut beton yang akan di cor.



*Gambar 4.3.1 pekerjaan penulangan Pelat*

### Pemesanan Beton :

Untuk pemesanan beton harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Sebelum pemesanan beton, terlebih dahulu dihitung volume beton yang dibutuhkan sesuai gambar shop drawing dengan kelebihan beton diperkirakan 3% dari total volume, pemesanan beton idealnya sudah dilakukan 1 hari sebelum waktu pengecoran agar persediaan beton terjamin.
2. Volume beton ditinjau kembali pada saat pemesanan 2 mobil mixer terakhir, dengan mengukur kondisi lapangan, agar dapat memastikan kebutuhan beton pada mobil mixer terakhir dan ditambah 0,5 m<sup>3</sup> untuk menghindari kekurangan beton.
3. Pemesanan beton disesuaikan dengan mutu beton pada area yang akan dicor.

### Pemeriksaan Beton :

Setiap beton (mobil mixer) yang datang harus diperiksa surat jalannya sesuai dengan pemesanan (mutu beton, volume, slump, jam keberangkatan, pemakaian bahan additive), diukur dan dicatat slumpnya dengan alat slump test. Bila tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang ada, maka beton tersebut harus dipulangkan dan diganti dengan yang baru sesuai dengan spesifikasi yang telah diajukan pada saat pemesanan.

### **b. Pelaksanaan Pengecoran Pelat Lantai**

Dalam melaksanakan pengecoran harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Ketebalan/level horisontal untuk pelat harus sesuai dengan gambar yang disetujui, untuk pengecoran lantai atas agar diperhitungkan lendutan yang terjadi selama proses pengecoran dan dikoordinasikan dengan pengerjaan bekisting, guna mendapatkan level yang sesuai dan menghindari terjadinya kelebihan volume beton.
2. Selama proses pengecoran dilarang menambahkan air ke dalam beton baik pada mobil mixer, concrete pump, ataupun pada beton di area pengecoran karena akan mengurangi kuat tekan beton.
3. Jumlah vibrator haruslah memadai dengan jumlah volume beton yang dituang dan disediakan 1 unit untuk cadangan.

### **c. Perawatan Dan Pengujian Beton**

Perawatan Beton :

Perawatan (curing) beton dilakukan setelah pengecoran, dengan memperhatikan:

1. Untuk pelat lantai, karena area yang dicor cukup luas, dan permukaan yang terbuka, setelah didapat area yang cukup luas dan beton sudah mengeras (setting time terpenuhi) curing sudah harus dilakukan dengan menyemprotkan dengan alat penyemprot air langsung kepermukaan beton.



2. Curing dilakukan selama 7 hari berturut-turut dengan penyiraman 3 kali dalam satu hari

Pengujian Beton :

Pengujian beton dapat dilakukan bila ada kemungkinan mutu beton dinyatakan rendah. maka perlu diadakan test pengujian beton sebagai berikut :

1. Setelah 7 hari 1 (satu) silinder harus diuji untuk mengetahui kuat tekan beton.
2. Setelah 14 hari 1 (satu) silinder harus diuji kuat tekannya dan diambil rata-rata kuat tekan sebagai hasilnya.
3. Setelah 28 hari 1 (satu) silinder harus diuji kuat tekannya.
4. Cadangan 1 (satu) silinder.

### **Jumlah Dan Frekuensi Pembuatan Benda Uji**

Jumlah minimum benda uji per hari pelaksanaan pengecoran  
= 1 benda uji

Frekuensi pembuatan benda uji, diambil kondisi yang paling dulu dipenuhi :

- 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 120 m<sup>3</sup> beton
- 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m<sup>2</sup> plat lantai beton
- 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m<sup>2</sup> dinding beton

Jumlah total benda uji minimum = 5 buah per mutu beton

Jika dari frekuensi pembuatan benda uji yang diatur di atas menghasilkan jumlah benda uji kurang dari 5 buah, maka harus dilakukan randomisasi dengan interval volume pengujian yang

sama, supaya diperoleh minimal sejumlah 5 buah benda uji. Toleransi untuk jumlah total pengecoran kurang dari 40 m<sup>3</sup>, diperbolehkan tidak dilakukan sampling dan pembuatan benda uji, jika dapat dijamin dan bukti terpenuhinya kuat tekan diserahkan dan disetujui oleh Pengawas.

### **Pasangan Benda Uji**

Satu uji kuat tekan harus merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari 2 (dua) contoh uji silinder yang berasal dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur beton 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan  $f_c'$

(kuat tekan beton yang disyaratkan)

*[pasal 7.6 butir 2.4 SNI 03-2847-2002]*

### **Evaluasi Dan Penerimaan Mutu Beton**

Penerimaan mutu beton untuk benda uji yang dirawat di laboratorium :

- Rata-rata dari 3 (tiga) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh ada yang kurang dari nilai  $f_c'$
- Rata-rata dari 2 (dua) nilai kuat tekan uji yang berurutan tidak boleh kurang dari nilai ( $f_c' - 3,5 \text{ mpa}$ )

Ketentuan untuk mutu beton dari benda uji yang dirawat di lapangan, adalah tidak boleh kurang dari 85% kuat tekan atau mutu beton yang dirawat di laboratorium.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada Tugas Akhir Terapan yang kami buat dengan judul “Perencanaan Bangunan Gedung Diknas Empat Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) Dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan bangunan gedung diknas empat lantai ini menggunakan kuat tekan beton  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$  dan kuat tekan baja untuk tulangan berdiameter  $> 12 \text{ mm} = 400 \text{ Mpa}$  dan untuk tulangan berdiameter  $\leq 12 \text{ mm} = 240 \text{ Mpa}$ .
2. Rangka atap adalah pelat beton.
3. Tebal pelat lantai = 12 cm.
4. Ukuran dimensi elemen struktur adalah sebagai berikut :

Elemen	Dimensi	Satuan
Balok Induk (BI 1)	40/60	cm
Balok Anak (BA 1)	25/35	cm
Balok Induk (BI 2)	20/30	cm
Balok Anak (BA 2)	15/20	cm
Kolom (BI 1)	40/50	cm
Sloof (S1)	35/50	cm
Sloof (S2)	30/45	cm

5. Dari hasil perhitungan didapatkan rekapitulasi tulangan pelat sebagai berikut :

Tipe	lokasi	Arah X		Arah Y		Susut arah X		Susut arah y	
		Ø	S	Ø	S	Ø	S	Ø	S
		mm	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm
Pelat lantai 2	Lapangan	12	100	12	100	8	200	8	200
	Tumpuan	12	100	12	100	8	200	8	200
Pelat lantai 3	Lapangan	16	100	16	100	8	200	8	200
	Tumpuan	16	100	16	100	8	200	8	200
Pelat lantai 4	Lapangan	16	100	16	100	8	200	8	200
	Tumpuan	16	100	16	100	8	200	8	200
Pelat lantai atap	Lapangan	12	150	12	150	8	200	8	200
	Tumpuan	12	150	12	150	8	200	8	200
Pelat selasar	Lapangan	12	200	12	200	8	200	8	200
	Tumpuan	12	200	12	200	8	200	8	200

6. Dari hasil perhitungan didapatkan rekapitulasi tulangan Balok sebagai berikut :

Tipe	Lokasi	Puntir	Lentur		Geser
			Tarik	Tekan	
Sloof 30/45	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>2 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	Ø 10 - 80
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 22	2 D 22	Ø 10 - 80
	Lapangan	- - -	2 D 22	2 D 22	Ø 10 - 90

Sloof 35/50	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 80
	Tumpuan kiri	- - -	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 80
	Lapangan	- - -	4 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
Bl.1 LT 2	Tumpuan kanan	2 D 22	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 80
	<b>Tumpuan kiri</b>	<b>2 D 22</b>	<b>6 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 80
	Lapangan	2 D 22	4 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
Bl.2 LT 2	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 60
BA.1 LT 2	Tumpuan kanan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	<b>Tumpuan kiri</b>	- - -	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 70
BA.2 LT 2	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10 - 20
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 20
	Lapangan	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 30
Bl.1 LT 3	Tumpuan kanan	- - -	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
	<b>Tumpuan kiri</b>	- - -	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 100
	Lapangan	- - -	3 D 22	2 D 22	∅ 10 -

								120
BI.2 LT 3	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50		
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50		
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 60		
BA.1 LT 3	Tumpuan kanan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50		
	Tumpuan kiri	- - -	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50		
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70		
BA.2 LT 3	<b>Tumpuan kanan</b>	- - -	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10	- 20		
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 20		
	Lapangan	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10	- 30		
BI.1 LT 4	Tumpuan kanan	- - -	4 D 22	2 D 22	∅ 10	- 100		
	<b>Tumpuan kiri</b>	- - -	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10	- 100		
	Lapangan	- - -	5 D 22	2 D 22	∅ 10	- 120		
BI.2 LT 4	Tumpuan kanan	- - -	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50		
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50		
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 60		
BA.1 LT 4	Tumpuan kanan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 50		
	<b>Tumpuan kiri</b>	- - -	<b>3 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10	- 50		
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10	- 70		

BA.2 LT 4	Tumpuan kanan	- - -	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10 - 20
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 20
	Lapangan	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 30
BI.1 LT atap	Tumpuan kanan	- - -	4 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
	Tumpuan kiri	- - -	3 D 22	2 D 22	∅ 10 - 100
	Lapangan	- - -	<b>5 D 22</b>	<b>2 D 22</b>	∅ 10 - 120
BI.2 LT atap	Tumpuan kanan	- - -	<b>2 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	Lapangan	- - -	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 60
BA.1 LT atap	Tumpuan kanan	<b>2 D 19</b>	<b>4 D 19</b>	<b>2 D 19</b>	∅ 10 - 50
	Tumpuan kiri	2 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 50
	Lapangan	2 D 19	2 D 19	2 D 19	∅ 10 - 70
BA.2 LT atap	Tumpuan kanan	- - -	<b>2 D 12</b>	<b>2 D 12</b>	∅ 10 - 20
	Tumpuan kiri	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 20
	Lapangan	- - -	2 D 12	2 D 12	∅ 10 - 30

7. Dari hasil perhitungan didapatkan rekapitulasi tulangan kolom sebagai berikut :

Tipe	Puntir	Geser	Lo (mm)	Panjang Penyaluran	
				sambungan vertikal kolom (mm)	Panjang penyaluran tulangan kolom (mm)
Kolom 40/50	8 D 22	Ø10 - 150	600	710	1100

8. Dalam pelaksanaan metode pelat lantai ada 3 hal yang perlu diperhatikan yaitu saat persiapan, pelaksanaan, dan perawatan.
9. Jumlah minimum benda uji per hari pelaksanaan pengecoran = 1 benda uji  
 Frekuensi pembuatan benda uji, diambil kondisi yang paling dulu dipenuhi :
- 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 120 m<sup>3</sup> beton
  - 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m<sup>2</sup> plat lantai beton
  - 1 pasang benda uji untuk tiap pengecoran 500 m<sup>2</sup> dinding beton
  - Jumlah total benda uji minimum = 5 buah per mutu beton
10. Untuk perawatan pelat lantai setelah pengecoran dilakukan curing dengan cara melapisi permukaan pelat dengan kain kassa dan disiram selama tujuh hari.



## 5.2 Saran

Dari hasil perencanaan yang telah kami buat dalam Tugas Akhir Terapan terdapat saran yang bisa kami berikan sebagai berikut :

1. Dalam merencanakan struktur bangunan gedung tahan gempa harus dianalisa terlebih dahulu koefisien desain seismik berdasarkan data tanah yang ada dilokasi proyek, setelah itu setiap perhitungan harus sesuai dengan SNI 1726-2012 untuk menganalisa beban gempa yang akan dipikul oleh bangunan.
2. Beban gempa pada lantai dasar atau pada muka tanah tidak terdapat gaya gempa.
3. Pada saat penggambaran denah pelat lantai, elemen balok dan sloof dibuat garis putus-putus.
4. Setiap perhitungan struktur yang telah dihitung perlu dicek kecukupan dimensi apakah mampu memikul beban yang terjadi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standart Nasioanal, 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung ( SNI 1726 – 2012 )**. Jakarta.
2. Badan Standart Nasioanal, 2013. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain ( SNI 1727 – 2013 )**. Jakarta.
3. Badan Standart Nasioanal, 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung ( SNI 2847 – 2013 )**. Jakarta.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN

a. Beban gempa per kolom lantai 2 dan 3

### Lantai 2

Elemen	As	Dimensi (m)		Fx (kg)	Fy (kg)
		Lx	Ly		
KOLOM 40/50	A1	0.4	0.5	893.40	840.62
KOLOM 40/50	B1	0.4	0.5	918.52	840.62
KOLOM 40/50	C1	0.4	0.5	943.63	840.62
KOLOM 40/50	D1	0.4	0.5	968.75	840.62
KOLOM 40/50	E1	0.4	0.5	993.86	840.62
KOLOM 40/50	F1	0.4	0.5	1018.98	840.62
KOLOM 40/50	G1	0.4	0.5	1044.09	840.62
KOLOM 40/50	H1	0.4	0.5	1069.21	840.62
KOLOM 40/50	A5	0.4	0.5	893.40	1154.46
KOLOM 40/50	B5	0.4	0.5	918.52	1154.46

KOLOM 40/50	C5	0.4	0.5	943.63	1154.46
KOLOM 40/50	D5	0.4	0.5	968.75	1154.46
KOLOM 40/50	E5	0.4	0.5	993.86	1154.46
KOLOM 40/50	F5	0.4	0.5	1018.98	1154.46
KOLOM 40/50	G5	0.4	0.5	1044.09	1154.46
KOLOM 40/50	H5	0.4	0.5	1069.21	1154.46
KOLOM 40/50	A2	0.4	0.5	893.40	898.34
KOLOM 40/50	B2	0.4	0.5	918.52	898.34
KOLOM 40/50	C2	0.4	0.5	943.63	898.34
KOLOM 40/50	D2	0.4	0.5	968.75	898.34
KOLOM 40/50	E2	0.4	0.5	993.86	898.34
KOLOM 40/50	F2	0.4	0.5	1018.98	898.34
KOLOM 40/50	G2	0.4	0.5	1044.09	898.34
KOLOM 40/50	H2	0.4	0.5	1069.21	898.34
KOLOM 40/50	A3	0.4	0.5	893.40	988.52
KOLOM 40/50	B3	0.4	0.5	918.52	988.52
KOLOM 40/50	C3	0.4	0.5	943.63	988.52

KOLOM 40/50	D3	0.4	0.5	968.75	988.52
KOLOM 40/50	E3	0.4	0.5	993.86	988.52
KOLOM 40/50	F3	0.4	0.5	1018.98	988.52
KOLOM 40/50	G3	0.4	0.5	1044.09	988.52
KOLOM 40/50	H3	0.4	0.5	1069.21	988.52
KOLOM 40/50	A4	0.4	0.5	893.40	1024.59
KOLOM 40/50	B4	0.4	0.5	918.52	1024.59
KOLOM 40/50	C4	0.4	0.5	943.63	1024.59
KOLOM 40/50	D4	0.4	0.5	968.75	1024.59
KOLOM 40/50	E4	0.4	0.5	993.86	1024.59
KOLOM 40/50	F4	0.4	0.5	1018.98	1024.59
KOLOM 40/50	G4	0.4	0.5	1044.09	1024.59
KOLOM 40/50	H4	0.4	0.5	1069.21	1024.59

Lantai 3

Elemen	As	Dimensi (m)		Fx (kg)	Fy (kg)
		Lx	Ly		
KOLOM	A1	0.4	0.5	1753.56	1414.60

40/50					
KOLOM 40/50	B1	0.4	0.5	1806.26	1414.60
KOLOM 40/50	C1	0.4	0.5	1858.96	1414.60
KOLOM 40/50	D1	0.4	0.5	1911.66	1414.60
KOLOM 40/50	E1	0.4	0.5	1964.36	1414.60
KOLOM 40/50	F1	0.4	0.5	2017.06	1414.60
KOLOM 40/50	G1	0.4	0.5	2069.76	1414.60
KOLOM 40/50	H1	0.4	0.5	2122.46	1414.60
KOLOM 40/50	A5	0.4	0.5	1753.56	2582.21
KOLOM 40/50	B5	0.4	0.5	1806.26	2582.21
KOLOM 40/50	C5	0.4	0.5	1858.96	2582.21
KOLOM 40/50	D5	0.4	0.5	1911.66	2582.21
KOLOM 40/50	E5	0.4	0.5	1964.36	2582.21
KOLOM 40/50	F5	0.4	0.5	2017.06	2582.21
KOLOM 40/50	G5	0.4	0.5	2069.76	2582.21
KOLOM 40/50	H5	0.4	0.5	2122.46	2582.21
KOLOM 40/50	A2	0.4	0.5	1753.56	1629.33
KOLOM	B2	0.4	0.5	1806.26	1629.33



40/50					
KOLOM 40/50	C2	0.4	0.5	1858.96	1629.33
KOLOM 40/50	D2	0.4	0.5	1911.66	1629.33
KOLOM 40/50	E2	0.4	0.5	1964.36	1629.33
KOLOM 40/50	F2	0.4	0.5	2017.06	1629.33
KOLOM 40/50	G2	0.4	0.5	2069.76	1629.33
KOLOM 40/50	H2	0.4	0.5	2122.46	1629.33
KOLOM 40/50	A3	0.4	0.5	1753.56	1964.85
KOLOM 40/50	B3	0.4	0.5	1806.26	1964.85
KOLOM 40/50	C3	0.4	0.5	1858.96	1964.85
KOLOM 40/50	D3	0.4	0.5	1911.66	1964.85
KOLOM 40/50	E3	0.4	0.5	1964.36	1964.85
KOLOM 40/50	F3	0.4	0.5	2017.06	1964.85
KOLOM 40/50	G3	0.4	0.5	2069.76	1964.85
KOLOM 40/50	H3	0.4	0.5	2122.46	1964.85
KOLOM 40/50	A4	0.4	0.5	1753.56	2099.06
KOLOM 40/50	B4	0.4	0.5	1806.26	2099.06
KOLOM	C4	0.4	0.5	1858.96	2099.06

40/50					
<b>KOLOM</b> 40/50	D4	0.4	0.5	1911.66	2099.06
<b>KOLOM</b> 40/50	E4	0.4	0.5	1964.36	2099.06
<b>KOLOM</b> 40/50	F4	0.4	0.5	2017.06	2099.06
<b>KOLOM</b> 40/50	G4	0.4	0.5	2069.76	2099.06
<b>KOLOM</b> 40/50	H4	0.4	0.5	2122.46	2099.06

b. Brosur pembebanan

**◆ Plester D200**

Dipergunakan untuk pekerjaan dewan dan pasangan balka ketebalan aplikasi 9-12 mm

- Memiliki daya rekat dan elastisitas yang baik
- Daya sekatok  $\times 2-2,5 \text{ m}^2/10 \text{ mm}$

40kg

**Acian dinding dan plester**

**◆ Acian S100**

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk semua ester
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sekatok  $\times 10-12 \text{ m}^2/2 \text{ mm}$

30kg

**◆ Acian NP S450**

- Warna cream
- Cat sekat hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sekatok  $\times 10-12 \text{ m}^2/2 \text{ mm}$
- 5,7 hari bisa langsung di cat

30kg

**Acian dinding plester dan beton**

**◆ SKIMCOAT S200**

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sekatok  $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$

30kg

**◆ SKIMKOT PUTIH S500**

- Acian putih untuk ekspo di beton dengan kasar
- Mengurangi retak
- Tahan planis dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sekatok  $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$

20kg

**◆ Thinbed 101 TB101**

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2-3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sekatok  $\times 10-11 \text{ m}^2/3 \text{ mm}$  (40 kg)
- Sajian baki 20kg/10 cm
- Cepat dalam pengeringannya

40kg

**◆ Plester Ringan 1.6 S150**

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Perekat aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester sekat ringan
- Daya sekatok  $\times 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8 \text{ mm}$  (50 kg)
- Sajian baki 20kg/10 cm
- Jauh cepat dan hemat dalam pelayanannya

50kg

**Produk lainnya**

**◆ Concrete Fill H200**

Memperbaiki retak & celah beton

- Sifatannya elastis/bonding strong plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, selain pada panel,  $\times 25 \text{ kg}$
- Tebal aplikasi 3-15 mm

40kg

**◆ Beton**

Beton instan siap pakai

- Pewesla  $\times 1 \text{ m}^3$   $\times 25 \text{ kg}$

50kg

**◆ Bonding Agent L007**

Bonding untuk beton dan mortar

1L

[www.drymix.co.id](http://www.drymix.co.id)

*Gambar lampiran 1. Brosur acian*



**CITICON**  
BATA RINGAN

**Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon**

Panjang, L (mm) : 600  
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400  
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
 Berat jenis normal, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Kuat tekan, ( $\sigma$ ) :  $\geq$  4.0 N/m<sup>2</sup>  
 Konduktivitas termis, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

**Citicon Light Concrete Technical Specifications:**

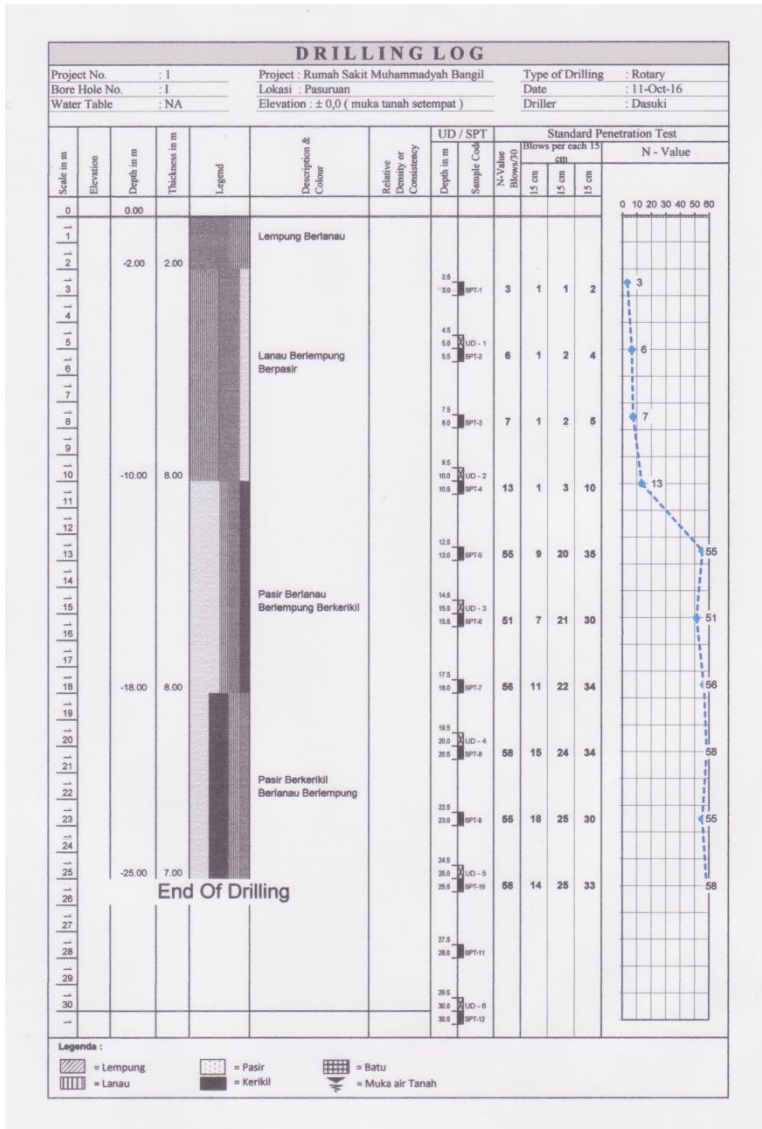
Length, L (mm) : 600  
 Height, H (mm) : 200 ; 400  
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, ( $\rho$ ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
 Field Density, ( $\rho$ ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Compressive Strength, ( $\sigma$ ) :  $\geq$  4.0 N/m<sup>2</sup>  
 Thermal Conductivity, ( $\lambda$ ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m <sup>3</sup>	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

*Gambar lampiran 2. Brosur bata ringan*

c. Hasil data tanah



## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 13 februari tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Bagus Rifaul ini merupakan lulusan SDN Kandat III Kabupaten Kediri, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri I Kandat Kediri dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Kandat Kediri.

Penulis lulus pendidikan SMA pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan berada di jurusan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi-ITS. Selain itu penulis juga aktif di organisasi UKM Cinta Reban ITS sejak 2014 sampai 2017.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir pada tanggal 09 februari tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Afhas Yaser Ramadhan ini merupakan lulusan MI Al-Falah Sembayat Gresik, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Bungah dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Sidayu Gresik. Penulis lulus pendidikan SMA pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan berada di jurusan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi-ITS.

## UCAPAN TERIMA KASIH

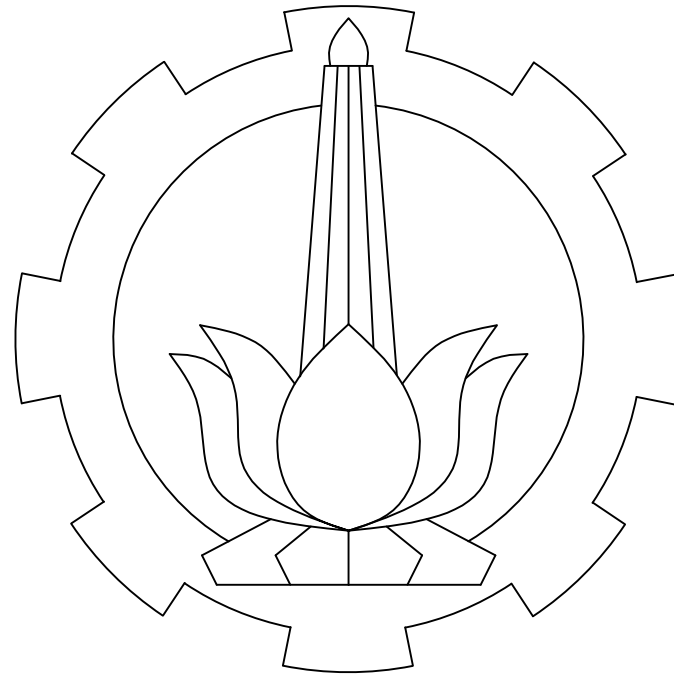
Alhamdulillah rabbilalamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan lancar dan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kehadirat Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang yakni agama islam. Dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini tidak akan bisa selesai dengan lancar dan baik tanpa dukungan dari orang-orang disekitar yang turut serta membantu, baik berupa bimbingan, motivasi, maupun doa. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan baik.
2. Ibu Ir. Srie Subekti, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir terapan.
3. Ibu Palupi, Ibu Sulfi, dan Mbak Oki yang telah membantu dan memberikan kemudahan dalam mengurus dan menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
4. Teman-teman dari bangunan gedung 2014 yang sering membantu dalam menyelesaikan tugas akhir
5. Teman-teman angkatan 2014 yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu atas dukungan moral dan nasihatnya.
6. Terima kasih kepada keluarga UKM Cinta Rebana ITS yang selalu memberikan semangat dan doanya.

7. Terima kasih kepada guru kami habibana idrus alaydrus selaku pimpinan majelis rasulullah jawa timur yang senantiasa memberikan doa kepada kami.
8. Terima kasih kepada kontrakan cemara 22 yang telah menyediakan tempat selama mengerjakan tugas akhir terapan.
9. Terima kasih mbak-mbak orent yang selalu membantu print Tugas Akhir kami.
10. Terima kasih kepada pembuat aplikasi LINE yang telah memberi fitur save dan sent.



PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS EMPAT LANTAI  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH DAN METODE PELAKSANAAN PELAT



TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
NIP.195605201989032001

NAMA MAHASISWA

BAGUS RIFAUL	3114030093
AFHAS YASER RAMADHAN	3114030165

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

# DAFTAR ISI

NO	KODE	JUDUL	SKALA
1	ARS	DENAH LANTAI 1	1:200
2	ARS	DENAH LANTAI 2	1:200
3	ARS	DENAH LANTAI 3	1:200
4	ARS	DENAH LANTAI 4	1:200
5	ARS	DENAH LANTAI ATAP	1:200
6	ARS	TAMPAK DEPAN	1:200
7	ARS	TAMPAK BELAKANG	1:200
8	ARS	TAMPAK SAMPING	1:200
9	ARS	POTONGAN 1-1	1:200
10	ARS	POTONGAN 2-2	1:200
11	STR	DENAH SLOOF	1:200
12	STR	DENAH BALOK LT.2	1:200
13	STR	DENAH BALOK LT.3	1:200
14	STR	DENAH BALOK LT.4	1:200
15	STR	DENAH BALOK LT.ATAP	1:200
16	STR	DENAH PLAT LT.2	1:200
17	STR	DENAH PLAT LT.3	1:200
18	STR	DENAH PLAT LT.4	1:200
19	STR	DENAH PLAT LT.ATAP	1:200
20	STR	DENAH KOLOM LT.1-3	1:200
21	STR	DENAH KOLOM LT.4	1:200
22	STR	PENULANGAN PLAT LT.2	1:200
23	STR	DETAIL TULANGAN PLAT LT.2	1:50
24	STR	PENULANGAN PLAT LT.3-4	1:200

NO	KODE	JUDUL	SKALA
25	STR	DETAIL TULANGAN PLAT LT.3-4	1:50
26	STR	PENULANGAN PLAT LT.ATAP	1:200
27	STR	DETAIL TULANGAN PLAT LT.ATAP	1:50
28	STR	PORTAL MEMANJANG AS E-H	1:75
29	STR	PORTAL MEMANJANG AS A-D	1:75
30	STR	PORTAL MEMANJANG AS C-F	1:75
31	STR	PORTAL MEMANJANG AS E-H	1:75
32	STR	PORTAL MEMANJANG AS A-D	1:75
33	STR	PORTAL MEMANJANG AS C-F	1:75
34	STR	PORTAL MEMANJANG AS E-H	1:75
35	STR	PORTAL MELINTANG AS 1-5	1:50
36	STR	PORTAL MELINTANG AS 3-5	1:50
37	STR	PORTAL MELINTANG AS 1-4	1:50
38	STR	PORTAL MELINTANG AS 3-5	1:50
39	STR	PORTAL MELINTANG AS 1-4	1:50
40	STR	DETAIL SAMBUNGAN BALOK & KOLOM	1:20
41	STR	DETAIL TANGGA	1:75
42	STR	PERHITUNGAN VOLUME TUL. PLAT LT. 2	1:100
43	STR	PERHITUNGAN VOLUME TUL. PLAT LT. 2	1:100
44	STR	PERHITUNGAN VOLUME TUL. PLAT LT. 2	1:100
45	STR	PERHITUNGAN VOLUME TUL. PLAT LT. 2	1:100
46	STR	PERHITUNGAN VOLUME TUL. PLAT LT. 2	1:100
47	STR	DETAIL PENULANGAN BALOK,SLOOF&KOLOM	1:100
48	STR	DETAIL PENULANGAN BALOK,SLOOF&KOLOM	1:100























































INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 SURABAYA  
 2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
 (RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
 IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
 PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
 Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
 NIP.195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
 AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL TULANGAN  
 PLAT LANTAI 2

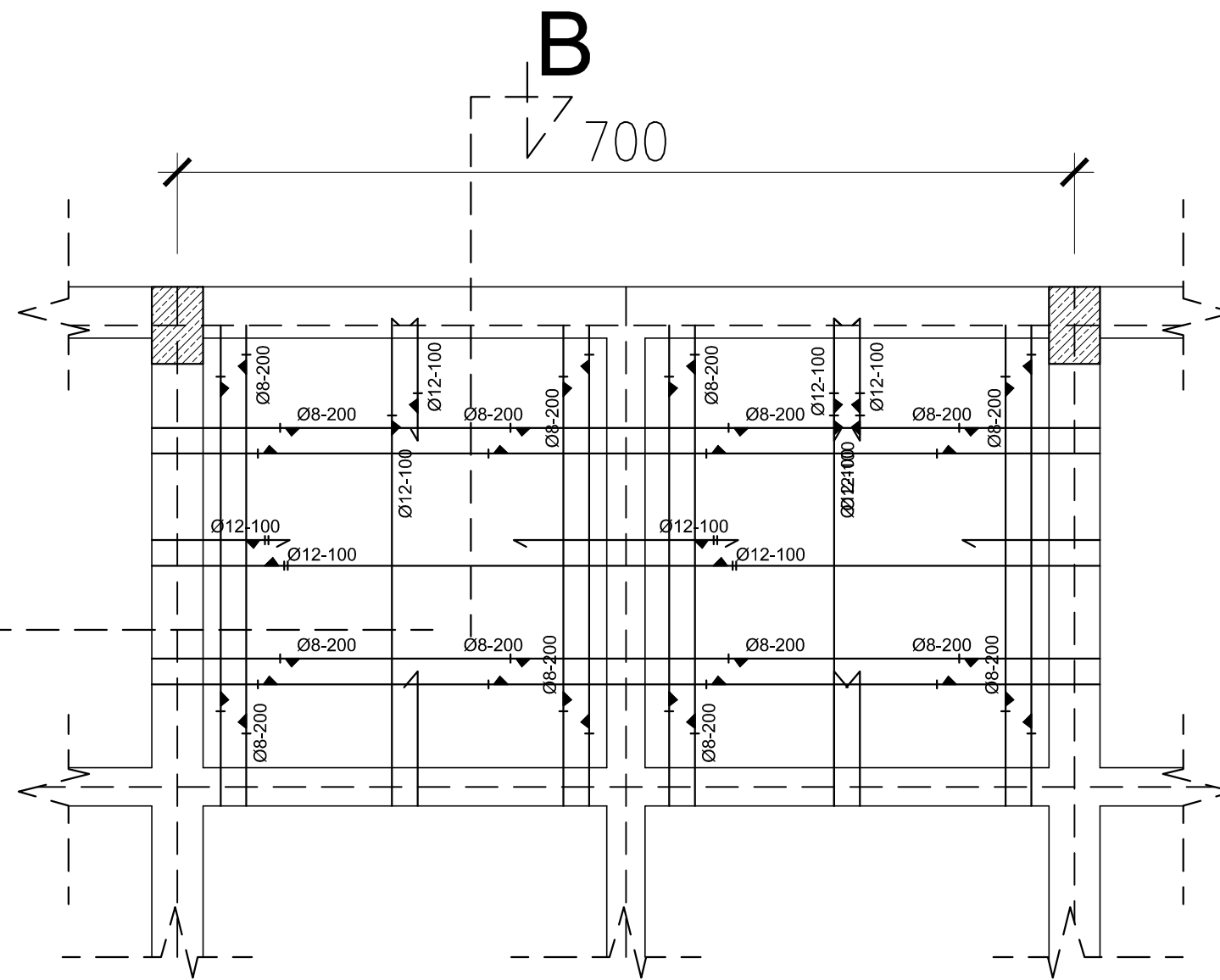
1:50

KODE

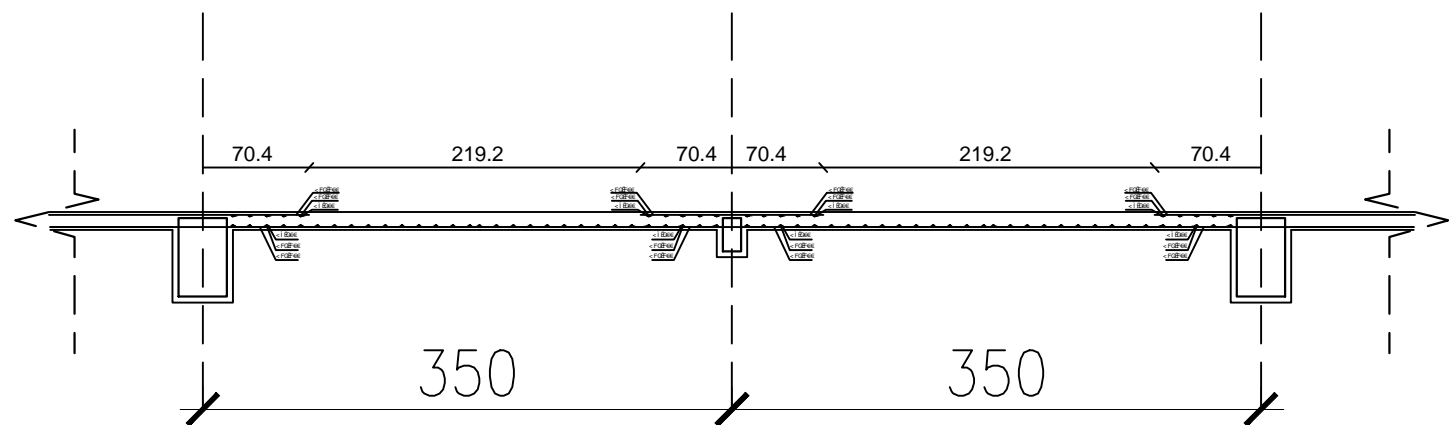
NO. LBR

23

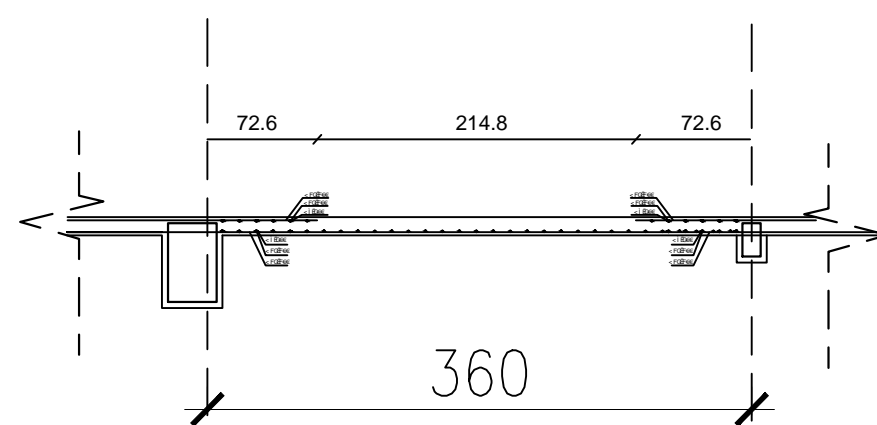
HAK CIPTA :  
 SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
 MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
 DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
 IZIN TERTULIS.



**DETAIL TULANGAN AS "D-E"-"5-6"**



**POTONGAN A-A**



**POTONGAN B-B**





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 SURABAYA  
 2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
 (RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
 IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
 PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
 Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
 NIP.195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
 AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL TULANGAN  
 PLAT LANTAI 3-4

SKALA

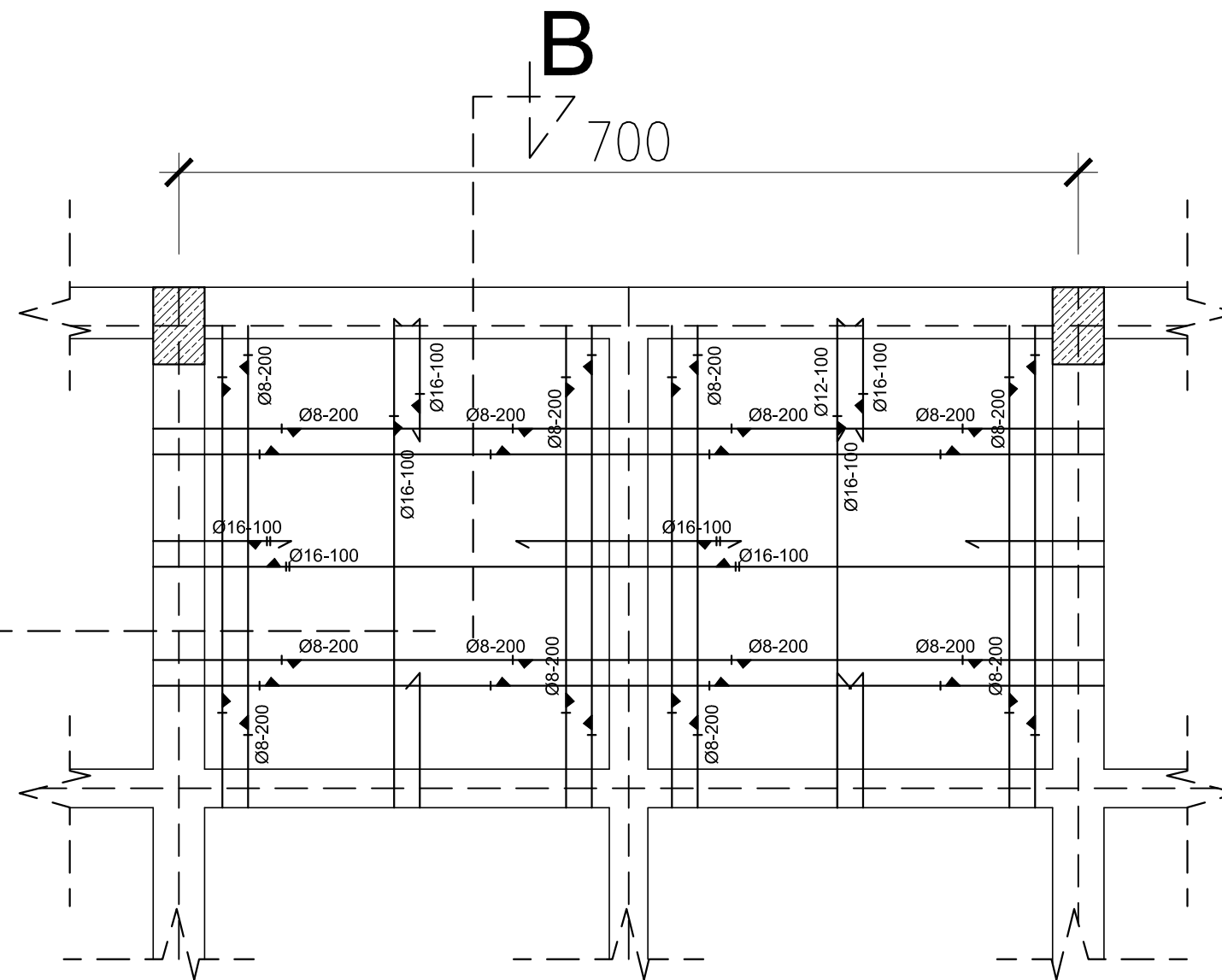
1:50

KODE

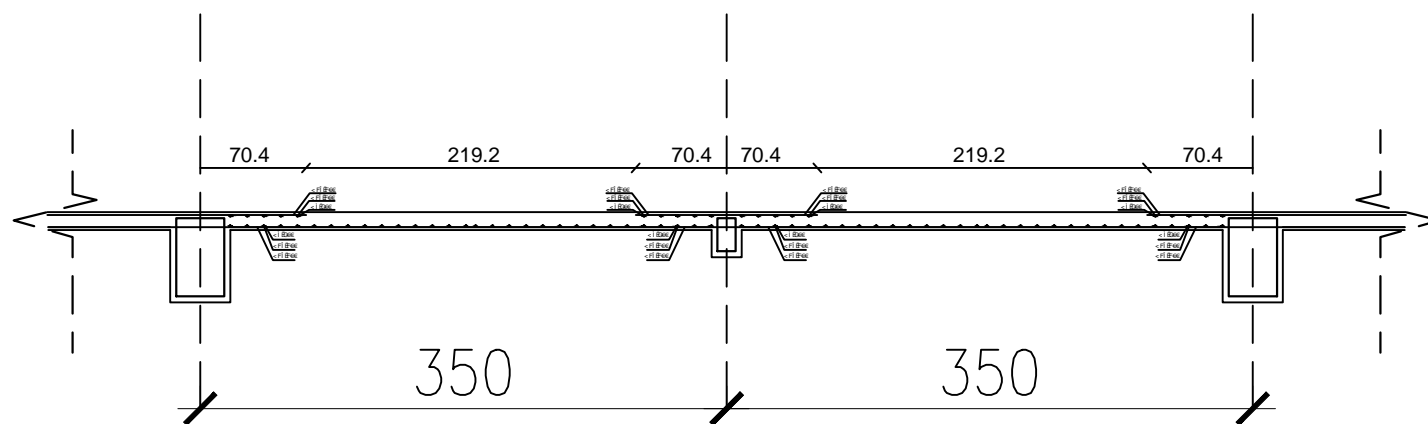
NO. LBR

25

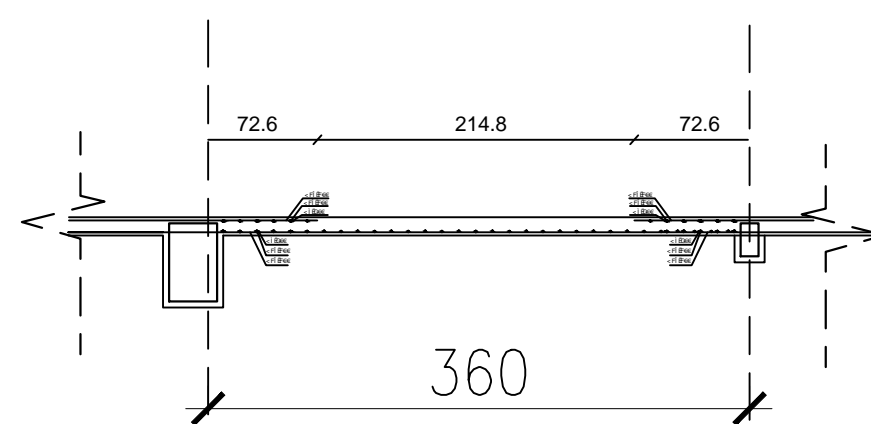
HAK CIPTA :  
 SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
 MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
 DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
 IZIN TERTULIS.



DETAIL TULANGAN AS "D-E"-"5-6"



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 SURABAYA  
 2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
 (RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
 IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
 PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci - Bangil JI. Raci Km 9,  
 Bangil - Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
 NIP.195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
 AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL TULANGAN  
 PLAT LANTAI 2

SKALA

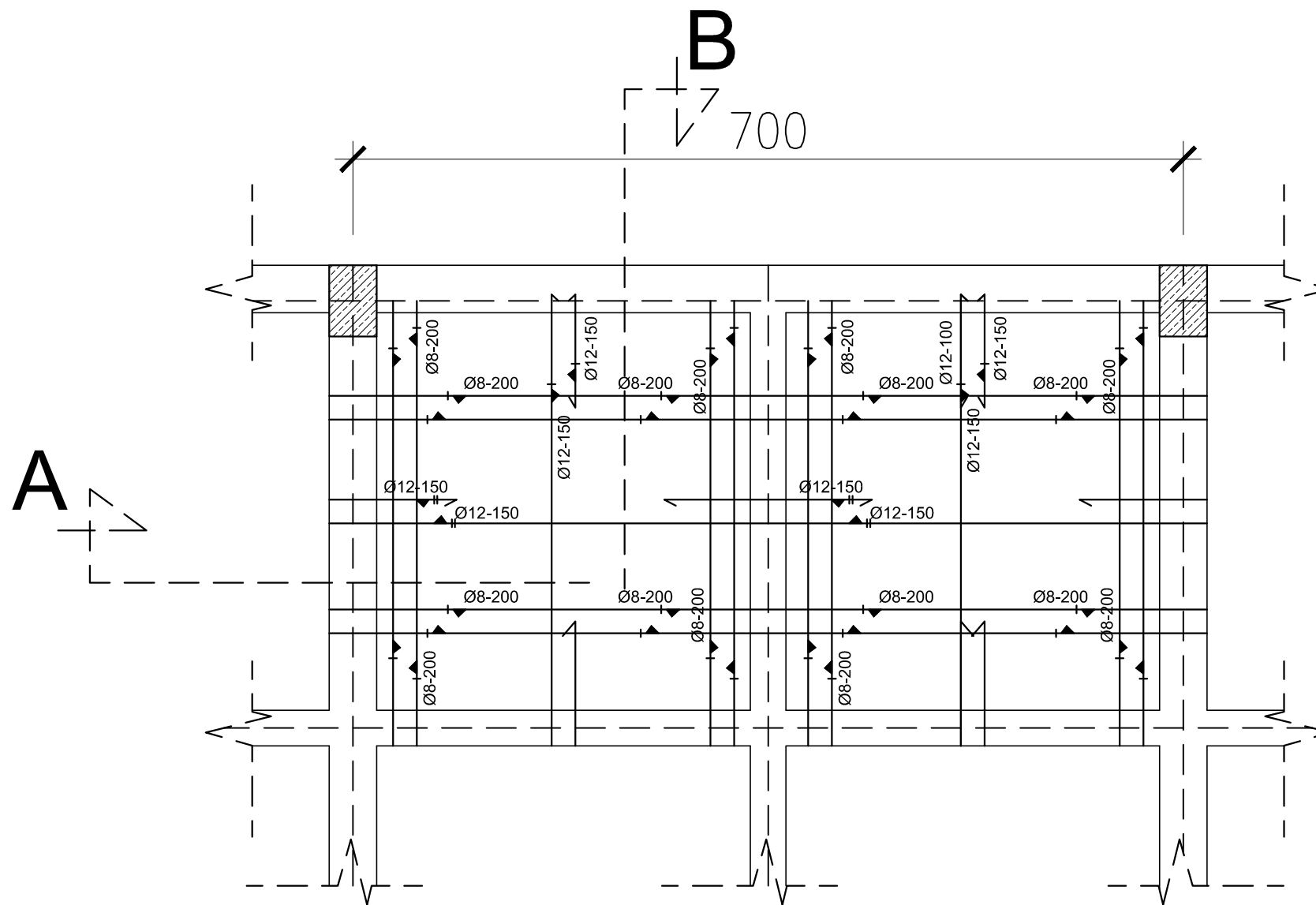
1:50

KODE

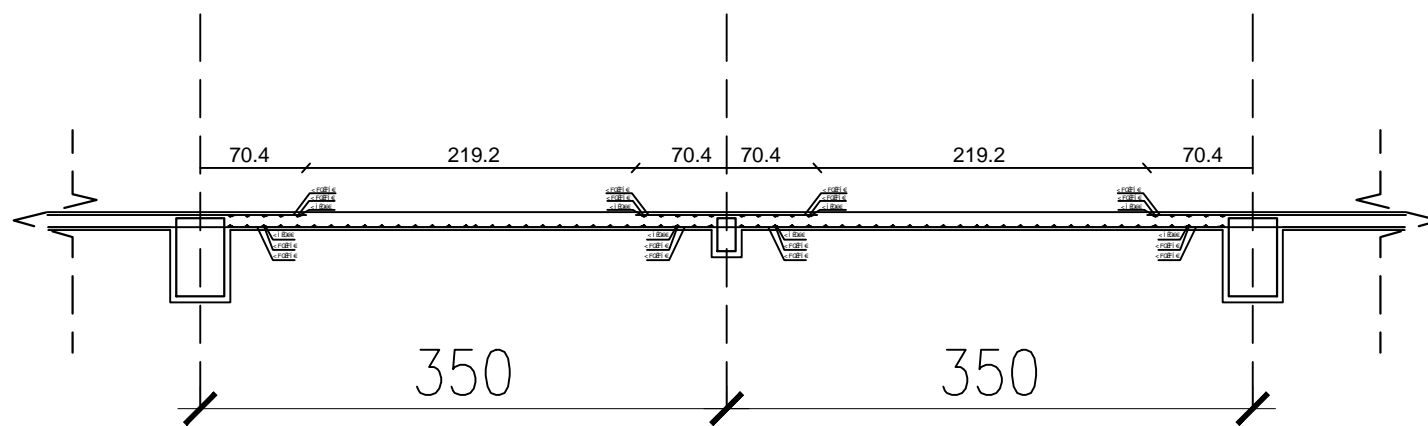
NO. LBR

27

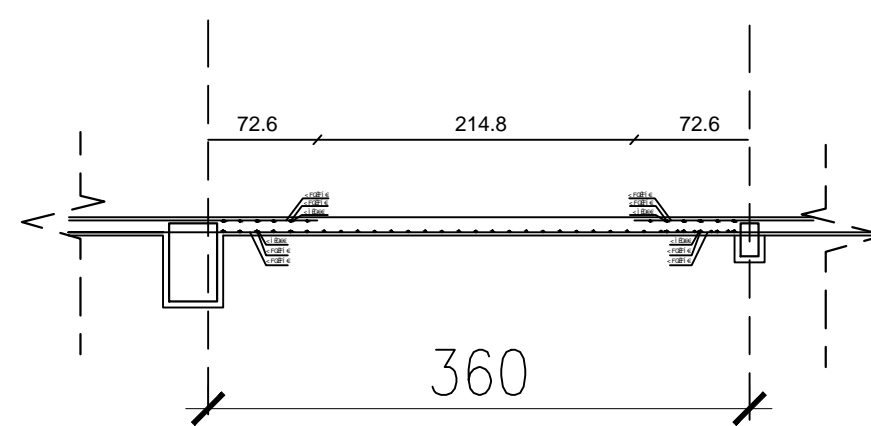
HAK CIPTA :  
 SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
 MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
 DILARANG MENGAMBIL, MENGGADOPSI, MENGGANDHKAN TANPA  
 IZIN TERTULIS.



DETAIL TULANGAN AS "D-E"-"5-6"



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

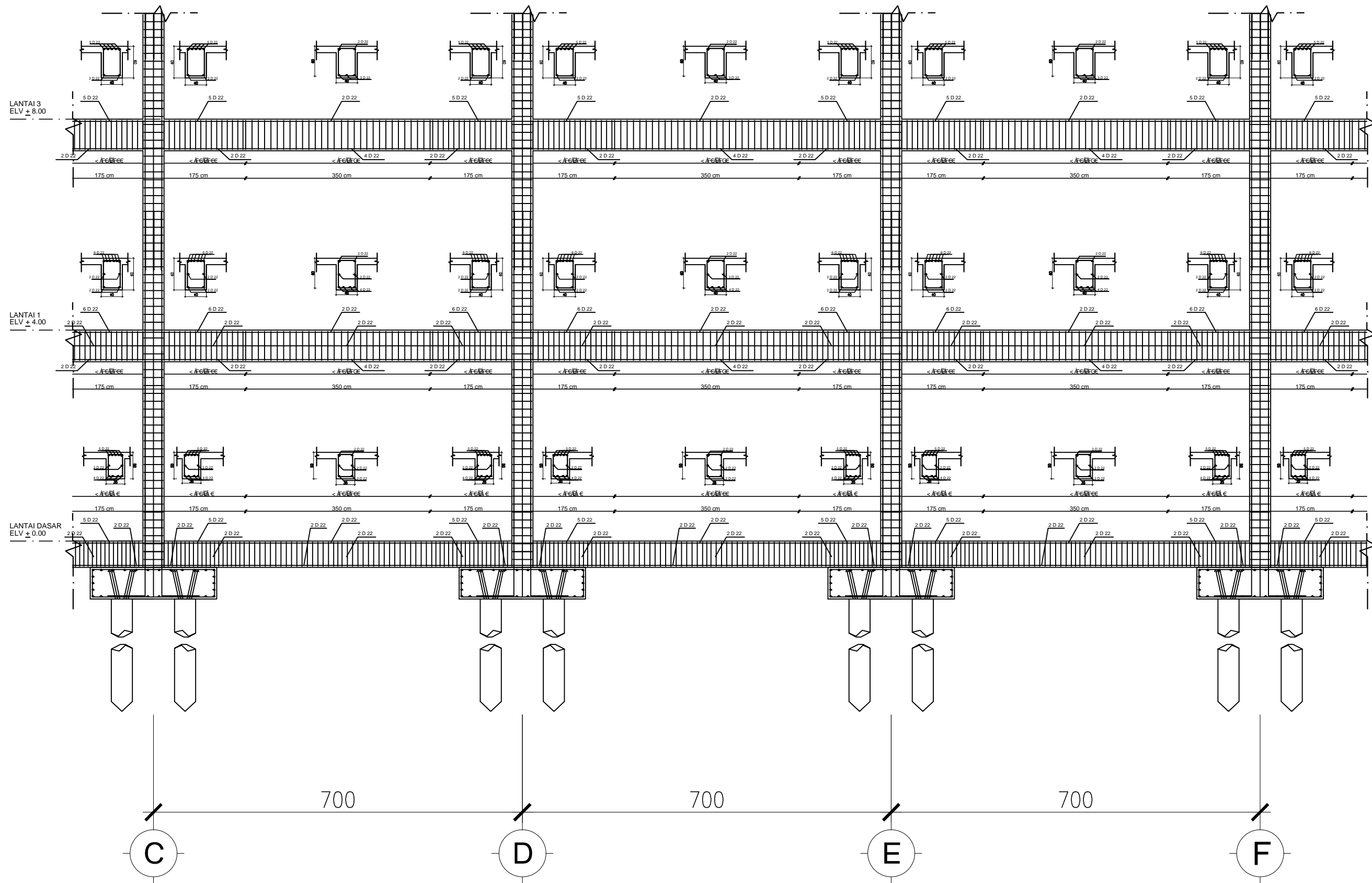
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PORTAL MEMANJANG AS E-F	1:75

KODE	NO. LBR
STR	30

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



PORTAL MEMANJANG AS C-F  
1:75





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
NIP. **195605201989032001**

MAHASISWA

BAGUS RIFAU 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

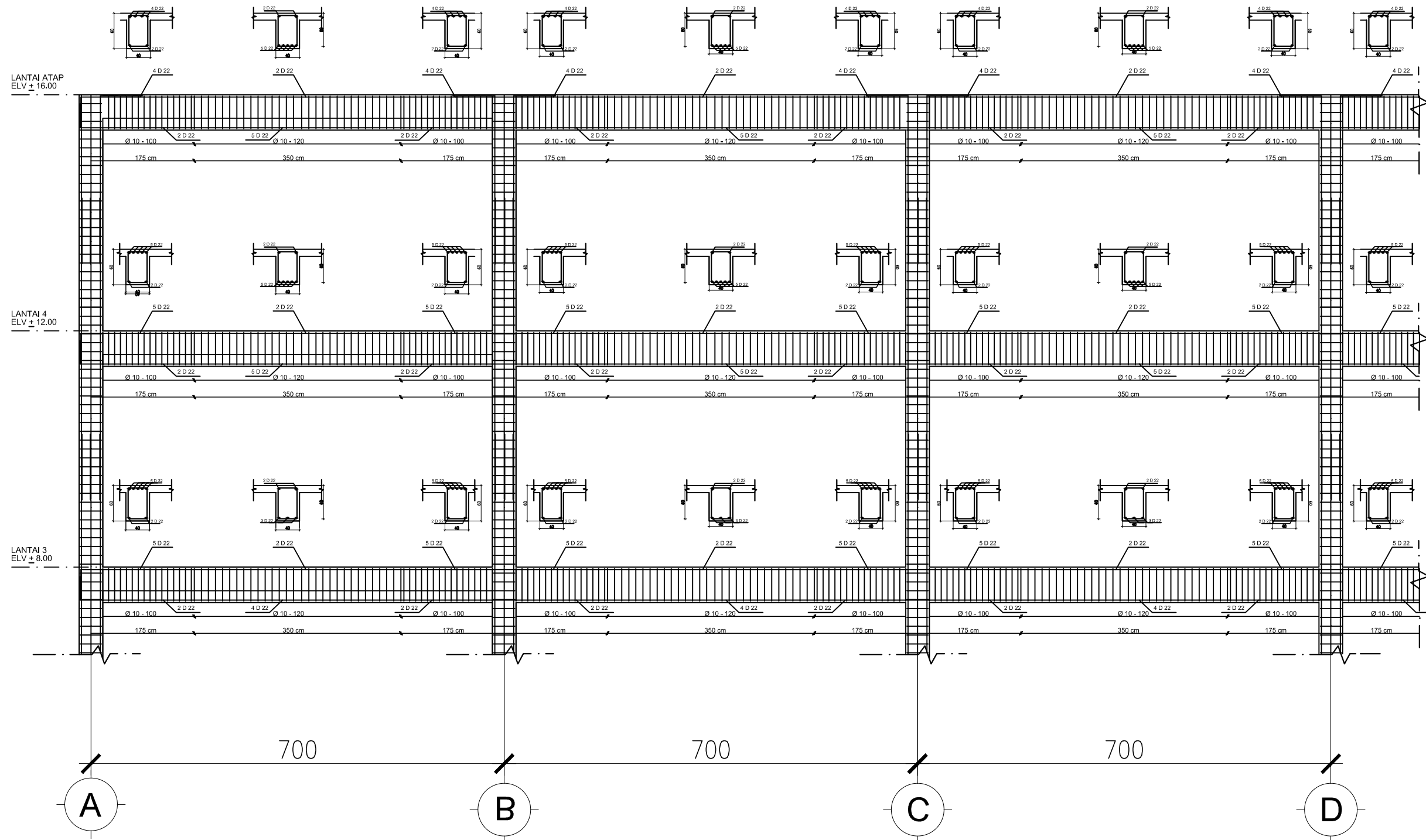
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PORTAL MEMANJANG AS A-D	1:75
KODE	NO. LBR
STR	32

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPS, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DINAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

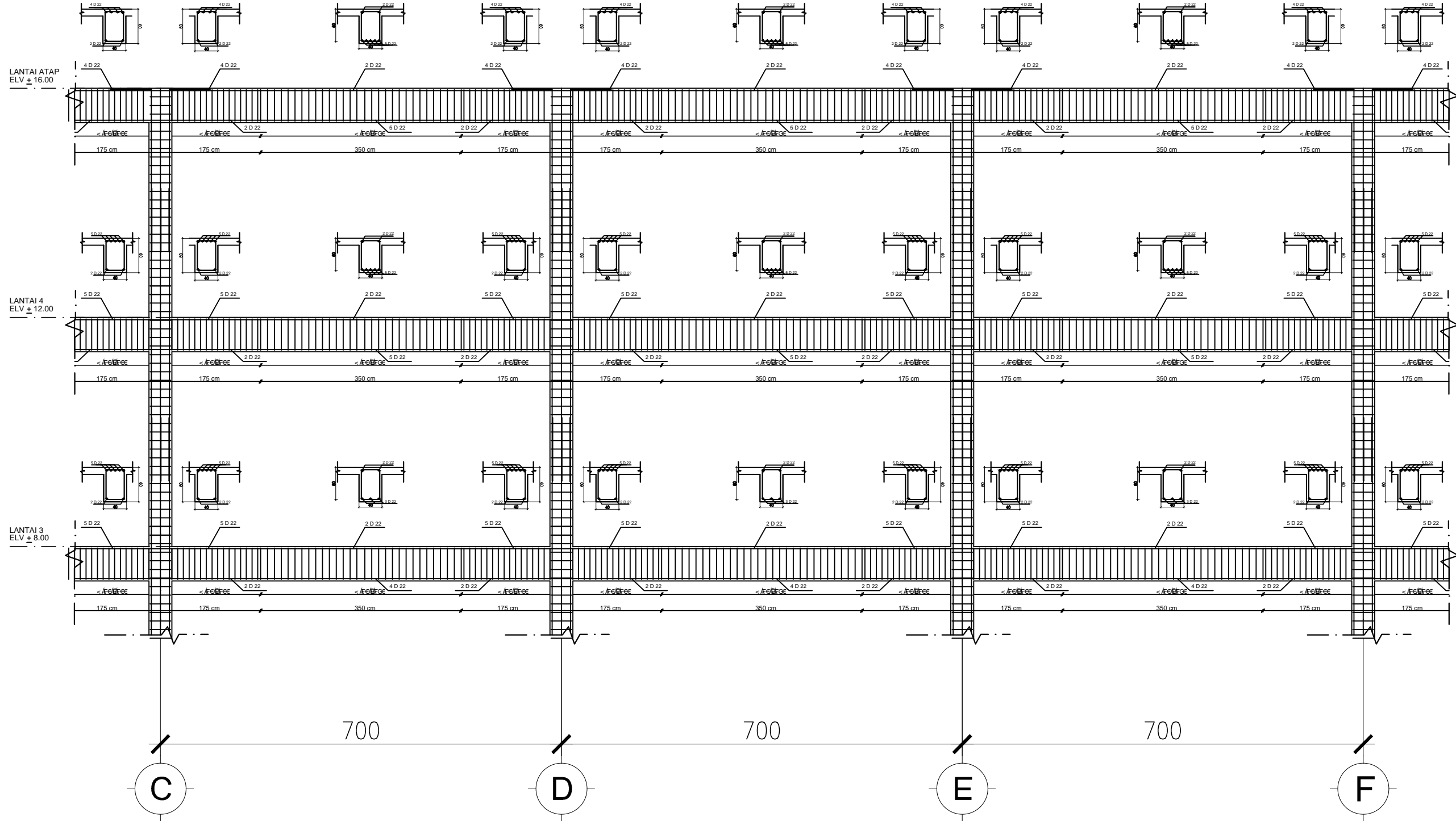
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PORTAL MEMANJANG AS E-F	1:75

KODE	NO. LBR
STR	33

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



PORTAL MEMANJANG AS C-F  
1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 SURABAYA  
 2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
 (RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DINAS  
 IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
 PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
 Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
 NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAU 3114030093  
 AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

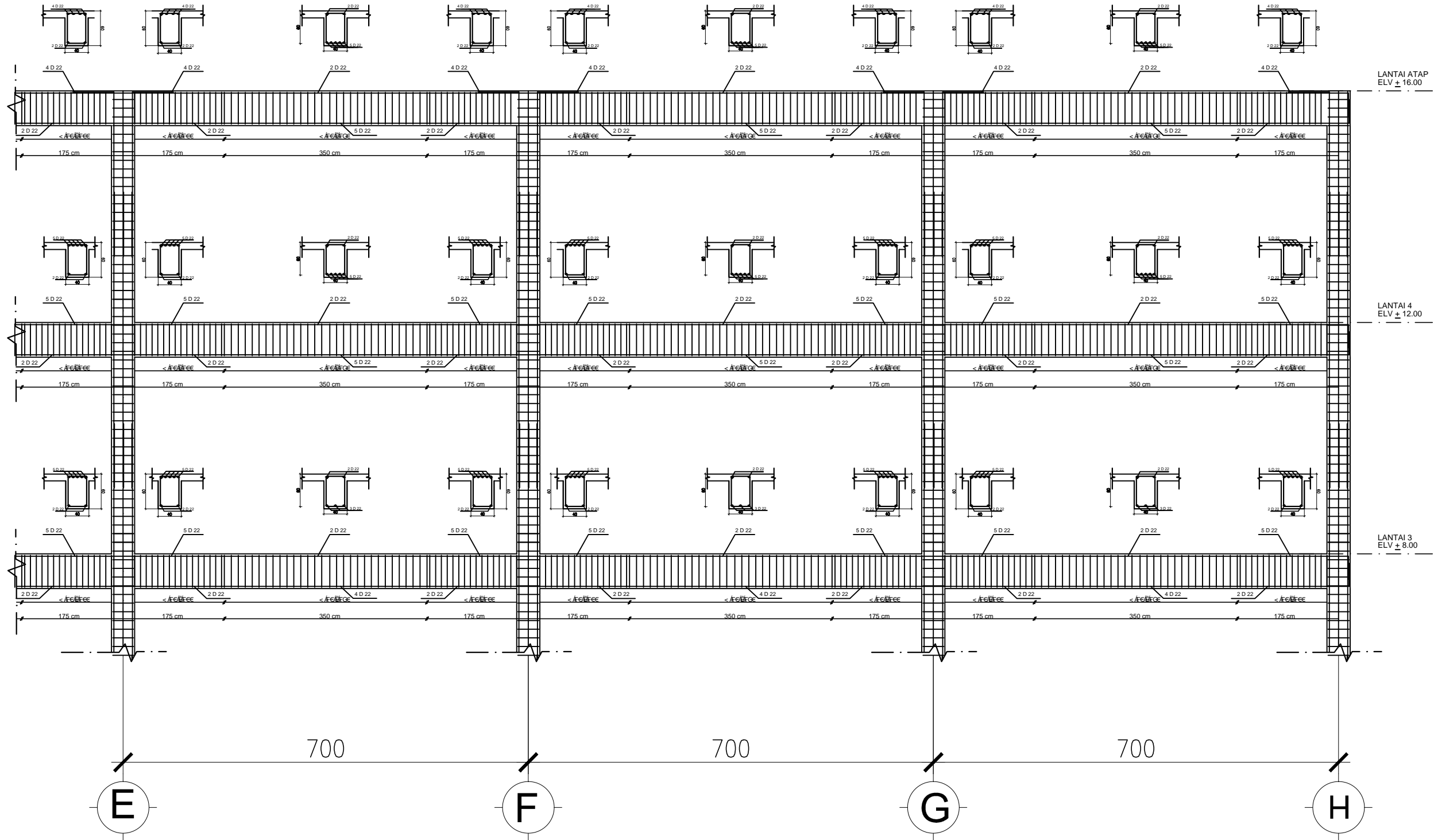
GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR SKALA  
 PORTAL MEMANJANG AS E-H 1:75

KODE NO. LBR

STR 34

HAK CIPTA :  
 SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
 MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
 DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
 IZIN TERTULIS.



PORTAL MEMANJANG AS E-H  
 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMILIK MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

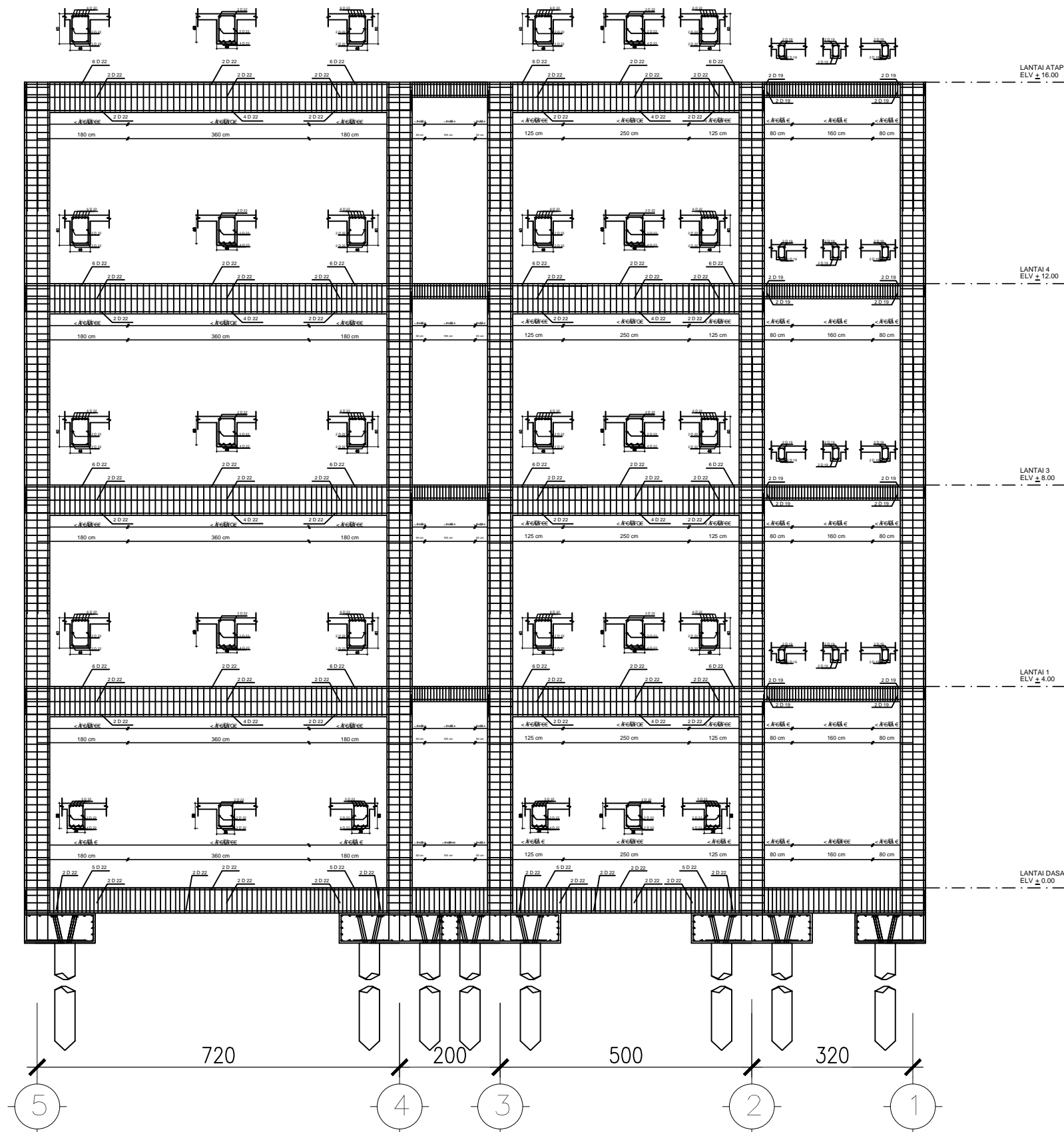
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PORTAL MELINTANG AS 1-5	1:100

KODE	NO. LBR
STR	35

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



**PORTAL MELINTANG AS 1-5**  
1:100









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAU 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

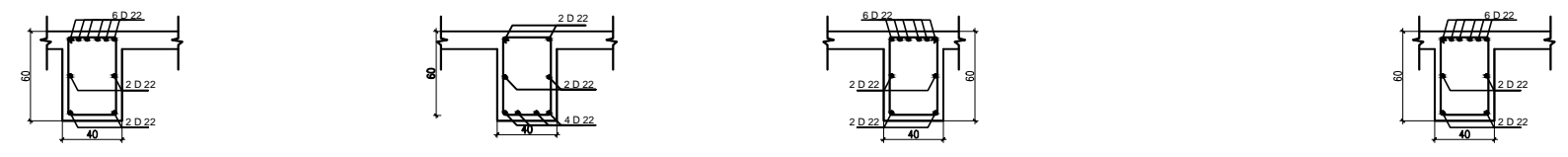
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PORTAL MELINTANG AS 3-5	1:50

KODE	NO. LBR
STR	38

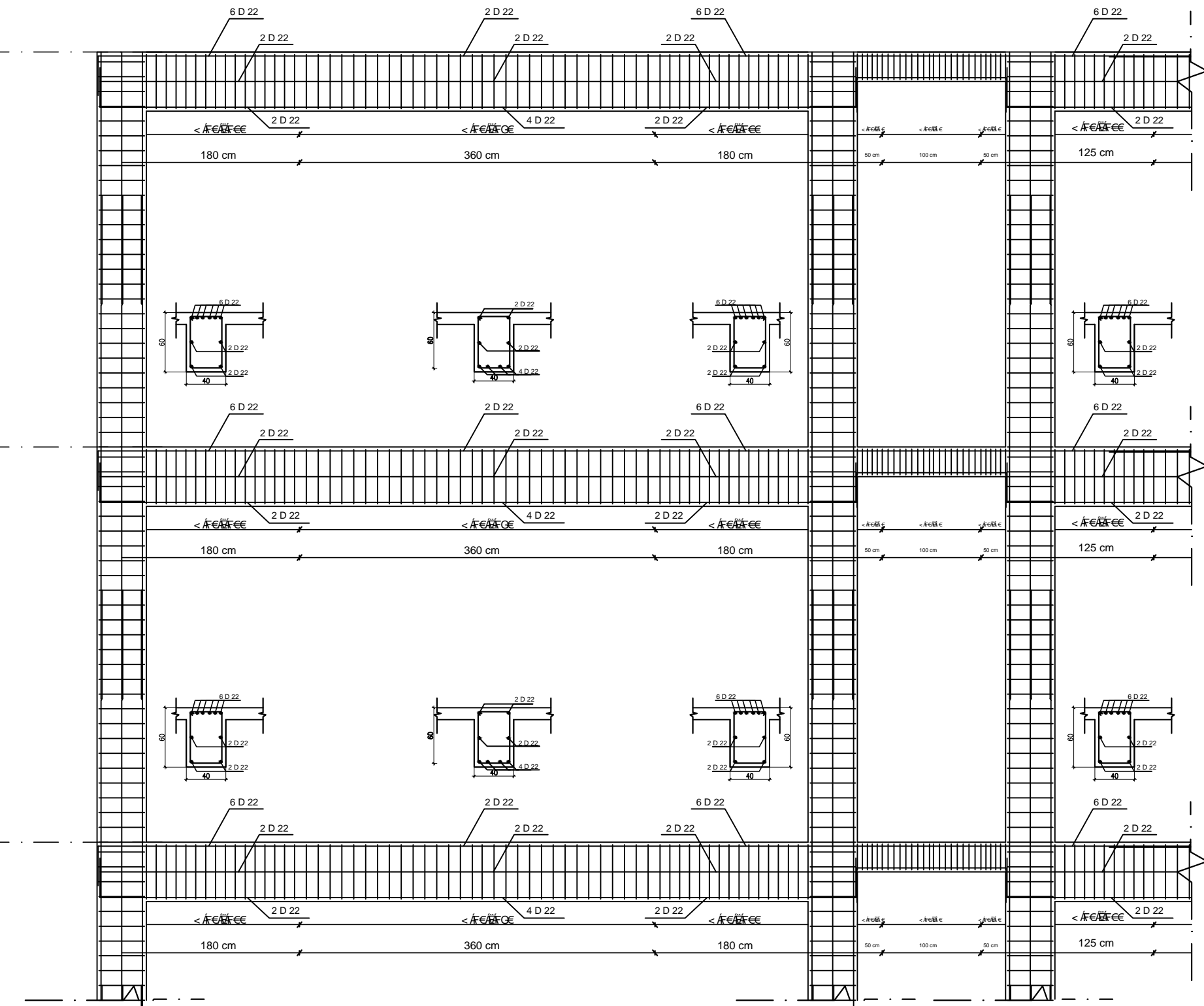
HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.



LANTAI ATAP  
ELV ± 16.00

LANTAI 4  
ELV ± 12.00

LANTAI 3  
ELV ± 8.00







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMILIK MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil Jl. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRIE SUBEKTI, MT  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAU 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL SAMBUNGAN  
BALOK & KOLOM

1:20

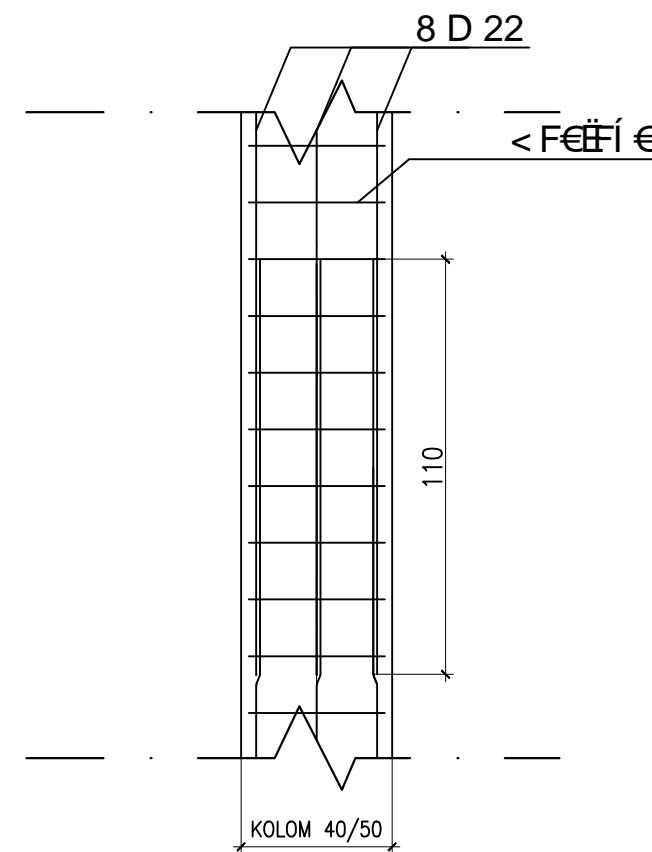
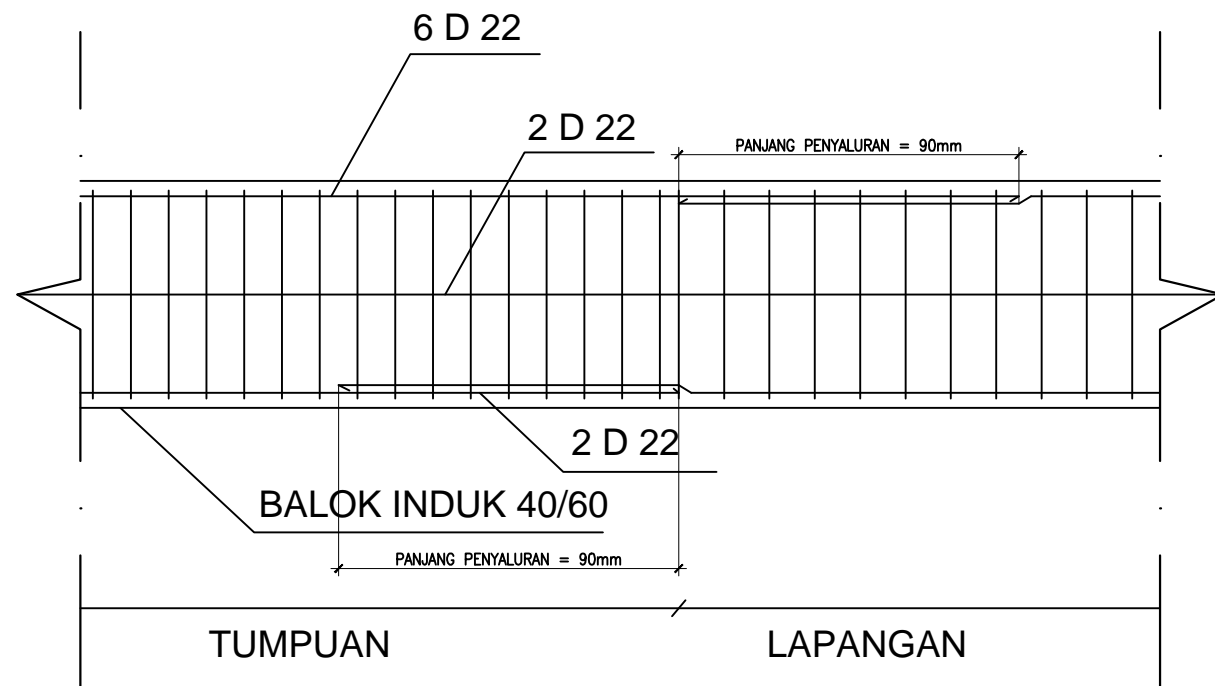
KODE

NO. LBR

STR

40

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.





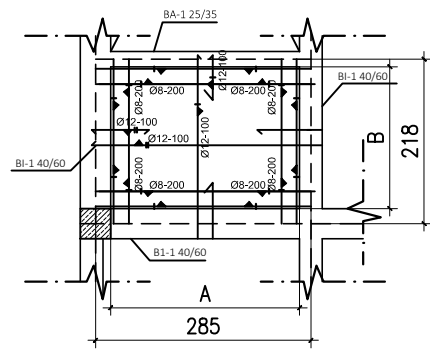


NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

JUDUL GAMBAR	SKALA
PERHITUNGAN VOLUME TULANGAN PLAT LANTAI 2	1:100

KODE	NO. LBR
STR	42

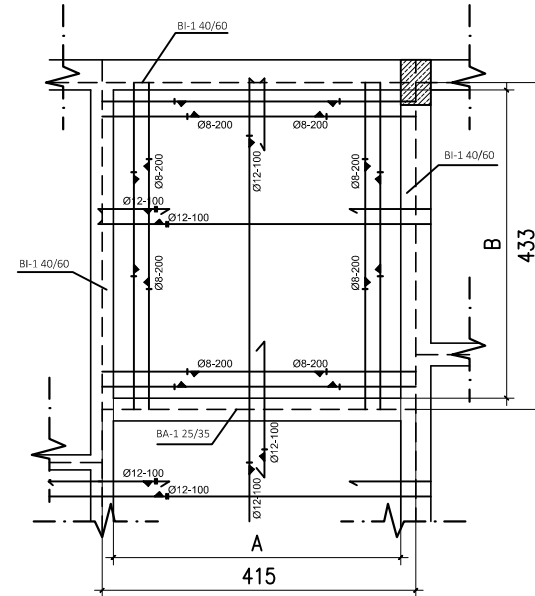
TIPE PLAT = P1



Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
285	218	178	252,5	2		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	0,78	54	42,30	37,55
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,11	38	42,22	37,48
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,18	54	117,72	104,51
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,85	38	108,30	96,15
Tulangan Susut						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,18	8	17,44	6,88
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,85	6	17,10	6,75

\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

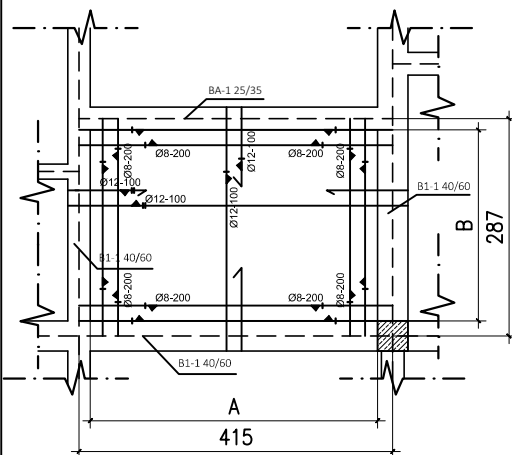
TIPE PLAT = P2



Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
415	433	401	375	2		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,76	78	68,73	61,02
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,65	84	69,30	61,53
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,33	78	337,74	208,23
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,15	84	348,60	214,92
Tulangan Susut						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,33	12	51,96	20,50
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,15	12	49,80	19,65

\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

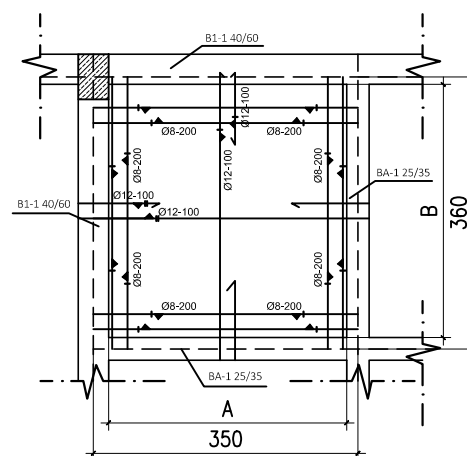
TIPE PLAT = P3



Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
415	287	255	375	2		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,12	78	87,34	77,55
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,65	54	89,10	79,10
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,87	78	223,86	198,75
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,15	54	224,10	198,96
Tulangan Susut						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	2,87	12	34,44	13,59
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	4,15	8	33,20	13,10

\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

TIPE PLAT = P4

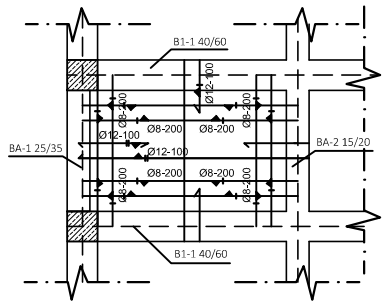


Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
350	360	327,5	317,5	20		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	1,44	660	951,06	844,36
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	140	680	949,96	843,39
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	3,60	660	2376	2109,45
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	3,50	680	2380	2113,00
Tulangan Susut						
Arah	<math>\angle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	3,60	100	360	142,05
x	<math>\angle</math>	<math>FC</math>	3,50	100	350	135,10

\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

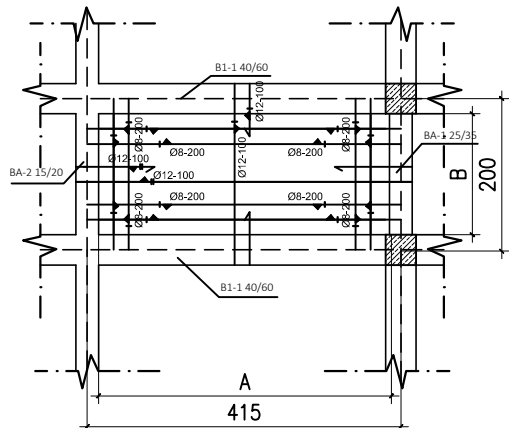


TIPE PLAT = P5						
Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
285	200	160	267,5	2		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	0,70	56	39,42	35,00
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	1,18	34	40,02	35,53
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,00	56	112	99,44
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,85	34	96,90	86,03
Tulangan Susut						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,00	8	16	6,31
x	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,85	6	17,1	6,75



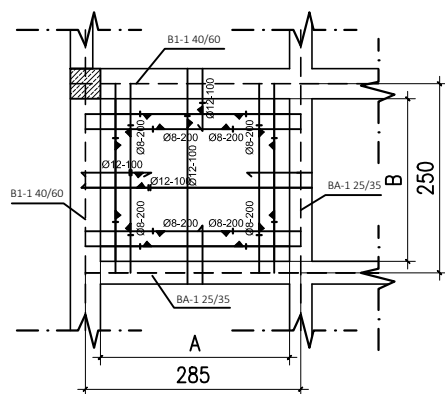
\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

TIPE PLAT = P6						
Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
415	200	397,5	160	2		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	0,70	82	28,86	25,63
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	1,75	34	29,73	26,40
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,00	82	164	101,11
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	4,15	34	141,10	86,99
Tulangan Susut						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,00	12	24	9,47
x	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	4,15	6	24,9	9,83



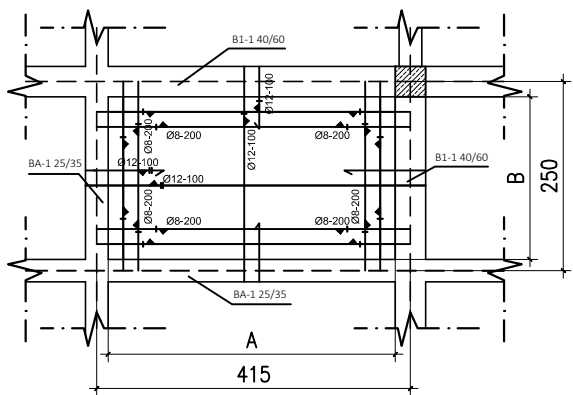
\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

TIPE PLAT = P7						
Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
285	250	252,5	217,5	4		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	0,96	108	103,36	91,76
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	1,11	92	102,21	90,75
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,50	108	270	239,71
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,85	92	262,2	232,78
Tulangan Susut						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,50	16	40	15,78
x	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,85	16	45,6	17,99



\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)

TIPE PLAT = P8						
Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah		
Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)			
415	250	382,5	217,5	4		
Tulangan Atas						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	0,96	160	153,12	135,94
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	1,68	92	154,84	137,47
Tulangan Bawah						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,50	160	400	355,13
x	<math>\langle F \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	4,15	92	381,8	338,97
Tulangan Susut						
Arah	<math>\langle A \rangle</math>	D	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	2,50	24	60	23,68
x	<math>\langle I \rangle</math>	<math>\langle E \rangle</math>	4,15	16	66,40	26,20



\*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)



TIPE PLAT = P9						
	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah	
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)		
	285	320	267,5	280	2	
	Tulangan Atas					
	Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,23	56	68,99	61,25	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,18	58	68,27	60,61	
Tulangan Bawah						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,20	56	179,20	159,10	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,85	58	165,30	146,76	
Tulangan Susut						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,20	8	25,60	10,10	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,85	10	28,50	11,25	
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)						

TIPE PLAT = P10						
	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah	
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)		
	415	320	397,5	280	2	
	Tulangan Atas					
	Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,23	82	50,51	44,85	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,75	58	50,72	45,03	
Tulangan Bawah						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,20	82	262,4	161,78	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	4,15	58	240,7	148,40	
Tulangan Susut						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,20	12	38,40	15,15	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	4,15	10	41,50	16,38	
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)						

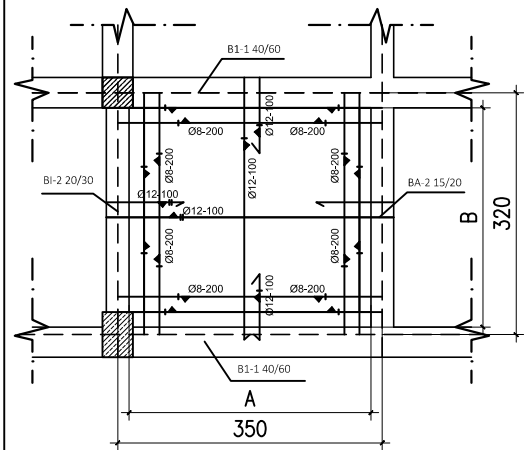
TIPE PLAT = P11						
	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah	
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)		
	350	200	332,5	1,6	10	
	Tulangan Atas					
	Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	0,7	350	246,40	218,76	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,46	170	248,71	220,81	
Tulangan Bawah						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,00	350	700	621,47	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,50	170	595	528,25	
Tulangan Susut						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,00	50	100	39,46	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,50	30	105	41,43	
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)						

TIPE PLAT = P12						
	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah	
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)		
	350	250	317,5	217,5	16	
	Tulangan Atas					
	Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	0,96	528	505,30	448,61	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	1,40	368	514,10	456,42	
Tulangan Bawah						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,50	528	1320	1171,91	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,50	368	1228	1143,50	
Tulangan Susut						
Arah	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)	
y	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	2,50	80	200	78,92	
x	$\langle \frac{A}{L} \rangle \{ D \}$	3,50	64	204	88,39	
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)						



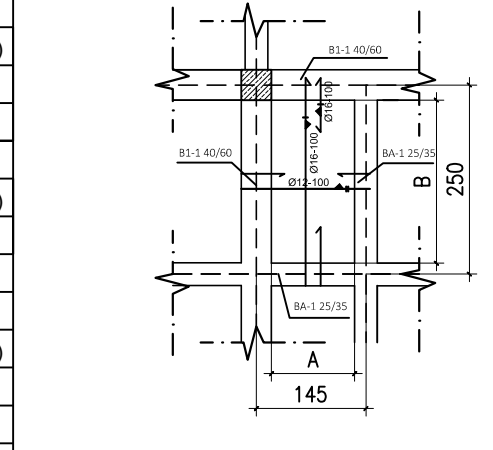
TIPE PLAT = P13

	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)	
	350	320	332,5	280	8
Tulangan Atas					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{0,96}{3,20} \rangle$	1,23	280	344,96	306,26
x	$\langle \frac{1,46}{3,50} \rangle$	1,46	232	339,42	301,34
Tulangan Bawah					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{3,20}{3,20} \rangle$	3,20	280	896,00	795,48
x	$\langle \frac{3,50}{3,50} \rangle$	3,50	232	812,00	720,91
Tulangan Susut					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{1,23}{3,20} \rangle$	3,20	40	128,00	50,51
x	$\langle \frac{1,46}{3,50} \rangle$	3,50	40	140,00	55,24
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)					



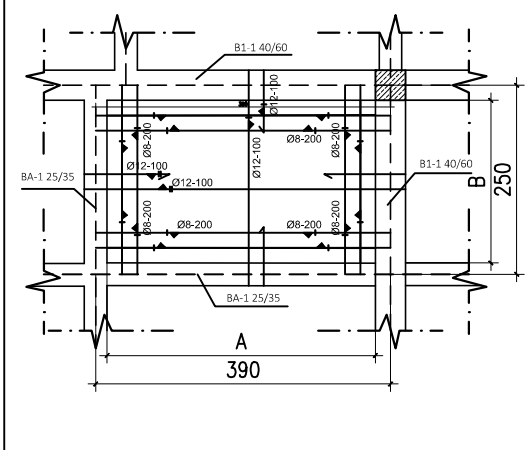
TIPE PLAT = P14

	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)	
	145	250	112,5	217,5	2
Tulangan Atas					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{0,96}{2,50} \rangle$	0,96	26	12,44	11,05
x	$\langle \frac{1,50}{2,50} \rangle$	1,50	46	11,39	10,11
Tulangan Bawah					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{2,50}{2,50} \rangle$	2,50	26	65,00	40,07
x	$\langle \frac{1,45}{2,50} \rangle$	1,45	46	66,70	41,12
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)					



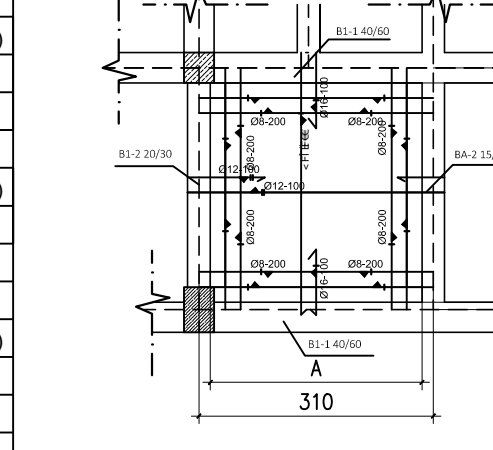
TIPE PLAT = P15

	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)	
	390	250	357,5	217,5	2
Tulangan Atas					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{0,96}{2,50} \rangle$	0,96	74	70,82	62,87
x	$\langle \frac{1,57}{2,50} \rangle$	1,57	46	72,36	64,24
Tulangan Bawah					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{2,50}{2,50} \rangle$	2,50	74	185,00	164,25
x	$\langle \frac{3,90}{3,90} \rangle$	3,90	46	179,40	159,27
Tulangan Susut					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{0,96}{2,50} \rangle$	2,50	10	25,00	9,86
x	$\langle \frac{1,57}{3,90} \rangle$	3,90	8	31,20	12,31
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)					



TIPE PLAT = P16

	Panjang (cm)		Ln (cm)		Jumlah
	Lx	Ly	Lx (A)	Ly (B)	
	310	320	292,5	280	1
Tulangan Atas					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{1,23}{3,20} \rangle$	1,23	31	38,19	33,91
x	$\langle \frac{1,29}{3,20} \rangle$	1,29	29	37,32	33,14
Tulangan Bawah					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{3,20}{3,20} \rangle$	3,20	31	99,20	88,07
x	$\langle \frac{3,10}{3,20} \rangle$	3,10	29	89,90	79,81
Tulangan Susut					
Arah	$\langle \frac{A}{D} \rangle$	Panjang (m)	Jumlah Tul.	Tot. Panjang (m)	Berat Tot. (kg)
y	$\langle \frac{1,23}{3,20} \rangle$	3,20	5	16,00	6,31
x	$\langle \frac{1,29}{3,20} \rangle$	3,10	5	15,50	6,12
*Ln = Bentang Bersih = Panjang - (0.5xb1) - (0.5xb2)					









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
SURABAYA  
2017

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
(RC 145501)

JUDUL PROYEK

PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG DIKNAS  
IV LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMILIK MOMEN MENENGAH DAN METODE  
PELAKSANAAN PELAT

LOKASI

Komplek Perkantoran Raci – Bangil JI. Raci Km 9,  
Bangil – Pasuruan.

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. SRIE SUBEKTI, MT**  
NIP. 195605201989032001

MAHASISWA

BAGUS RIFAUL 3114030093  
AFHAS YASER RAMADHAN 3114030165

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG DINAS PENDIDIKAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN BALOK & SLOOF	1:100

KODE	NO. LBR
STR	47

HAK CIPTA :  
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK  
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.  
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPS, MENGGADAKAN TANPA  
IZIN TERTULIS.

BALOK BI.1 (40/60) - LANTAI 2		BALOK BI.2 (20/30) - TIPIKAL		BALOK BA.1 (25/35) - 2-4 TIPIKAL	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Dimensi : 400 X 600	Dimensi : 400 X 600	Dimensi : 200 x 300	Dimensi : 200 x 300	Dimensi : 250 x 350	Dimensi : 250 x 350
(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm
Tulangan Atas : 6 D 22	Tulangan Atas : 2 D 22	Tulangan Atas : 2 D 19	Tulangan Atas : 2 D 19	Tulangan Atas : 3 D 19	Tulangan Atas : 2 D 19
Tulangan Tengah : 2 D 22	Tulangan Tengah : 2 D 22	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -
Tulangan Bawah : 2 D 22	Tulangan Bawah : 4 D 22	Tulangan Bawah : 2 D 19	Tulangan Bawah : 2 D 19	Tulangan Bawah : 2 D 19	Tulangan Bawah : 2 D 19
Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6

BALOK BA.2 (15/20) - TIPIKAL		BALOK BI.1 (40/60) - LANTAI 3		BALOK BI.1 (40/60) - LANTAI 4	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Dimensi : 150 X 200	Dimensi : 150 X 200	Dimensi : 400 X 600	Dimensi : 400 X 600	Dimensi : 400 X 600	Dimensi : 400 X 600
(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm	(Decking) : 40.00 mm
Tulangan Atas : 2 D 12	Tulangan Atas : 2 D 12	Tulangan Atas : 5 D 22	Tulangan Atas : 2 D 22	Tulangan Atas : 5 D 22	Tulangan Atas : 2 D 22
Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -	Tulangan Tengah : -
Tulangan Bawah : 2 D 12	Tulangan Bawah : 2 D 12	Tulangan Bawah : 2 D 22	Tulangan Bawah : 3 D 22	Tulangan Bawah : 2 D 22	Tulangan Bawah : 5 D 22
Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6	Beugel : <math>\phi</math> 6

