



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG BERNOFARM PHARMACCEUTICAL COMPANY DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NAMA MAHASISWA

LUTFHI FARID KHURNIANTO

NRP. 10111500000082

ZAHAM AKBARILLAH

NRP. 10111500000086

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS

NIP. 19590209 198603 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
BERNOFARM PHARMACCEUTICAL COMPANY
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

NAMA MAHASISWA

LUTFHI FARID KHURNIANTO

NRP. 10111500000082

ZAHAM AKBARILLAH

NRP. 10111500000086

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS

NIP. 19590209 198603 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

APPLIED FINAL PROJECT - RC145501

**STRUCTURE REDESIGN OF BERNOFRAM
PHARMACEUTICAL COMPANY BUILDING
USING INTERMEDIATE MOMENTS FRAME
SYSTEM METHOD**

NAMA MAHASISWA

LUTFHI FARID KHURNIANTO

NRP. 10111500000082

ZAHAM AKBARILLAH

NRP. 10111500000086

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS

NIP. 19590209 198603 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

Infrastructure Civil Engineering Departement

Vocation Faculty

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR TERAPAN**

**“Perencanaan Ulang Struktur Gedung Bernofarm
Pharmaceutical Company Dengan Sistem Rangka Pemikul
Momen Menengah (SRPMM)”**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Ahli Madya Teknik
pada
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2018

Disusun Oleh :

MAHASISWA I



Lutfhi Farid Khurnianto
NRP. 10111500000082

MAHASISWA II



Zaham Akbarillah
NRP. 10111500000086

Disetujui Oleh :

DOSEN PEMBIMBING

01 AUG 2018



Dr. Ir. Dicky Imam Wahjudi, Ms
NIP. 19590209 198603 1 002



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. Luthfi Farid Khurnianto

2. Zham. Akbariah

NRP : 1 1011150000000382

2 1011150000000336

Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Iwan Wahyudi, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	3, Maret 2018	1. Penambahan Gambar Respon Spektrum (Hasil perhitungan SD, SDs) 2. Di Gambar Prelim diperbaiki Notasi Ukuran 3. Perencanaan gambar tangga, Jika jumlah mlakan melahki dari Peraturan:		B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
2.	29, Maret 2018	1. Gambar diperbesar agar bisa terbaca ukuran (Kolom, Plat & balok) 2. Permedaan dilakukan Open Framed 3. Pelajari konstruksi lift untuk mencari kapasitas. 4. Grempa dilakukan Respon Spektrum.		B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
3.	13, April 2018	1. Gambar Respon spektrum hanya Sempar skala 0-4 2. Konstruksi lift (cari Profil nuang Lift) 3. Untuk Penambahan Pelat dimasukkan Kan Ke SAP dengan Trapezium & Segitiga 4. Pada perhitungan Pelat Jika Pmn > P		B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>

maka digunakan Pmn.

Ket. :

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



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

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

Tanggal : 10 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Ulang Struktur Gedung Bernofarm Pharmaceutical Company Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)		
Nama Mahasiswa	Lutfhi Farid Khurrianto	NRP	101111500000082
Nama Mahasiswa	Zaham Akbariah	NRP	101111500000086
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 195902091986031002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI		Dosen Penguji
1. Koreksi pada gambar \cong NO : 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 28, 31, 34, 40, 41, 42		
		Ir. Sukobar, MT NIP 195712011986011002
		Dr. Ir. Dicky IW, MS NIP 195902091986031002
1. Koreksi perhitungan hany pampang akibat reaksi \cong momen pada ujung bawah kolom		
2. Koreksi pada perhitungan koreksi tumpuan \rightarrow perhitungan momen/delayan gambar		
		Ir. Murnarus Suluch, MS NIP 195504081982031003
		NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
Ir. Sukobar, MT NIP 195712011986011002	Dr. Ir. Dicky IW, MS NIP 195902091986031002	Ir. Murnarus Suluch, MS NIP 195504081982031003	NIP -
Dosen Pembimbing 1		Dosen Pembimbing 2	
		-	
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 195902091986031002		NIP -	

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan
Buku Laporan Tugas Akhir Terapan

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
BERNOFARM PHARMACEUTICAL COMPANY
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

Mahasiswa I : Lutfhi Farid Khurnianto
NRP : 10111500000082

Mahasiswa II : Zaham Akbarillah
NRP : 10111500000086

Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Program studi : Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil
Fakultas : Vokasi

Dosen Pembimbing : Dr.Ir.Dicky Imam Wahjudi,Ms
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRAK

Gedung Bernofarm Pharmaceutical Company berada di Jalan Gatot Subroto No 68 Banjarkemantren Km.18, Sidoarjo. Berdasarkan Hasil Standart Penetration Test (SPT) diketahui bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kelas situs tanah sedang dan termasuk dalam kategori desain seismik C sehingga perencanaan struktur dapat menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), yakni sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, dimana komponen struktur dan joint menahan gaya melalui lentur, geser dan gaya aksial. Sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur dengan salah satu syarat memiliki nilai kategori desain seismik minimal C. .

Perhitungan perencanaan struktur meliputi : struktur atas (sekunder dan utama) dan struktur bawah (sloof, poer dan pondasi) dengan menggunakan metode perhitungan SRPMM, sehingga struktur bangunan diharapkan mampu membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki dan membatasi ketidaknyamanan penghuni ketika terjadi gempa.

Pedoman yang dipakai dalam analisa perencanaan struktur bangunan ini menggunakan SNI 03-2847-2013 untuk perhitungan struktural, SNI 1727 - 2013 dan PPIUG 1983 untuk perhitungan pembebanan gedung, SNI 03-1726-2012 untuk Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Indonesia. Analisa perhitungan untuk keduanya dilakukan dengan alat bantu program SAP 2000 dan PCACOL. Beban gempa pada struktur dihitung dengan menggunakan metode analisa respons spectrum dinamis yang didefinisikan sebagai beban massa pada joint-joint dari struktur (joint mass).

Hasil yang diperoleh daam penulisan Tugas Akhir Terapan (TAT) ini adalah meliputi ketentuan permodelan struktur dengan menggunakan sistem SRPMM, analisa gaya gaya pada struktur bangunan, kebutuhan penulangan serta gambar-gambar perencanaan struktur. Pada gambar akan dihasilkan gambar rencana denah struktur, gambar penulangan serta gambar detail yang meliputi gambar panjang penyaluran, panjang penjangkaran dan panjang kait-kait.

Kata kunci: SRPMM, Struktur Atas, Stuktur bawah, Perhitungan Struktur, Respon Spektrum

**STRUCTURE REDESIGN OF BERNOFRAM
PHARMACEUTICAL COMPANY BUILDING USING
INTERMEDIATE MOMENTS FRAME SYSTEM
METHOD**

Mahasiswa I : Lutfhi Farid Khurnianto
NRP : 1011150000082

Mahasiswa II : Zaham Akbarillah
NRP : 1011150000086

Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Program studi : Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas : Vokasi

Dosen Pembimbing : Dr.Ir.Dicky Imam Wahjudi,Ms
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRACT

Bernofram Pharmaceutical Company was build at Gatot Subroto street No 68 Banjarkematren Km18, sidoarjo. Based on Standard Penetration Test (SPT) result, known that it build on intermediate hard soil KDS C with the result that the structure calculation using Intermdiate Moment Frame System Method (IMF), that is a structural system basically has a complete gravity load-carrying frame, where the structural and joint components retain flexural, shear and axial forces. While the lateral load caused by the earthquake is borne by the moment-carrying frame through the flexural mechanism with one of the requirements to have the value of the seismic design category minimum C

The calculation of structural planning includes: upper structure (roof, secondary and primary), and lower structure (Tie

Beam, Pile Cap, and Foundation) using IMF calculation method the results that the building structure be expected to limit the damage of buildings due to mild until medium earthquakes, and limit the discomfort of residents when an earthquake occur.

The guidelines used in this structural building planning analysis use SNI 03-2847-2013 for structural calculations, SNI 1727 - 2013 and PPIUG 1983 for building load calculation, SNI 03-1726-2012 for Indonesian Earthquake Defense Planning Standard. the modeling and analysis using program SAP 2000 v 12.0.2 and PCACOL. Earthquake loads on structure are calculated using dynamic spectrum response analysis methods that are defined as mass loads on joints of a structure (joint mass).

The results obtained in this final assignment applied (TAT) include the provision of structural modeling using IMF system, forces analysis on building structure, reinforcement requirement and structural planning drawings. In the drawings will be generated drawings of structural skecth plans, reinforcement images and detailed images that include long drawing images, length of anchoring and the length of the hooks.

Keywords: IMF, Top Structure, Bottom Structure Planning Analysis, Spectrum Respons

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa memberikan segala Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Gedung Bernofarm Pharmaceutical Company Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)” ini dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai persyaratan kelulusan untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil ITS.

Selama menyusun Tugas Akhir Terapan ini hingga selesai, yang pastinya tak lepas dari bantuan semua pihak yang membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan yang baik ini, perkenankan kami mengucapkan ucapan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Bapak Dr.Ir.Maschsus Fawzi, MT; selaku Koordinator Program Studi Diploma III Teknik Infrastrukut Sipil,Fakultas Vokasi, ITS
2. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahjudi,MS; selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan yang membantu mendidik dan mengarahkan, sehingga Tugas Akhir Terapan ini dapat terselesaikan.
3. Orang tua /wali kami, saudara-saudara kami tercinta yang senantiasa memberikan dorongan, semangat serta doa, sehingga kami dapat behasil menuntaskan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Rekan- rekan satu kelompok bimbingan yang saling membantu satu sama lain, sehingga terdapat ruang diskusi permasalahan – permasalahan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, sehingga dapat terselesaikan.
5. Sandi Waskita, Novi Virda Damayanti, Sealvia Dian Puspitasari, Anton Agus Setiawan, Dwi Elmi Mufidah

yang tanpa bantuannya tidak akan terselesaikan Tugas Akhir ini bahkan tidak akan terbuat.

6. Teman-teman terdekat yang tidak bisa di sebutkan satu-persatu, terimakasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini.

Semoga semua amal orang-orang yang telah membantu kami diterima oleh Tuhan Yang Maha Esa sebagai ibadah. Amien. Kami berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan khususnya pada diri kami sendiri.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini jauh dari sempurna. Maka dari itu, kami senantiasa mengharapakan saran dan kritik yang semoga dapat menyempurnakan Tugas Akhir Terapan kami ini.

Surabaya, 29 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kriteria Menentukan SRPMM	5
2.2 Pembebanan	8
2.3 Perencanaan Struktur SRPMM	14
 BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Preliminari Desain Beton	20
3.2 Analisa Pembebanan Struktur	29
3.3 Permodelan Struktur.....	30
3.4 Analisa Gaya Dalam.....	30
3.5 Perhitungan Penulangan Struktur Beton	31
3.6 Cek Persyaratan Elemen Struktur Beton	35

3.7 Daftar Rincian Gambar	36
BAB 4 PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR	
4.1 Data Bangunan	39
4.2 Preliminari Desain.....	43
4.3 Penentuan Sistem Rangka Pemikul Momen	78
4.4 Pembebanan	86
BAB 5 PENULANGAN STRUKTUR	
5.1 Perhitungan Struktur Pelat	107
5.2 Perhitungan Struktur Tangga dan Bordes	144
5.3 Perhitungan Struktur Balok.....	160
5.4 Perhitungan Struktur Kolom	304
5.5 Perhitungan Pondasi.....	372
5.6 Kebutuhan Volume Pembesian (Bestat).....	395
BAB 6 KESIMPULAN dan SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	417
6.2 Saran.....	419
DAFTAR PUSTAKA.....	421

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart perencanaan struktur gedung	20
Gambar 3. 2 Mekanisme daya dukung tiang	22
Gambar 3. 3 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	23
Gambar 3. 4 Cara menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan pendukung	23
Gambar 3. 5 Arah bentang pelat	25
Gambar 3. 6 Flowchart perhitungan pelat	32
Gambar 3. 7 Flowchart perhitungan balok	33
Gambar 3. 8 Flowchart perhitungan kolom.....	34
Gambar 3. 9 Flowchart perhitungan pondasi.....	35
Gambar 4. 1 Tampak samping.....	40
Gambar 4. 2 Tampak depan.....	41
Gambar 4. 3 Denah Lt. 1	42
Gambar 4. 4 Balok induk memanjang Lt. 2 yang ditinjau.....	43
Gambar 4. 5 Denah balok induk memanjang	45
Gambar 4. 6 Balok induk melintang Lt.2 yang ditinjau	46
Gambar 4. 7 Denah Balok Induk melintang	48
Gambar 4. 8 Balok anak yang ditinjau	49
Gambar 4. 9 Denah Balok Anak.....	51
Gambar 4. 10 Kolom K1 yang ditinjau	52
Gambar 4. 11 Kolom K2 yang ditinjau	54
Gambar 4. 12 Pelat tipe 1 yang ditinjau	55
Gambar 4. 13 Denah pelat tipe 1	62
Gambar 4. 14 Pelat lantai 2 yang ditinjau.....	63
Gambar 4. 15 Denah pelat tipe 2	65
Gambar 4. 16 Kantilever yang ditinjau	66
Gambar 4. 17 Sketsa tangga utama tinggi 6 m	67
Gambar 4. 18 Sketsa tangga utama tinggi 4 m	69
Gambar 4. 19 Sketsa tangga utama tinggi 4,5 m	71
Gambar 4. 20 Sketsa tangga darurat 6 m.....	73
Gambar 4. 21 Sketsa tangga darurat tinggi 4 m.....	75

Gambar 4. 22 Sketsa tangga darurat tinggi 4,5 m.....	77
Gambar 4. 23 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-target.....	82
Gambar 4. 24 Sketsa lift	92
Gambar 4. 25 Denah balok lift	93
Gambar 4. 26 Grafik output respon spektrum	98
Gambar 4. 27 Permodelan 3D open frame	102
Gambar 4. 28 Permodelan tampak depan	103
Gambar 4. 29 Permodelan tampak belakang	103
Gambar 4. 30 Permodelan tampak samping	104
Gambar 5. 1 Pelat tipe 1 yang ditinjau	107
Gambar 5. 2 Penulangan pelat tipe 1	118
Gambar 5. 3 Pelat tipe 2 yang ditinjau	119
Gambar 5. 4 Penulangan pelat tipe 2.....	129
Gambar 5. 5 Pelat kantilever yang ditinjau	130
Gambar 5. 6 Penulangan Kantilever.....	140
Gambar 5. 7 Denah kolom yang ditinjau.....	305
Gambar 5. 8 Denah kolom yang ditinjau.....	338
Gambar 5. 9 Denah Pondasi Tiang Pancang	372
Gambar 5. 10 Data NSPT sampai kedalaman 30 meter	377
Gambar 5. 11 Denah tiang pancang.....	380
Gambar 5. 12 Gaya yang bekerja pada Pondasi Tiang Pancang.....	380
Gambar 5. 13 Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang	383
Gambar 5. 14 Bidang kritis akibat pons dari tiang pancang ke pile cap	388
Gambar 5. 15 Gaya yang bekerja pada Pile Cap	390
Gambar 5. 16 Detail Penulangan dan potongan Pile cap.....	395

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi situs	6
Tabel 2.2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....	7
Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik	8
Tabel 2.4 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	9
Tabel 2.5 Kategori resiko	11
Tabel 2.6 Faktor keutamaan gempa.....	11
Tabel 2.7 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	12
Tabel 3. 1 Intensitas gaya geser dinding tiang.....	24
Tabel 3.2 Tebal minimum konstruksi satu arah h_{min}	26
Tabel 3.3 Tebal minimum konstruksi dua arah h_{min}	27
Tabel 3.4 Tebal minimum konstruksi satu arah h_{min}	28
Tabel 4. 1 Data ketebalan tanah dan nilai SPT	79
Tabel 4. 2 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	81
Tabel 4. 3 Koefisien situs, F_a	83
Tabel 4. 4 Koefisien situs, F_v	83
Tabel 4. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek.....	85
Tabel 4. 6 Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar	85
Tabel 4. 7 Prosedur analisis yang boleh dilakukan.....	86
Tabel 4. 8 Faktor Keutamaan Bangunan	97
Tabel 5. 1 Penulangan struktur pelat	141
Tabel 5. 2 Perhitungan struktur lentur balok	295
Tabel 5. 3 Perhitungan Struktur Geser Balok.....	300
Tabel 5. 4 Brosur tiang pancang.....	373
Tabel 5. 5 aya-gaya Terfaktor output SAP 2000 v 14.2	379
Tabel 5. 6 Perhitungan struktur pondasi	396

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR NOTASI

A_{tp}	= Luas penampang tiang pancang (mm ²)
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luasan tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm ²)
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
bo	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maximum pada pondasi (mm)
bw	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm) ke garis netral (mm)
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 prategangan (mm)
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
e	= Eksentrisitas gaya terhadap sumbu (mm)
E	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
E_s	= Modulus elastisitas baja tulangan (MPa)
EI	= Kekuatan lentur komponen struktur tekan
f	= Lendutan yang diijinkan (mm)
f_c'	= Kekuatan tekan beton (MPa)
f_y	= Kuat leleh baja yang disyaratkan (MPa)
h	= Tebal atau tinggi total komponen struktur (mm)
I	= Momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor (mm ⁴)
I_x	= Momen inersia terhadap sumbu x (mm ⁴)
I_y	= Momen inersia terhadap sumbu y (mm ⁴)
K	= Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

L	= Panjang bentang balok (mm)
l_b	= Panjang penyaluran (mm)
l_x	= Ukuran bentang terkecil pelat (mm)
l_y	= Ukuran bentang terbesar pelat (mm)
M_u	= Momen terfaktor (N-mm)
M_n	= Momen nominal (N-mm)
M_{tx}	= Momen tumpuan arah sumbu x (N-mm)
M_{ty}	= Momen tumpuan arah sumbu y (N-mm)
M_{lx}	= Momen lapangan arah sumbu x (N-mm)
M_{ly}	= Momen lapangan arah sumbu y (N-mm)
S	= Jarak sengkang (mm)
S_{max}	= Jarak maksimum sengkang yang diijinkan (mm)
T_u	= Momen torsi terfaktor pada penampang (N-mm)
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)
V_n	= Kuat geser nominal (N)
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor pada suatu penampang (N)
x	= Dimensi pendek dari bagian berbentuk persegi dari penampang (mm)
y	= Dimensi panjang dari bagian berbentuk persegi dari penampang (mm)
α	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur suatu pelat dengan lebar yang dibatasi dalam arah lateral oleh sumbu dari panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi dari balok
α_m	= Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
ρ_b	= Rasio tulangan tarik non pratekan
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ρ'	= Rasio tulangan tekan pada penampang bertulangan ganda
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan

- σ = Tegangan yang terjadi pada suatu penampang (kg/cm²)
- τ = Tegangan geser yang diijinkan (kg/cm²)
- τ_0 = Tegangan geser pada suatu penampang (kg/cm²)
- δ_b = Faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung- ujung komponen struktur tekan
- ε = Regangan (mm)
- ε_c = Regangan dalam beton (mm)
- ε_{cu} = Regangan beton maksimum di mana terjadi keretakan (mm).

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, dimana komponen struktur dan joint menahan gaya melalui lentur, geser dan gaya aksial. Sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3 yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

Pada kurikulum yang terdapat pada Program Studi Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Batasan pembahasan untuk Tugas Akhir Terapan terbagi menurut jenjang kuliah yang ditempuh. Pada Program Studi Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil, pembahasan permasalahan pada desain dan perhitungan struktur dibatasi dengan SRPMM, Program Studi Diploma IV pembahasan permasalahan pada desain dan perhitungan struktur dibatasi dengan SRPMK.

Pada penulisan Tugas Akhir Terapan ini, digunakan perencanaan desain dan perhitungan struktur bangunan gedung 6 lantai, gedung *Bernofarm Pharmaceutical Company*. Gedung ini difungsikan sebagai bangunan industri farmasi yang berlokasi di Buduran, Sidoarjo. Sesuai SNI 1726:2012 bangunan industri dengan kategori resiko II dapat dirancang dengan SRPMM, namun kondisi tanah pada lokasi tersebut tidak mendukung untuk perencanaan desain dan perhitungan struktur dengan SRPMM. Oleh karena itu diperlukan kondisi tanah yang mendukung untuk perencanaan desain dan perhitungan struktur dengan SRPMM yakni dengan kondisi tanah yang memiliki Kategori Desain Seismik minimal C.

Atas dasar permasalahan diatas, penulisan Tugas Akhir Terapan ini akan dibahas dengan judul “Perencanaan ulang

Struktur Gedung Bernofarm Pharmaceutical Company Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”. SRPMM adalah sistem struktur dengan daktilitas menengah yang terdiri dari balok dan kolom yang disambung menggunakan sistem sambungan kaku (*rigid*) atau sambungan yang menahan momen. Perencanaan struktur ini mengacu pada peraturan SNI mengenai tatacara perencanaan gedung menggunakan beton bertulang (SNI-2847:2013). Untuk memenuhi kebutuhan perencanaan gedung tahan gempa, dalam perencanaan struktur pada Tugas Akhir ini juga mengacu pada peraturan (SNI-1726:2012) tentang tatacara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung dan non-gedung. Sedangkan untuk pembebanan gedung, peraturan yang dipakai adalah (SNI1727:2013) tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan non-gedung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang bisa diambil adalah :

1. Apakah Bangunan Industri Bernofarm Pharmaceutical Company di Buduran Sidoarjo dapat dirancang dengan SRPMM?
2. Bagaimana merencanakan struktur gedung industri farmasi tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)?
3. Bagaimana menggambar hasil penulangan perencanaan struktur yang telah dianalisa?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, permasalahan dibatasi pada lingkup perencanaan struktur saja. Agar tidak terjadi perLuasan pembahasan, maka di dalam Tugas Akhir ini diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah yang mendukung untuk perencanaan desain dan perhitungan struktur dengan SRPMM.

2. Perhitungan struktur yang ditinjau adalah pada 2 portal yang telah ditentukan yakni 2 portal memanjang dan 2 portal melintang.
3. Perhitungan struktur meliputi perhitungan struktur bawah sampai struktur atas.
4. Perencanaan gedung ini hanya memperhitungkan segi struktural tanpa memperhitungkan segi arsitektural dan anggaran biaya.

1.4 Tujuan

Perencanaan struktur gedung industri farmasi 6 lantai di Buduran, Sidoarjo dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh desain perencanaan struktur gedung bertingkat yang tahan terhadap gempa dan efisien.
2. Mengambarkan hasil perencanaan struktur kedalam gambar perencanaan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir Terapan ini bagi penulis adalah menambah kemampuan mengenai ilmu struktur terutama dalam merencanakan gedung tahan gempa dan efisien mulai dari proses desain awal, analisa pembebanan sampai desain beton bertulang. Bagi pembaca, Tugas Akhir ini juga bisa digunakan sebagai referensi dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa yang efisien sesuai kebutuhan.

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem penahan gaya gempa merupakan bagian struktur yang didesain untuk menahan gaya gempa rencana yang disyaratkan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal menggunakan ketentuan yang sesuai dan kombinasi beban. Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, dimana komponen struktur dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial. Dalam perencanaan bangunan gedung tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standart Nasional Indonesia tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (tiga) kelas yaitu:

1. Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)
2. Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)
3. Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

2.1 Kriteria Menentukan SRPMM

2.1.1 Penentuan klasifikasi situs

Dijelaskan pada SNI 1726-2012 pasal 5.1 mengenai prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3 dan pasal 5.3 SNI 1726-2012, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah dilapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam tabel 3 SNI 1726-2012. Dalam hal ini,

kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian yang menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi geotekniknya. Penetapan kelas situs *SA* dan kelas situs *SB* tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit pondasi dan permukaan batuan dasar.

Tabel 2.1 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
<i>SA</i> (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<i>SE</i> (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air $w > 40\%$, 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti 		

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
analisis repons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)			mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah <ul style="list-style-type: none"> - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

2.1.2 Penentuan Kategori Desain Seismik

Nilai respon spektrum dapat diketahui melalui perhitungan data tanah lapangan. Berdasarkan cara tersebut akan didapatkan data respons spektra percepatan pada periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}). Hal ini akan menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Tabel 6 dan 7 sesuai SNI 1726-2012. Untuk pengecekan nilai yang didapat dapat digunakan aplikasi pada website *puskim.go.id*. Kecuali untuk nilai S_1 lebih kecil dari 0,75 maka penentuan KDS hanya berdasarkan Tabel 6. Selain itu jenis pemanfaatan bangunan juga menentukan KDS perencanaan sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726-2012.

Tabel 2.2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau III	II atau 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 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada peridooa 1 detik

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

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

2.2 Pembebanan

2.2.1 Pembebanan Gempa

Dalam menentukan pembebanan gempa, pada SNI 1726:2012 tentang tata cara ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung sudah diatur mengenai langkah – langkah menentukan besaran beban gempa yang terjadi yakni sebagai berikut:

1. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}).

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

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek 0,2 detik

2. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}).

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.2)$$

Keterangan:

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

3. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik.

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

4. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2.4)$$

5. Kemudian menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan. *SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1*

$$T = C_t \times h_n^x \quad (2.5)$$

Keterangan:

h_n = Tinggi struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x

$C_t = 0,0466$

$x = 0,9$

Tabel 2.4 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

6. Membuat Respon Spektrum Gempa

- Untuk periode lebih kecil T_0 , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.6)$$

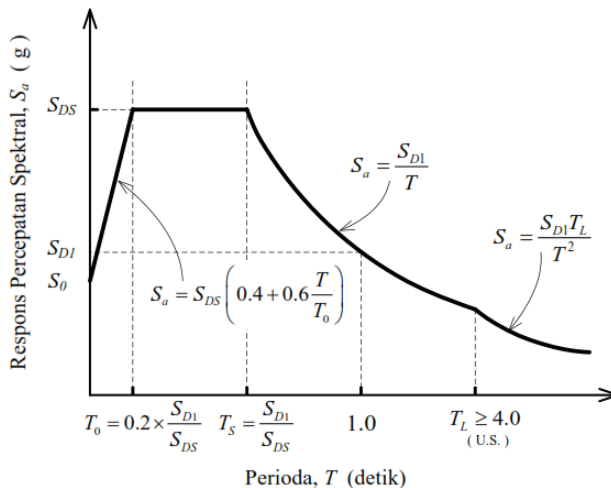
- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain:

$$S_a = S_{DS} \quad (2.7)$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.8)$$

7. Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa (I) struktur bangunan. *SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2*



Gambar 2.1 Kurva respon spektrum

Tabel 2.5 Kategori resiko

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

Tabel 2.6 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (<i>I</i>)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

8. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (*R*). *SNI 1726 – 2012 Pasal 7.2.2.*

Tabel 2.7 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, R	Faktor Kuat- lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, Cd	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

9. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s \times W \quad (2.9)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.10)$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \times W \quad (2.11)$$

Keterangan:

- C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan *SNI 1726 – 2012 pasal 7.8.1.1*
- W = berat seismik efektif menurut *SNI 1726 – 2012 Pasal 7.7.2*
- S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek seperti ditentukan dalam *SNI 1726 – 2012 pasal 6.3 atau pasal 6.9*
- R = faktor modifikasi respons dalam *tabel 2.8*
- I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan *SNI 1726 – 2012 pasal 4.1.2*

10. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F)

11. Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut: *SNI 1726 – 2012 pasal 7.8.3*

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.12)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (2.13)$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V \quad (2.14)$$

Keterangan:

C_{vx}	= faktor distribusi vertikal
V	= gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)
w_i dan w_x	= bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
h_i dan h_x	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter (m)
k	= eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut: untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k=1$. Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih, $k=2$. Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.2.2 Kombinasi Pembebanan

Sistem struktur dan komponen harus dirancang untuk memiliki kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan, simpangan lateral, getaran atau deformasi lain yang melampaui persyaratan kinerja serta fungsi bangunan gedung atau struktur lainnya. Struktur, komponen, dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

1. 1,4D

2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.3 Perencanaan Struktur SRPMM

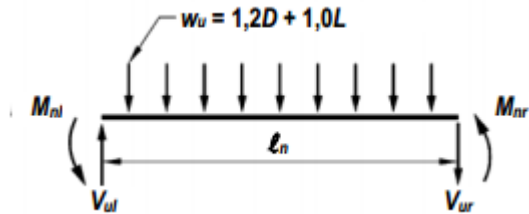
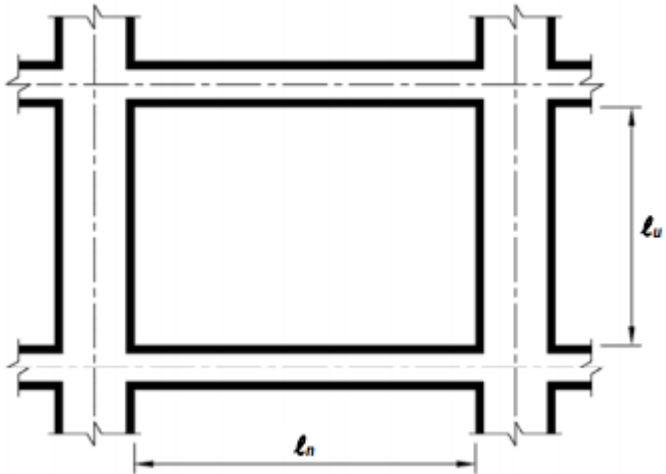
2.3.1 Perencanaan Balok

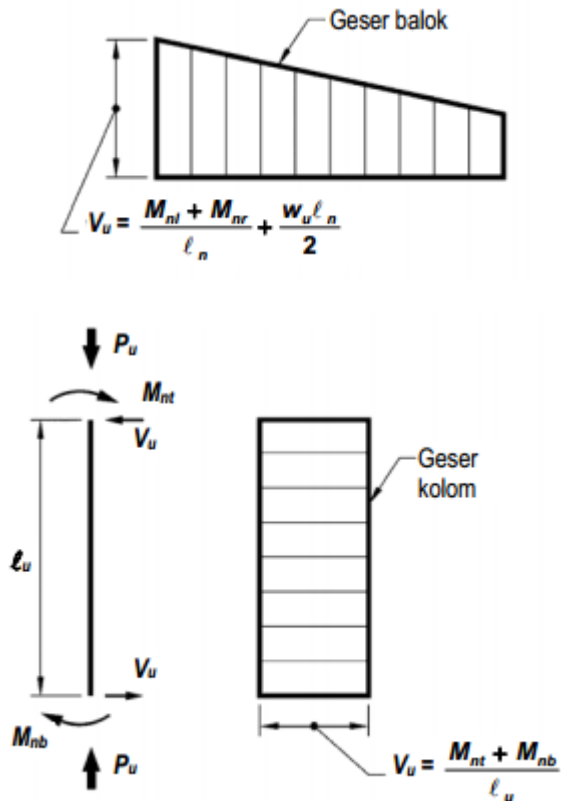
Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 perencanaan balok dengan sistem SRPMM harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya:

- Gaya tekan aksial terfaktor P_u untuk komponen struktur yang tidak melebihi $A_g \cdot F_c' / 10$
- 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
- 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 nilai yang terkecil dari:
 - a. $d/4$
 - b. delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
 - c. 24 kali diamter batng tulangan sengkang
 - d. 300 mm

- Sengkang harus dipastikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok

Berikut ilustrasi gambar desain geser pada balok dan kolom





Gambar 2. 2 Desain geser untuk rangka momen menengah

(sumber: SNI 2847-2013, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

2.3.2 Perencanaan Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3.5 perencanaan kolom dengan sistem SRPMM harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya:

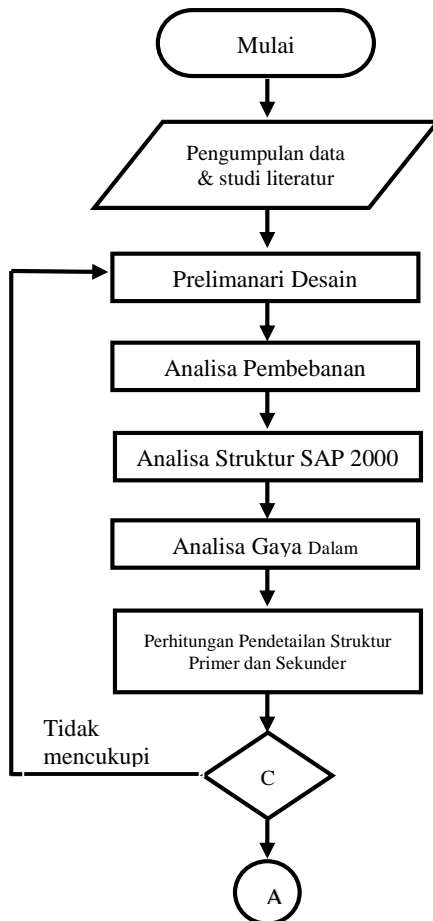
- Gaya tekan aksial terfaktor P_u lebih besar dari $A_g \cdot F_c' / 10$

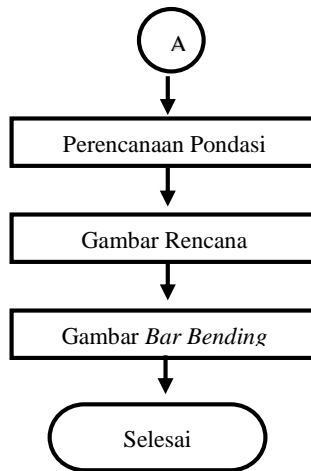
- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi s_o sepanjang panjang l_o diukur dari muka joint. Sapsai s_o tidak boleh melebihi nilai yang terkecil dari:
 - a. Delapan kali diameter batan tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
 - b. 24 kali diameter batang tulangan begel
 - c. Setengah dimensi penampang kolom terkecil
 - d. 300 mm
- Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari:
 - a. 1/6 bentang bersih kolom
 - b. Dimensi penampang maksimum kolom
 - c. 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $s_o/2$ dari muka joint

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 3 METODOLOGI

Metodologi dalam perencanaan Struktur Gedung *Bernofarm Pharmaceutical Company* dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah mengikuti bagan alur sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Flowchart perencanaan struktur gedung

3.1 Preliminari Desain Beton

3.1.1 Umum

Preliminari desain merupakan tahapan perhitungan dalam perancangan untuk merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur. Elemen struktur dapat dibedakan menjadi struktur atas dan Struktur bawah. Struktur atas sendiri terbagi dalam elemen struktur primer atau struktur utama dan struktur sekunder. Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung, ataupun tegangan akibat perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian perancangan struktur sekunder ini meliputi pelat dan tangga. Perhitungan preliminari design mengikuti peraturan SNI-03-2847-2013.

3.1.2 Perencanaan Pondasi

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit

dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. Pada tiang, umumnya gaya longitudinal (gaya tekan pemancangan maupun gaya tariknya) dan gaya orthogonal terhadap batang (gaya horizontal pada tiang tegak) dan momen lentur yang bekerja pada ujung tiang, seperti gaya luar yang bekerja pada keliling tiang selain dari kepala tiang, pondasi tiang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga daya dukung tanah pondasi, tegangan pada tiang dan pergeseran kepala tiang akan lebih kecil dari batas – batas yang diizinkan.

Pada waktu perencanaan, umumnya diperkirakan pengaturan tiangnya terlebih dahulu. Dalam hal ini, jarak minimum untuk tiang biasanya diambil 2,5 kali dari diameter tiang. Waktu menentukan susunan tiang ini dibuat seperti yang telah disebutkan diatas, agar mampu menahan beban tetap selama mungkin, hal ini juga berguna untuk mencegah berbagai kesulitan, misalnya perbedaan penurunan (*differential settlement*) yang tidak terduga.

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang, dan besarnya daya dukung yang diizinkan R_u diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_P + R_F) \quad (3.1)$$

$$R_P = q_d \cdot A$$

$$R_F = U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

Keterangan:

R_a = Daya dukung vertikal yang di ijinakan (ton)

n = Faktor keamanan

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_P = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_F = Gaya geser dinding tiang (ton)

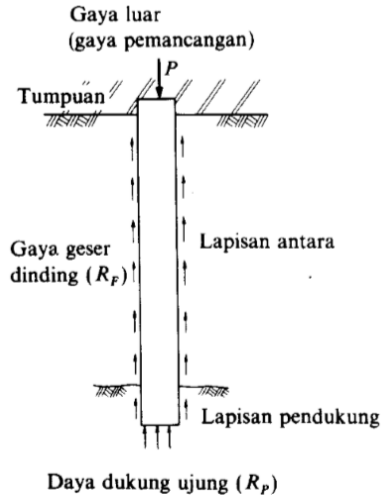
q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m²)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geser dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)



Gambar 3. 2 Mekanisme daya dukung tiang

Perkiraan satuan (unit) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N pada Gambar 3.3 . L adalah panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan diperoleh dari Gambar 3.4. D adalah diameter tiang \bar{N} adalah harga rata - rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini:

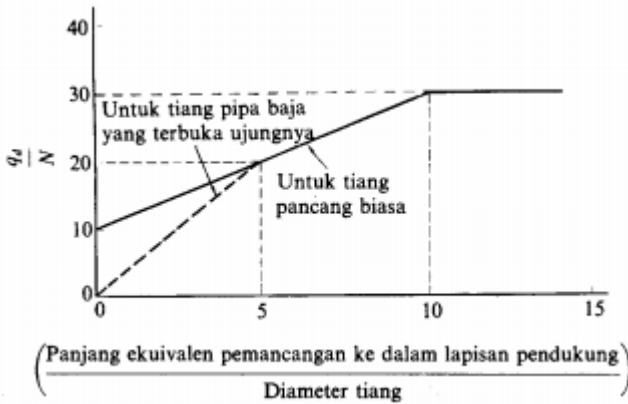
$$\bar{N} = \frac{\bar{N}_1 + \bar{N}_2}{2} \quad (3. 2)$$

Keterangan:

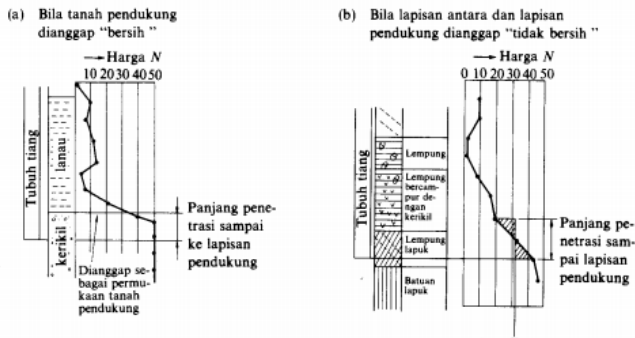
\bar{N} = Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

\bar{N}_1 = Nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman $4D$ di bawah tiang.

\bar{N}_2 = Nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman $8D$ di atas tiang.



Gambar 3. 3 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang



- (1) Harga N rencana dari tanah pondasi pada ujung tiang diperoleh dengan :

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (N \leq 40)$$

N_1 : Harga N pada ujung tiang
 N_2 : Harga rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang
- (2) Jarak dari titik di mana sebagian daerahnya sesuai dengan diagram distribusi harga N dari tanah pondasi dan garis N (bagian yang diarsir pada gambar) adalah sama untuk ujung tiang dan dianggap sebagai panjang penetrasi

(Catatan) Harga N rencana diperoleh dengan cara yang sama seperti (b)

(Keterangan) Dalam menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan pendukung, tidak hanya distribusi harga N , tetapi tekstur tanah pada log bor juga harus benar-benar dipelajari untuk memilih antara diagram (a) dan (b) di atas

Gambar 3. 4 Cara menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan pendukung

Besarnya gaya geser maksimum dinding f_i diperkirakan dari tabel 3. Sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi. C dalam tabel 3. Adalah kohesi tanah pondasi disekitar tiang dan dianggap sebesar 0,5 kali q_u (kekuatan geser unconfined/unconfined compression strenght)

Tabel 3. 1 Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan: t/m²)

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

Perencanaan pondasi tiang biasanya dilaksanakan dengan prosedur berikut ini :

1. Mula – mula, setelah dilakukan pemeriksaan tanah dibawah permukaan, penyelidikan di sekelilingnya, dan penyelidikan terhadap bangunan di sekitar letak pondasi tiang, maka diameter, jenis dan panjang tiang dapat diperkirakan . Dalam hal ini, kondisi kontruksi tiang merupakan faktor penting dalam menentukan jenis tiang serta metode pelaksanaan pemancangan. Panjang tiang dapat dengan mudah diperkirakan dari hasil penyelidikan tanah pada bor log.
2. Kemudian dihitung daya dukung (*bearing capacity*) yang diizinkan untuk satu tiang. Bagi kondisi pembebanan, daya dukung seyogyanya diperiksa untuk peristiwa biasa maupun pada waktu gempa ini tidak diperlukan. Perlu ditambahkan bahwa daya dukung (*bearing capacity*) yang diizinkan bisa didapat dengan memperhatikan arah gaya tekan atau gaya tarik tiang.
3. Bila daya dukung yang diizinkan untuk satu tiang sudah diperkirakan, maka daya dukung yang diizinkan untuk seluruh tiang harus diperiksa. Harga akhir akibat gabungan

tiang atau gaya gesekan dinding tiang merupakan daya dukung yang diizinkan untuk pondasi tiang.

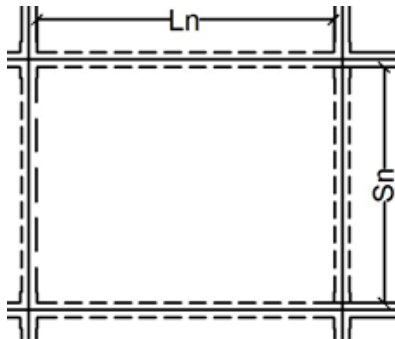
4. Berikutnya, dihitung reaksi yang didistribusikan ke setiap kepala tiang. Juga ditetapkan banyaknya tiang secara tepat.
5. Setelah beban pada kepala tiang dihitung, pembagian (*distribution*) momen lentur atau gaya geser pada tiang dalam arah vertikal dapat dicari, lalu pengecekan yang lebih mendetail pada bagian – bagian tiang dapat dilakukan.
6. Jika detail perencanaan tubuh tiang telah selesai, poer harus diperiksa berdasarkan reaksi pada kepala tiang.

3.1.3 Perencanaan Tebal Pelat

1. Menentukan tipe pelat

sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 menentukan apakah pelat termasuk tipe pelat 1 (satu) arah atau pelat 2 (dua) dimana :

- a. $\beta = \frac{l_n}{S_n} < 2$ (Termasuk Pelat Satu Arah)
- b. $\beta = \frac{l_n}{S_n} > 2$ (Termasuk Pelat dua Arah)



Gambar 3. 5 Arah bentang pelat

2. Menentukan tebal minimum

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 tebal minimum pelat 1 (satu) arah dapat direncanakan sesuai dengan tabel berikut ini :

Tabel 3.2 Tebal minimum konstruksi satu arah h_{min}

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

(sumber: SNI 2847-2013, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 tebal minimum pelat 2 (dua) arah harus direncanakan memenuhi salah satu dari yang ada dibawah ini :

1. Untuk $am \leq 0,2$, harus memenuhi tabel 9.5(c) dan tidak lebih kecil dari dibawah ini :
 - 125 mm (tanpa panel drop seperti dalam 13.2.5)
 - 100 mm (dengan panel drop seperti dalam 13.2.25)

Tabel 3.3 Tebal minimum konstruksi dua arah h_{min}

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

[†]Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
[‡]Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[§]Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§]Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(sumber: SNI 2847-2013, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

2. Untuk $0,2 \leq \alpha m \leq 2,0$, h tidak boleh kurang dari:

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3.3)$$

3. Untuk $\alpha m > 2,0$, h tidak boleh kurang dari :

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3.4)$$

4. Dengan l_n adalah panjang bentang bersih dari muka ke muka balok dan β adalah rasio panjang pendek bentang bersih. αm diperoleh melalui rata-rata dari α_f yang dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad (3.5)$$

Dimana I_b adalah momen inersia balok dikalikan suatu koefisien k yang besarnya :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \left(4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \quad (3.6)$$

3.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Preliminary design dimensi balok dapat menggunakan tabel 3.5 SNI 03-2847-2013 dibawah ini:

Tabel 3.4 Tebal minimum konstruksi satu arah h_{min}

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ / 20	ℓ / 24	ℓ / 28	ℓ / 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ / 16	ℓ / 18,5	ℓ / 21	ℓ / 8

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

(sumber: SNI 2847-2013, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

Dimana, apabila mutu tulangan (f_y) yang digunakan selain 420 MPa maka nilainya harus dikalikan $(0,4 + f_y/700)$ untuk mendapatkan ketebalan (h) balok. Sedangkan lebar (b) balok dapat menggunakan pendekatan dimana $b = \frac{2}{3} h$.

3.1.5 Perencanaan Dimensi Kolom

perencanaan Dimensi Kolom dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$(1/12 \times b \times h^3) / L_{kolom} = (1/12 \times b \times h^3) / L_{balok}$$

3.1.6 Perencanaan Tangga

Perhitungan perencanaan tebal plat tangga menggunakan pendekatan kenyamanan dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi-rol. Dimana, harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Syarat sudut kemiringan

$$25^0 \leq \alpha \leq 40^0$$
2. sudut kemiringan Tangga

$$\alpha = \text{arc tan } t/1$$
3. Jumlah tanjakan

$$nt = \text{tinggi tangga} / t$$
4. Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$
5. Tebal efektif tangga

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$1/2 \times i \times t = 1/2 (\sqrt{(i^2 + t^2)}) \times d \quad (3.7)$$

3.2 Analisa Pembebanan Struktur

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan Pada Konstruksi Atap
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat seluruh material elemen struktur atap (dak beton)
 - b. Beban Hidup
Beban pelaksana, beban air hujan dan beban angin
2. Pembebanan Pada Pelat lantai
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri pelat, spesi, keramik, plafond dan penggantung, perpipaan dan instalasi listrik.
 - b. Beban Hidup

Beban hidup di tentukan dalam peraturan SNI 1727;2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

3. Pembebanan Pada Tangga dan Bordes
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri plat Tangga/Bordes, anak tangga, spesi, railling dan keramik
 - b. Beban Hidup
Beban hidup di tentukan dalam peraturan SNI 1727;2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. Beban Gempa
Analisa beban gempa menggunakan statik ekuivalen.
5. Beban Angin.
Beban angin ditentukan dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG) 1983.

3.3 Permodelan Struktur

Pemodelan struktur dalam perencanaan bangunan gedung *bernofarm pharmaceutical* ini menggunakan program bantu analisis struktur SAP2000, dengan kriteria sebagai berikut :

1. Permodelan struktur dimodelkan sebagai sistem struktur open frame dimana dinding dan pelat tidak dimodelkan tetapi dijadikan beban pada frame.
2. Gaya gempa dimodelkan dengan metode respon spektrum dengan mass source adalah joint mass dan diinputkan kedalam tiap join permodelan struktur.

3.4 Analisa Gaya Dalam

Nilai Gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program analisis struktur. Kombinasi yang dipakai untuk pembebanan pada program analisa struktur adalah sebagai berikut :

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati
 - a. $1,4D$
 - b. $1,2D + 1,6L + 0,5W$

2. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan mati :
 - c. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R$
 - d. $0,9D + 1,0W$
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
 - e. $1,2D + 1,0L + 1,0E$
 - f. $0,9D + 1,0E$

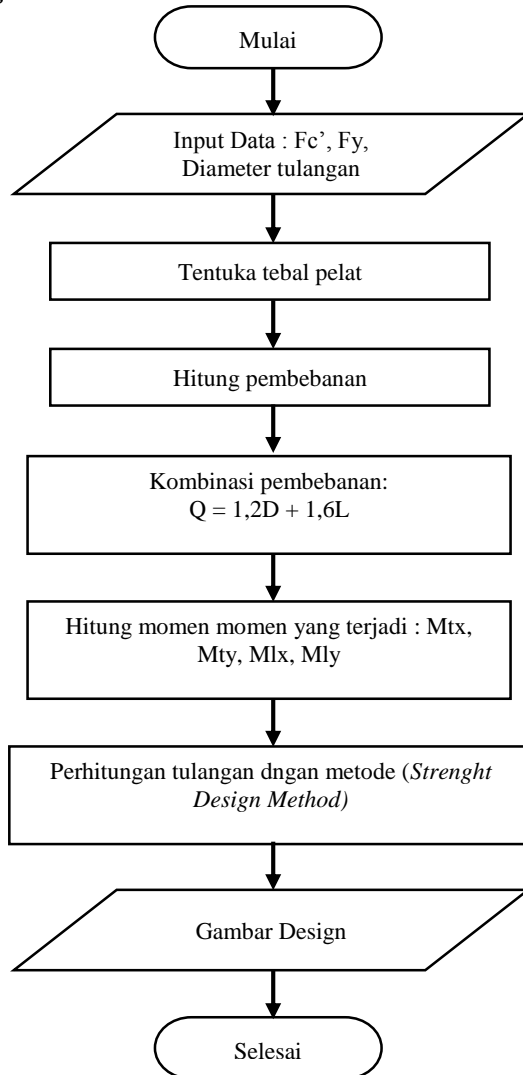
Keterangan :

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

3.5 Perhitungan Penulangan Struktur Beton

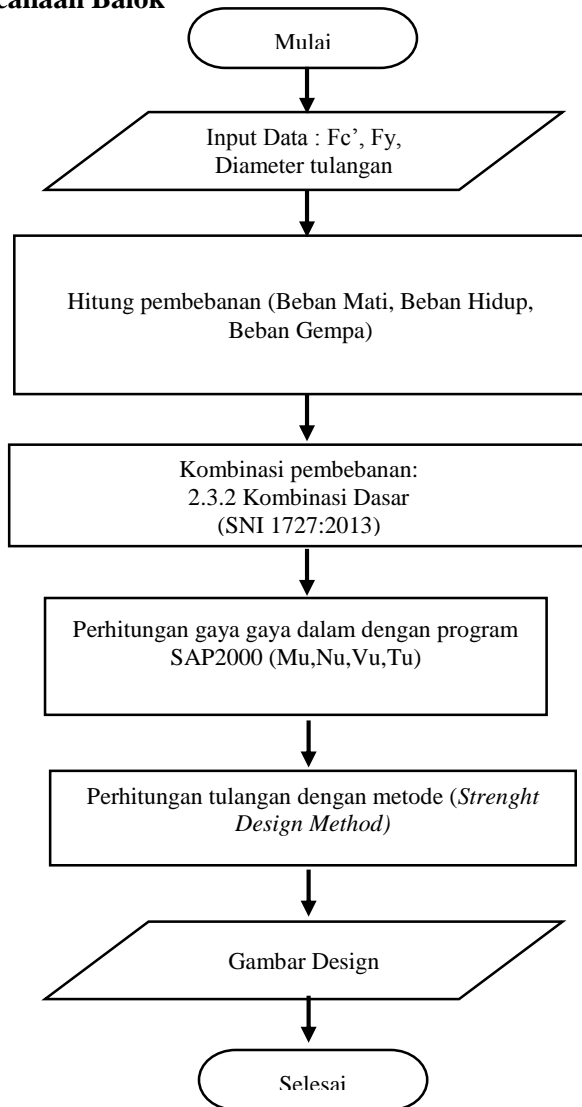
Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standart penulangan-penulangan serta menggunakan data-data yang diperoleh dari *output* program analisa struktur. Perhitungan penulangan dilakukan pada elemen struktur yakni : balok (ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4) dan kolom (ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5). Langkah perhitungannya secara garis besar dari *ouput* program analisis struktur diperoleh gaya geser, momen lentur, torsi dan gaya aksial. Perhitungan kebutuhan tulangan kontrol kemampuan dan cek persyaratan. Berikut adalah flowchart perhitungan penulangan elemen struktur beton.

Penulangan Pelat

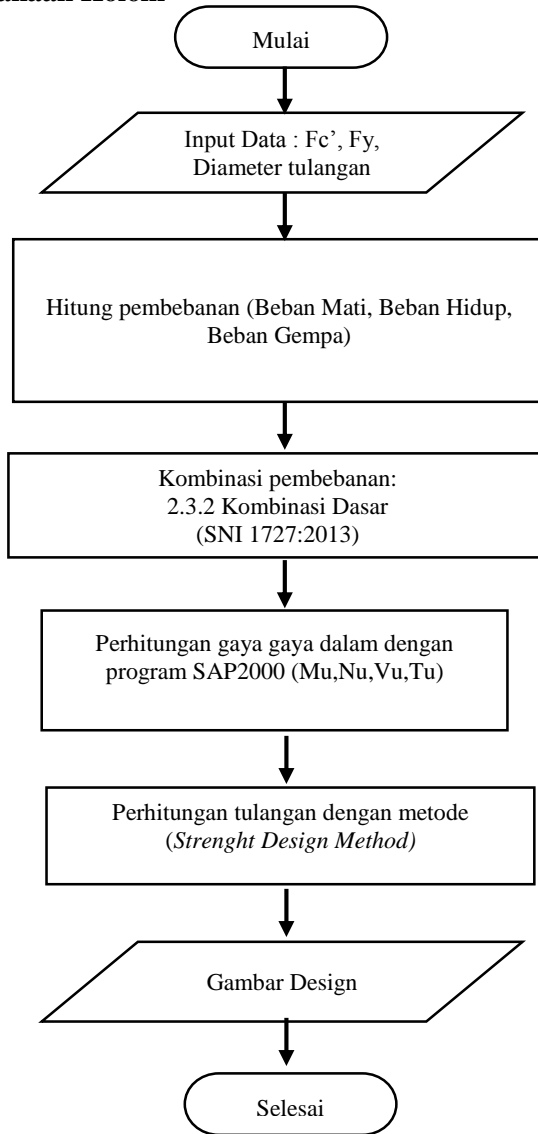


Gambar 3. 6 Flowchart perhitungan pelat

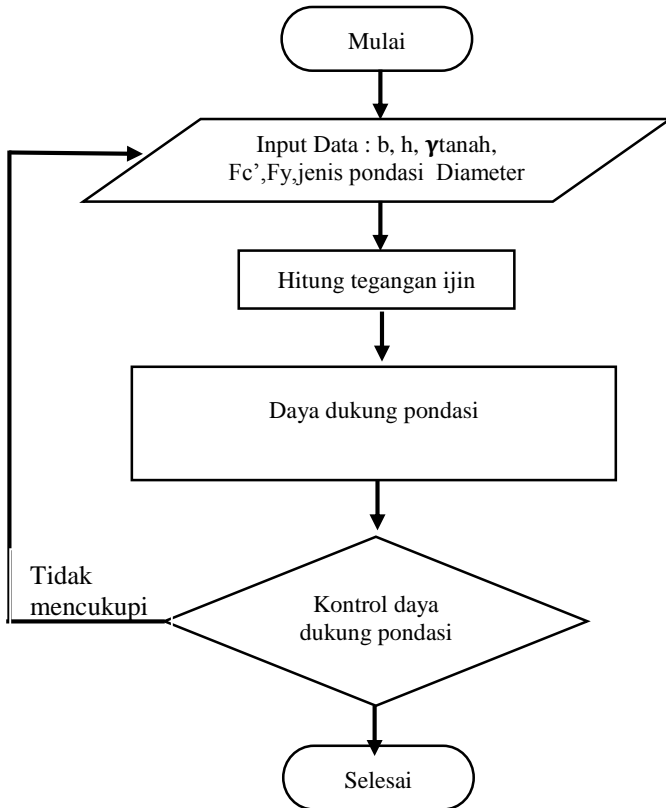
Perencanaan Balok



Gambar 3. 7 Flowchart perhitungan balok

Perencanaan Kolom**Gambar 3. 8** Flowchart perhitungan kolom

Perencanaan Pondasi



Gambar 3. 9 Flowchart perhitungan pondasi

3.6 Cek Persyaratan Elemen Struktur Beton

1. Pelat

- Kontrol jarak spasi tulangan
- Kontrol jarak spasi tulangan susut
- Kontrol perlu tulangan susut
- Kontrol lendutan

2. Balok

- Kontrol $M_{n1} \geq M_{n2}$ untuk penulangan lentur

- Kontrol penulangan geser yang terdiri dari 6 kombinasi
- 3. Kolom
 - Kontrol momen yang terjadi $M_{perlu} \geq M_n$
- 4. Pondasi
 - Kontrol dimensi Poer
 - Kontrol Geser Poer

3.7 Daftar Rincian Gambar

Gambar yang akan dibuat dan dilampirkan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah sebagai berikut

1. Gambar Arsitektur terdiri dari :
 - Gambar Denah
 - Gambar Tampak (tampak depan dan tampak samping)
2. Gambar struktur terdiri dari
 - Gambar Potongan (potongan memanjang dan melintang)
 - Gambar Pelat
 - Gambar Tangga dan Bordes
 - Gambar Balok
 - Gambar Kolom
 - Gambar Sloof
 - Gambar Pondasi
3. Gambar Penulangan
 - Gambar Penulangan Pelat
 - Gambar Penulangan Tangga dan Bordes
 - Gambar Penulangan Balok
 - Gambar Penulangan Kolom
 - Gambar Penulangan Sloof
 - Gambar Penulangan Poer dan Pondasi
4. Gambar Detail
 - a. Gambar detail panjang penyaluran meliputi :
 - Panjang penyaluran plat dan tangga

- Panjang penyaluran balok
 - Panjang penyaluran kolom
 - Panjang penyaluran sloof
 - Panjang penyaluran pondasi
- b. Gambar detail Penjangkaran tulangan
- c. Gambar detail dan poer.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 4 PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR

4.1 Data Bangunan

1. Data Umum :

Nama Bangunan	: Gedung Bernofarm Pharamceutical Company
Lokasi Bangunan	: Jalan Gatot Subroto No 68 Banjarkemantren Km.18,Sidoarjo
Tinggi Bangunan	: 22,5 meter
Konstruksi Atap	: Dak Beton

2. Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang di lakukan laboratorium Uji Tanah Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS. Data tanah berupa data SPT (*standart penetration test*) yang memenuhi persyaratan untuk perencanaan dengan sistem pemikul momen menengah.

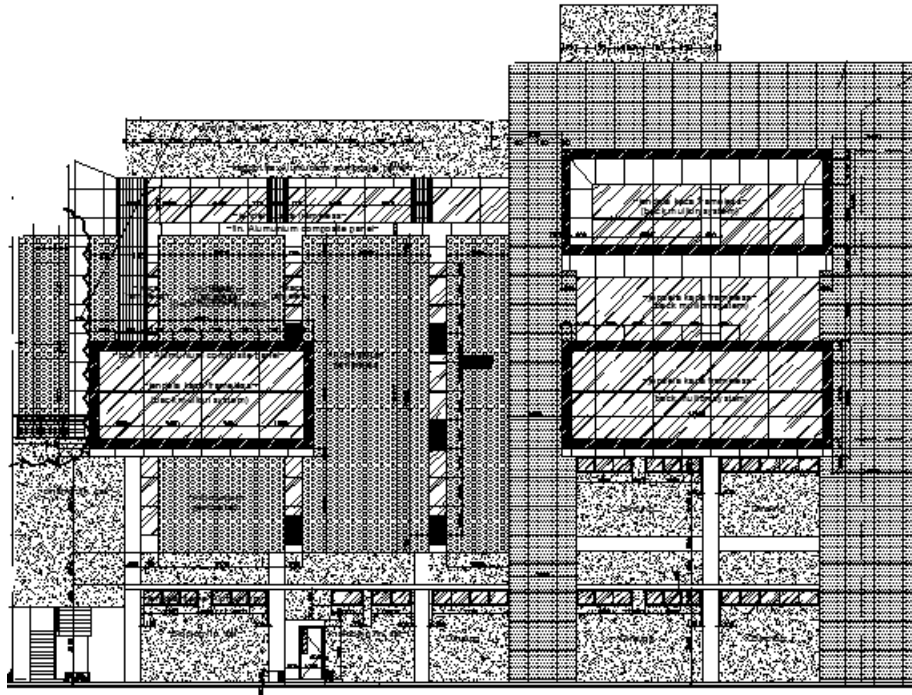
3. Data Bahan

Mutu Beton yang digunakan pada perencanaan adalah :

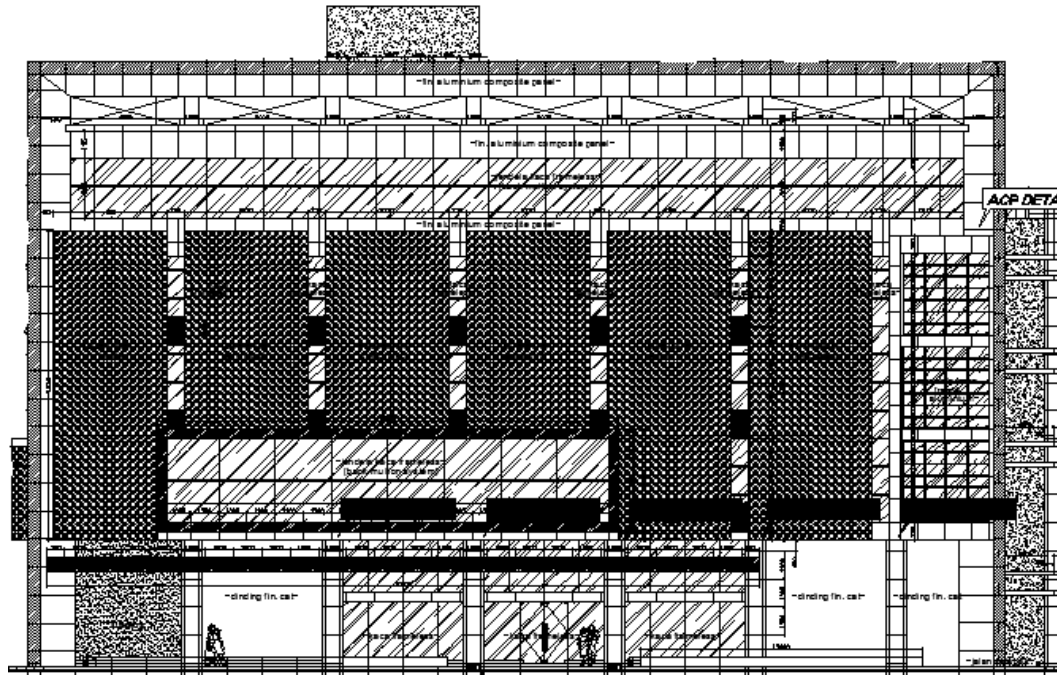
Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Tulangan Lentur (f_y)	= 400 Mpa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys})	= 240 MPa

4. Data Gambar

Data gambar meliputi gambar denah dan gambar tampak yang di gunakan untuk memperjelas dimensi komponen struktur yang berasal dari proyek. Berikut gambar eksisting gedung:



Gambar 4. 1 Tampak samping



Gambar 4. 2 Tampak depan

➤ Perhitungan perencanaan :

- Tinggi balok

$$h = \frac{L}{16} \left[0,4 + \frac{F_y}{700} \right]$$

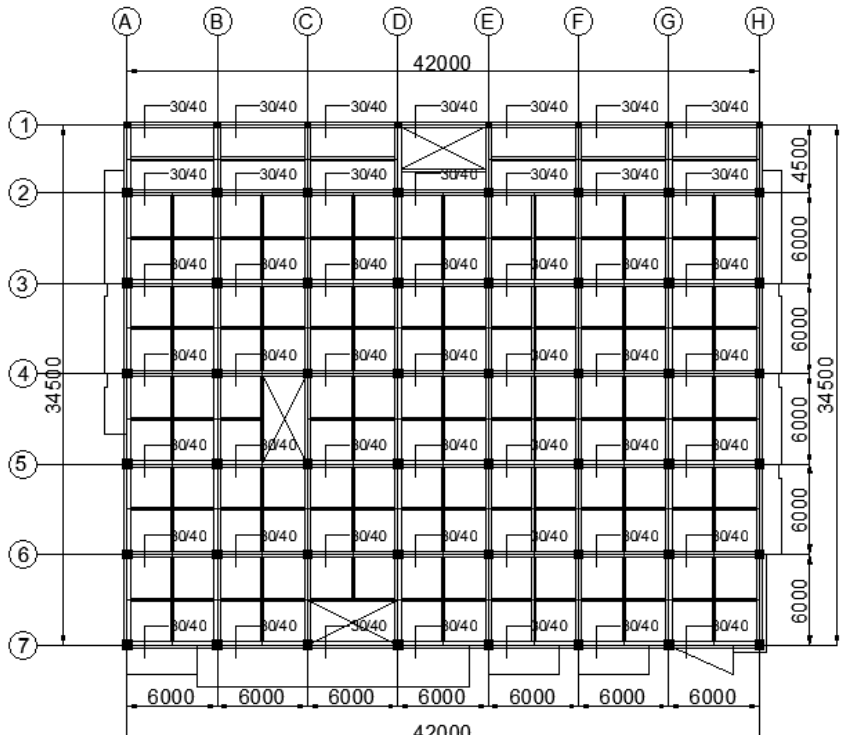
$$h = \frac{6000}{16} \left[0,4 + \frac{400}{700} \right]$$

$$h = 36,43 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

- Lebar balok

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 40 \text{ cm} = 27 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

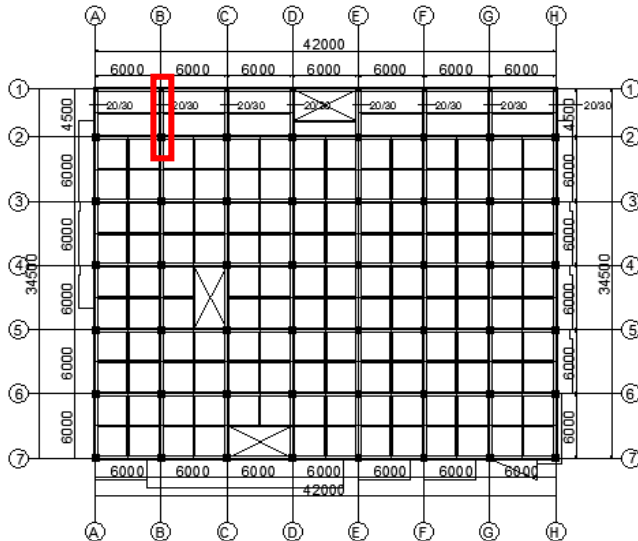
Maka direncanakan balok induk dengan dimensi 30/40.



Gambar 4. 5 Denah balok induk memanjang

B. Balok Induk Melintang

- Data-data perencanaan:
 - Bentang Perencanaan = 4500 cm
 - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) = 400 MPa
 - Mutu Beton (F_c) = 20 MPa
- Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 6 Balok induk melintang Lt.2 yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

- Tinggi balok

$$h = \frac{L}{16} \left[0,4 + \frac{F_y}{700} \right]$$

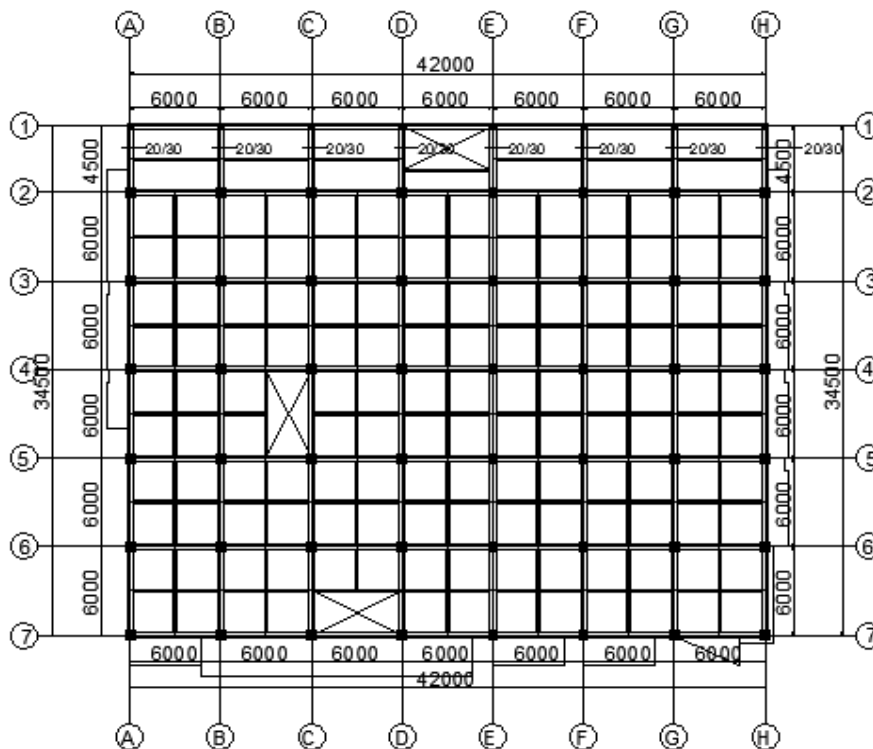
$$h = \frac{4500}{16} \left[0,4 + \frac{400}{700} \right]$$

$$h = 27,32 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

- Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 30 \text{ cm} = 20 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

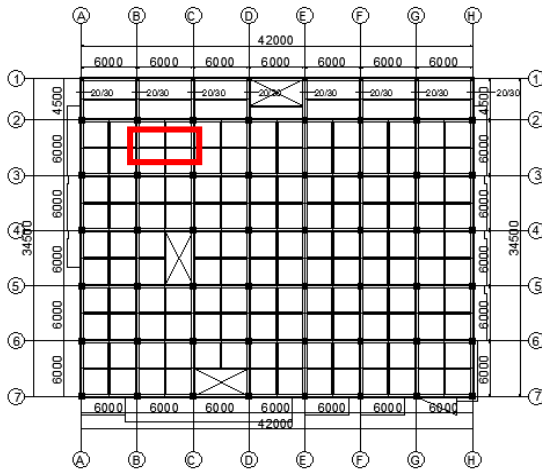
Maka direncanakan balok induk dengan dimensi 20/30.



Gambar 4. 7 Denah Balok Induk melintang

B. Balok Anak

- Data-data perencanaan:
 - Bentang Perencanaan = 600 cm
 - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) = 400 MPa
 - Mutu Beton (F_c) = 20 MPa
- Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 8 Balok anak yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :
 - Tinggi balok

$$h = \frac{L}{21} \left[0,4 + \frac{F_y}{700} \right]$$

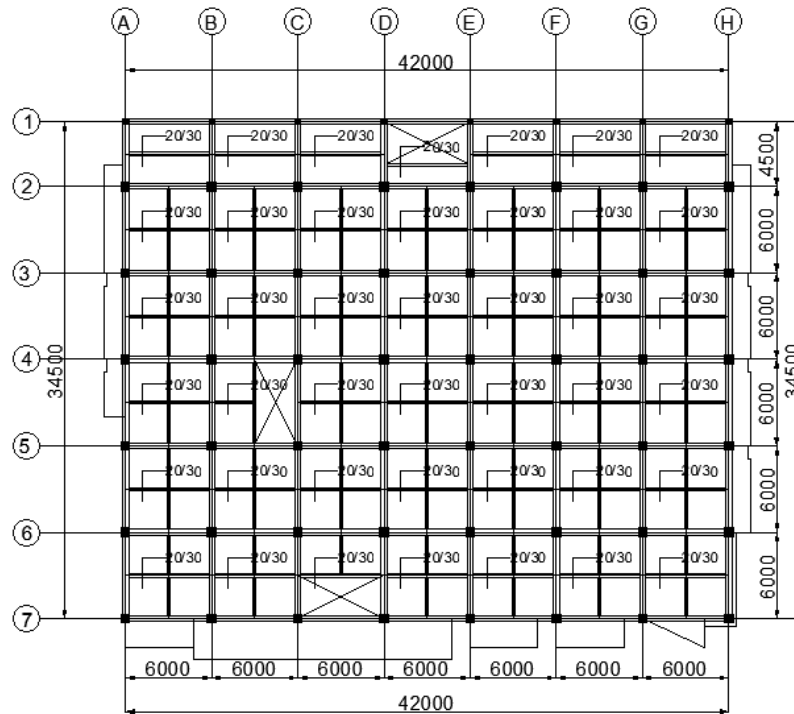
$$h = \frac{6000}{21} \left[0,4 + \frac{400}{700} \right]$$

$$h = 27,76 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

- Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 30 \text{ cm} = 20 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok induk dengan dimensi 20/30.

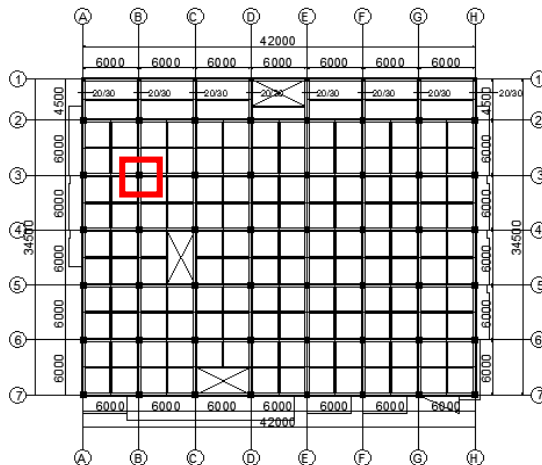


Gambar 4.9 Denah Balok Anak

4.2.2 Perencanaan dimensi kolom

A. Kolom K1

- Data-data perencanaan:
 - Tipe kolom = K1
 - Tinggi kolom = 600 cm
 - Dimensi balok induk = 30/40 cm
 - Bentang balok = 600 cm
- Gambar denah perencanaan



Gambar 4. 10 Kolom K1 yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} = \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 30 \text{ cm} \cdot (40 \text{ cm})^3$$

$$= 160.000 \text{ cm}^3$$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} = \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{I_{balok} \cdot L_{kolom}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{160.000 \text{ cm}^3 \times 600 \text{ cm}}{600 \text{ cm}} = 160.000 \text{ cm}^3$$

Direncanakan dimensi kolom $b=h$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12}bh^3$$

$$160.000 \text{ cm}^3 = \frac{1}{12}h^4$$

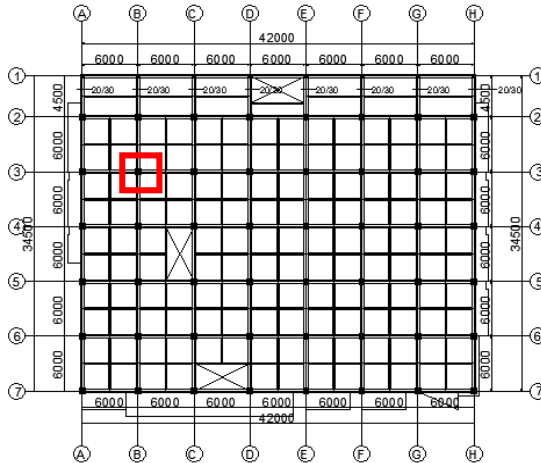
$$h^4 = 1.920.000 \text{ cm}^3$$

$$h = 37,22 \approx 50 \text{ cm}$$

karena $b=h$, maka $b= 50 \text{ cm}$, dimensi kolom tipe K1 adalah 50/50.

B. Kolom K2

- Data-data perencanaan:
 - Tipe kolom = K2
 - Tinggi kolom = 600 cm
 - Dimensi balok induk = 30/40 cm
 - Bentang balok = 600 cm
- Gambar denah perencanaan



Gambar 4. 11 Kolom K2 yang ditinjau

➤ Perhitungan perencanaan :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} = \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 30 \text{ cm} \cdot (40 \text{ cm})^3 \\ = 160.000 \text{ cm}^3$$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} = \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \\ I_{kolom} = \frac{I_{balok} \cdot L_{kolom}}{L_{balok}}$$

$$I_{kolom} = \frac{160.000 \text{ cm}^3 \times 600 \text{ cm}}{600 \text{ cm}} = 160.000 \text{ cm}^3$$

Direncanakan dimensi kolom $b=h$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} bh^3$$

$$160.000 \text{ cm}^3 = \frac{1}{12} h^4$$

$$h^4 = 1.920.000 \text{ cm}^3$$

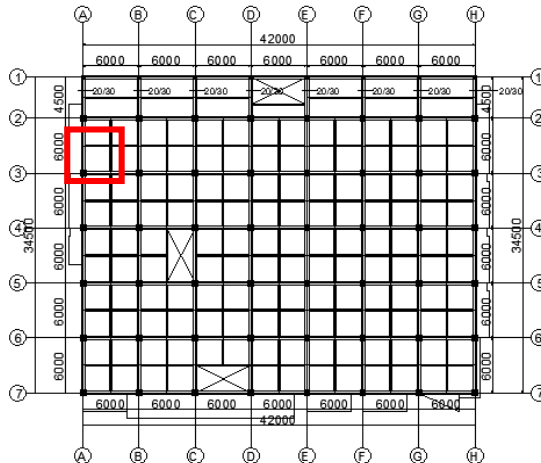
$$h = 37,22 \approx 40 \text{ cm}$$

karena $b=h$, maka $b=40$ cm, dimensi kolom tipe K2 adalah 40/40

4.2.3 Perencanaan dimensi pelat

A. Pelat Tipe 1

- Data-data perencanaan:
 - Tipe pelat =
 - Mutu beton (F_c') = 20 MPa
 - Mutu baja (F_y') = 400 MPa
 - Rencana tebal pelat = 12 cm
 - Bentang pelat sb. Panjang = 300 cm
 - Bentang pelat sb. Pendek = 300 cm
 - Dimensi balok induk = 30/40
 - Dimensi balok anak = 20/30
- Gambar denah perencanaan



Gambar 4. 12 Pelat tipe 1 yang ditinjau

➤ Perhitungan perencanaan:

- Rasio bentang bersih sumbu panjang dan sumbu pendek

$$\beta = \frac{l_n}{s_n}$$

$$l_n = l_y - \frac{b_{\text{balok kiri}}}{2} - \frac{b_{\text{balok kanan}}}{2}$$

$$l_n = 300 - \frac{30 \text{ cm}}{2} - \frac{30 \text{ cm}}{2}$$

$$l_n = 270 \text{ cm}$$

$$s_n = l_x - \frac{b_{\text{balok bawah}}}{2} - \frac{b_{\text{balok atas}}}{2}$$

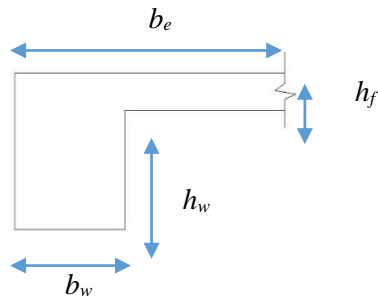
$$s_n = 300 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2}$$

$$s_n = 270$$

$$\beta = \frac{l_n}{s_n} = \frac{270}{270} = 1 \leq 2$$

Maka pelat termasuk kedalam sistem pelat dua arah.

- Perhitungan tebal pelat
 - Ditinjau dari balok kiri



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 28 \text{ cm}$$

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

$$b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\cong 30 + 2 \cdot 28 \leq 30 + 8 \cdot 12$$

$$\cong 86 \text{ cm} \leq 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil yakni 86 cm

Faktor Modifikasi, k :

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

$k = 1,578$
Momen inersia penampang balok

$$I = k \times \frac{b_w \times h^3}{12} = 1,578 \times \frac{30 \times 40^3}{12}$$

$$I = 252495 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat:

$$I = \frac{b_p \times x h_f^3}{12} = \frac{0,5 (300) \times 12^3}{12}$$

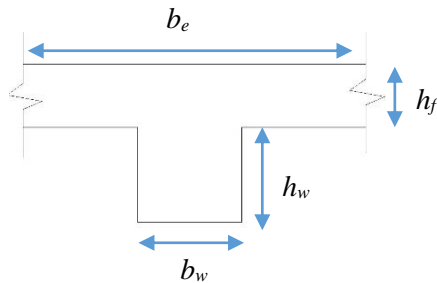
$$I = 21600 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat:

$$\alpha f_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha f_1 = \frac{252495}{21600} = 11,68$$

- Ditinjau dari balok kanan



$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$h_w = 18 \text{ cm}$$

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

$$b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\cong 20 + 2 \cdot 18 \leq 20 + 8 \cdot 12$$

$$\cong 56 \text{ cm} \leq 116 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil yakni 56 cm

Faktor Modifikasi, k :

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

$k = 1,567$
Momen inersia penampang balok

$$I = k \times \frac{b_w \times h^3}{12} = 1,567 \times \frac{20 \times 30^3}{12}$$

$$I = 70528,2 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat:

$$I = \frac{b_p \times h_f^3}{12} = \frac{0,5 (300+300) \times 12^3}{12}$$

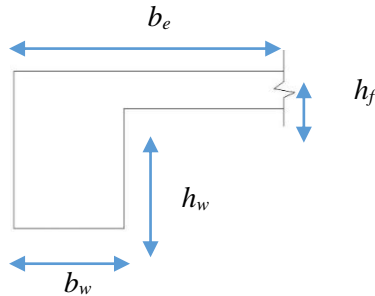
$$I = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat:

$$\alpha f_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha f_2 = \frac{70528,2}{43200} = 1,633$$

- Ditinjau dari balok atas



$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$h_w = 18 \text{ cm}$$

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

$$b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\cong 20 + 2 \cdot 18 \leq 20 + 8 \cdot 12$$

$$\cong 56 \text{ cm} \leq 116 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil yakni 56 cm

Faktor Modifikasi, k :

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

$k = 1,567$
Momen inersia penampang balok

$$I = k \times \frac{b_w \times h^3}{12} = 1,567 \times \frac{20 \times 30^3}{12}$$

$$I = 70528,2 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat:

$$I = \frac{b_p \times h_f^3}{12} = \frac{0,5 (300) \times 12^3}{12}$$

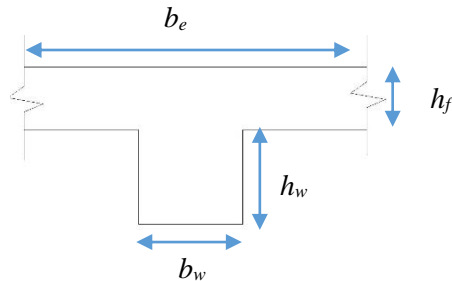
$$I = 21600 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat:

$$\alpha f_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha f_3 = \frac{70528,2}{21600} = 3,265$$

- Ditinjau dari balok bawah



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h_w = 28 \text{ cm}$$

$$h_f = 12 \text{ cm}$$

$$b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\cong 30 + 2 \cdot 28 \leq 30 + 8 \cdot 12$$

$$\cong 86 \text{ cm} \leq 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil yakni 86 cm

Faktor Modifikasi, k :

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

$k = 1,578$
Momen inersia penampang balok

$$I = k \times \frac{b_w x h^3}{12} = 1,578 \times \frac{30 \times 40^3}{12}$$

$$I = 252495 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat:

$$I = \frac{b_p x h_f^3}{12} = \frac{0,5 (300+300) \times 12^3}{12}$$

$$I = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat:

$$\alpha f_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha f_4 = \frac{252495}{43200} = 5,84$$

Dari keempat rasio kekakuan balok diatas didapatkan rata rata (αf_m):

$$\alpha f_m = \frac{\alpha f_1 + \alpha f_2 + \alpha f_3 + \alpha f_4}{4}$$

$$\alpha f_m = \frac{11,68 + 1,63 + 3,26 + 5,84}{4} = 5,602$$

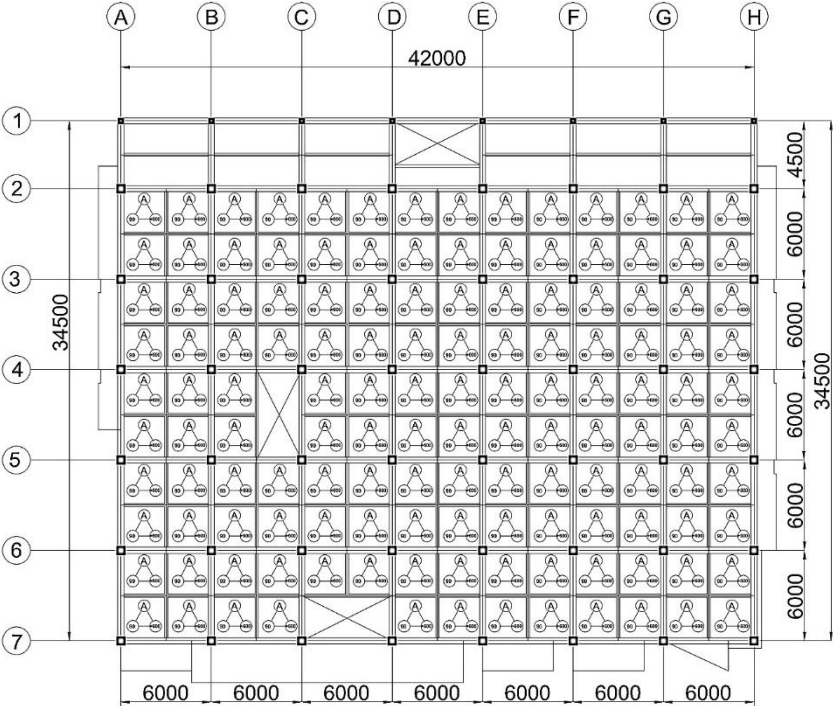
Karena $\alpha f_m \geq 2,0$, sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3.3 poin c ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan:

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

$$h = \frac{270 \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 0,99}$$

$$h = 65,27 \text{ mm}$$

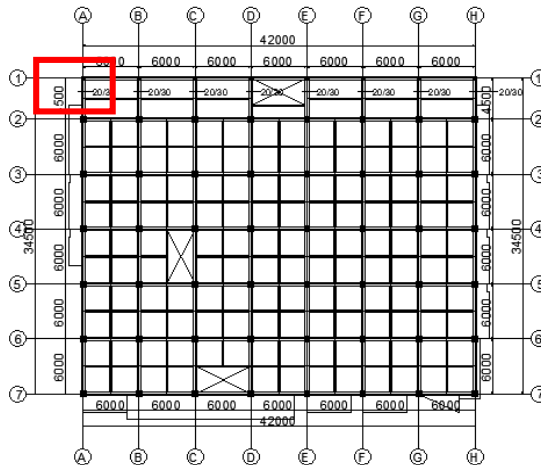
dan tidak boleh kurang dari 90 mm, maka tebal pelat yang dipakai adalah 120 mm = 12 cm.



Gambar 4. 13 Denah pelat tipe 1

A. Pelat Tipe 2

- Data-data perencanaan:
 - Tipe pelat =
 - Mutu beton (F_c') = 20 MPa
 - Mutu baja (F_y') = 400 MPa
 - Rencana tebal pelat = 12 cm
 - Bentang pelat sb. Panjang = 600 cm
 - Bentang pelat sb. Pendek = 225 cm
 - Dimensi balok induk = 30/40
 - Dimensi balok anak = 20/30
- Gambar denah perencanaan



Gambar 4. 14 Pelat lantai 2 yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan:
 - Rasio bentang bersih sumbu panjang dan sumbu pendek

$$\beta = \frac{l_n}{s_n}$$

$$l_n = l_y - \frac{b_{\text{balok kiri}}}{2} - \frac{b_{\text{balok kanan}}}{2}$$

$$l_n = 600 - \frac{20 \text{ cm}}{2} - \frac{20 \text{ cm}}{2}$$

$$l_n = 580 \text{ cm}$$

$$s_n = l_x - \frac{b_{\text{balok bawah}}}{2} - \frac{b_{\text{balok atas}}}{2}$$

$$s_n = 225 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2}$$

$$s_n = 195$$

$$\beta = \frac{l_n}{s_n} = \frac{580}{195} = 2,97 \geq 2$$

Maka pelat termasuk kedalam sistem pelat satu arah.

- Perencanaan tebal pelat tipe 2

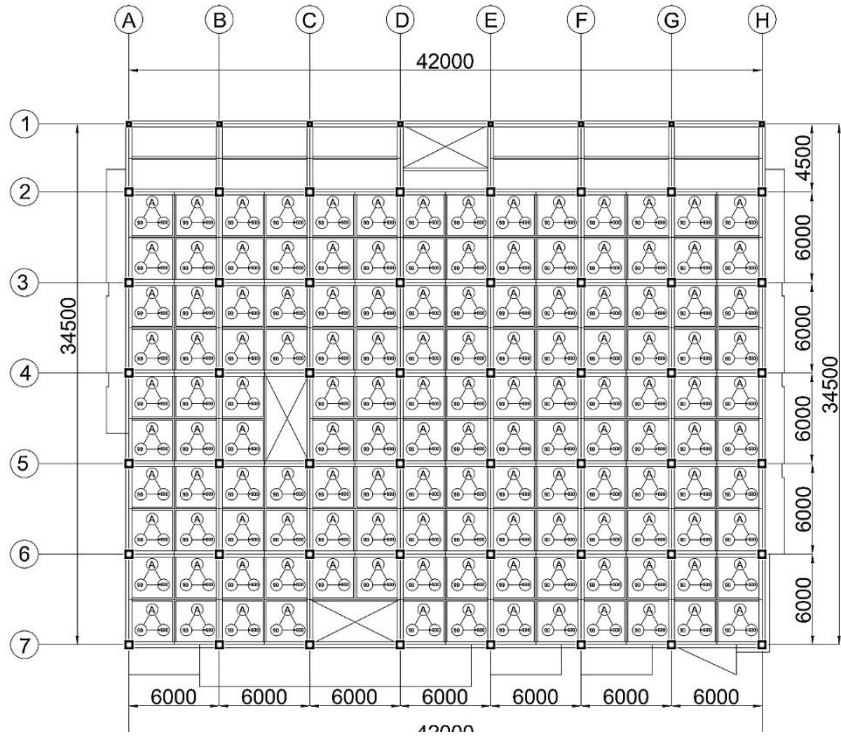
Dengan $F_y' = 400 \text{ MPa}$, sesuai tabel 9.5 SNI 03-2847

$$h = \frac{L}{20} \left[0,4 + \frac{F_y}{700} \right]$$

$$h = \frac{1950}{20} \left[0,4 + \frac{400}{700} \right]$$

$$h = 94,71 \text{ mm} = 9,5 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

Maka direncanakan tebal pelat dengan tebal 12 cm.

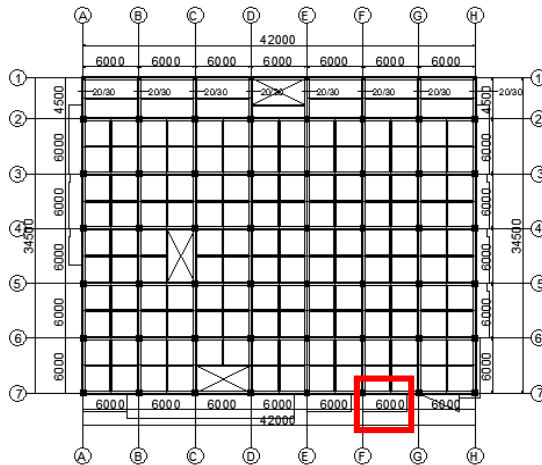


Gambar 4. 15 Denah pelat tipe 2

4.2.4 Perencanaan dimensi kantilever

A. Kantilever Tipe 1

- Data-data perencanaan:
 - Bentang Perencanaan = 150 cm
 - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) = 400 MPa
 - Mutu Beton (F_c) = 20 MPa
- Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 16 Kantilever yang ditinjau

- Perhitungan perencanaan :

- Tebal kantilever

$$h = \frac{L}{10} \left[0,4 + \frac{F_y}{700} \right]$$

$$h = \frac{1500}{10} \left[0,4 + \frac{400}{700} \right]$$

$$h = 145,71 \text{ mm} = 14,6 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Maka direncanakan tebal kantilever dengan tebal 15 cm.

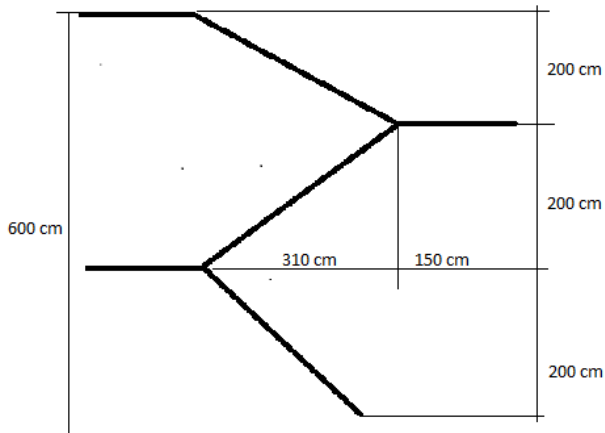
4.2.5 Perencanaan dimensi tangga

Perencanaan Dimensi Tangga

A. Tangga Utama

➤ Data-data Perencanaan lantai 1 ke lantai 2:

Tipe Tangga	= Tangga Utama 1
Panjang datar tangga	= 460 cm
Tinggi tangga	= 600 cm
Tinggi pelat bordes	= 20 cm
Tebal pelat tangga	= 15 cm
Tebal Pelat Bordes	= 20 cm
Lebar Injakan (i)	= 30 cm
Tinggi Tanjakan (t)	= 17 cm
Lebar Tangga	= 170 cm
Lebar Bordes	= 150 cm



Gambar 4. 17 Sketsa tangga utama tinggi 6 m

➤ Perhitungan Perencanaan :

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} = \frac{200 \text{ cm}}{17 \text{ cm}}$$

$$nt = 11,7 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (i)

$$Ni = nt - 1 = 12 \text{ buah} - 1$$

ni = 11 buah

- Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$

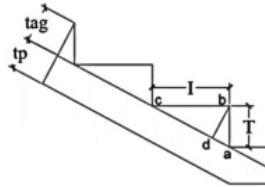
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau



tebal efektif anak tangga (t_{ag})

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

$$= 15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

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

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

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$

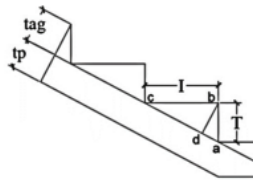
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau tebal efektif anak tangga (t_{ag})



tebal efektif anak tangga (t_{ag})

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

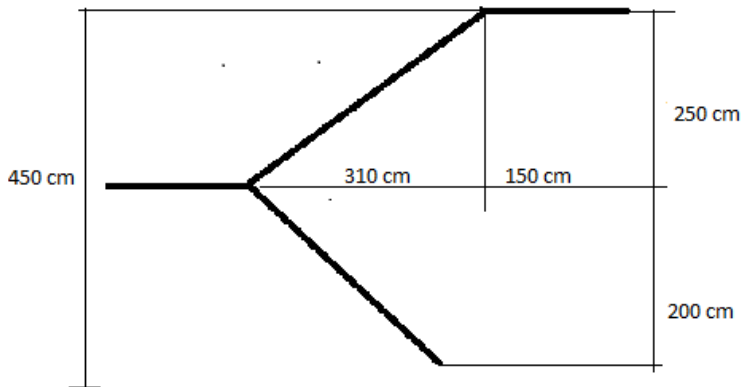
maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

$$15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

- Data-data Perencanaan Tangga lantai 6:

Tipe Tangga	= Tangga Utama 3
Panjang datar tangga	= 460 cm
Tinggi tangga	= 450 cm
tinggi pelat bordes	= 200 cm
Tebal pelat tangga	= 15 cm
Tebal Pelat Bordes	= 20 cm
Lebar Injakan (i)	= 30 cm
Tinggi Tanjakan (t)	= 17 cm
Lebar tangga	= 170 cm
Lebar bordes	= 150cm



Gambar 4. 19 Sketsa tangga utama tinggi 4,5 m

➤ Perhitungan Perencanaan :

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} = \frac{250 \text{ cm}}{17 \text{ cm}}$$

$$nt = 14,7 \text{ buah} \approx 15 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (i)

$$Ni = nt - 1 = 15 \text{ buah} - 1$$

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

- Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$

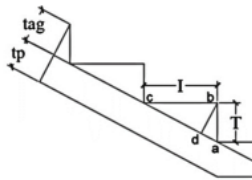
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$61 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau tebal efektif anak tangga (t_{ag})



tebal efektif anak tangga (t_{ag})

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

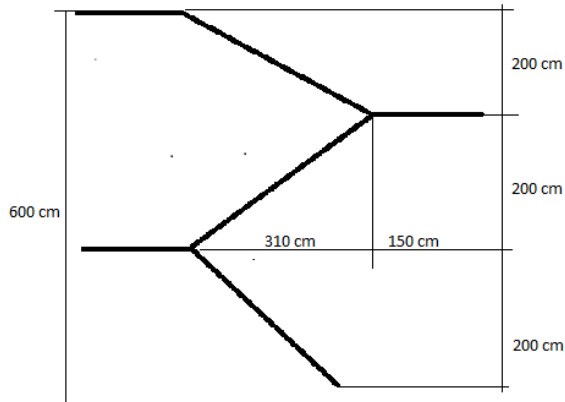
maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

$$15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

B. Tangga Darurat

- Data-data Perencanaan lantai 1 ke lantai 2:
- | | |
|----------------------|--------------------|
| Tipe Tangga | = Tangga Darurat 1 |
| Panjang datar tangga | = 460 cm |
| Tinggi tangga | = 600 cm |
| Tinggi pelat bordes | = 20 cm |
| Tebal pelat tangga | = 15 cm |
| Tebal Pelat Bordes | = 20 cm |
| Lebar Injakan (i) | = 30 cm |
| Tinggi Tanjakan (t) | = 17 cm |
| Lebar Tangga | = 170 cm |
| Lebar Bordes | = 150 cm |



Gambar 4. 20 Sketsa tangga darurat 6 m

- Perhitungan Perencanaan :
- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} = \frac{200 \text{ cm}}{17 \text{ cm}}$$

$$nt = 11,7 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$
 - Jumlah injakan (i)

$$Ni = nt - 1 = 12 \text{ buah} - 1$$

$$ni = 11 \text{ buah}$$
 - Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$

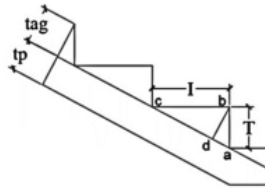
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau



tebal efektif anak tangga (tag)

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

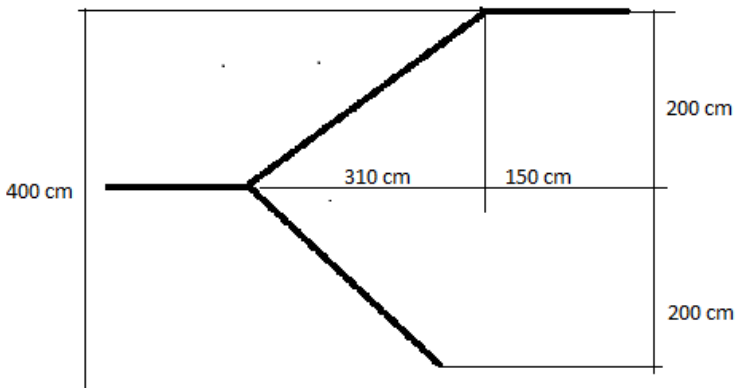
maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

$$= 15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

- Data-data Perencanaan Tangga lantai 2,3,4,5:
Tipe Tangga = Tangga Darurat 2

Panjang datar tangga	= 460 cm
Tinggi tangga	= 400 cm
tinggi pelat bordes	= 200 cm
Tebal pelat tangga	= 15 cm
Tebal Pelat Bordes	= 20 cm
Lebar Injakan (i)	= 30 cm
Tinggi Tanjakan (t)	= 17 cm
Lebar tangga	= 170 cm
Lebar bordes	= 150cm



Gambar 4. 21 Sketsa tangga darurat tinggi 4 m

➤ Perhitungan Perencanaan :

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} = \frac{200 \text{ cm}}{17 \text{ cm}}$$

$$nt = 11,7 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (i)

$$Ni = nt - 1 = 12 \text{ buah} - 1$$

$$ni = 11 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan tangga

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

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5 \leq 40 \text{ (OK)}$$

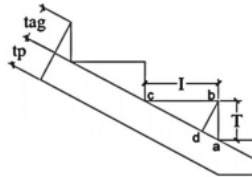
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$62 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau tebal efektif anak tangga (t_{ag})



tebal efektif anak tangga (t_{ag})

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

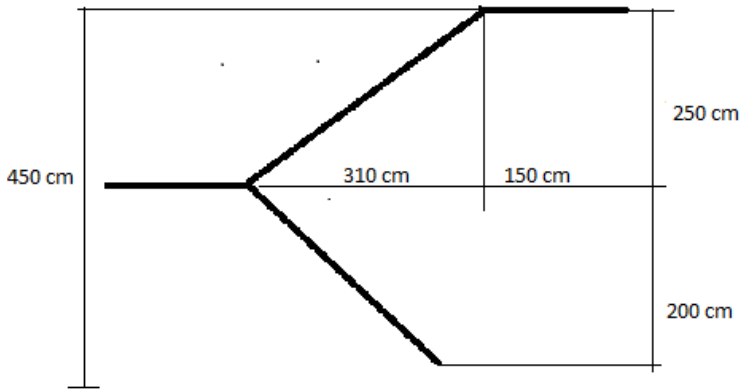
$$15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

- Data-data Perencanaan Tangga lantai 6:

Tipe Tangga = Tangga Darurat 3

Panjang datar tangga = 460 cm

Tinggi tangga	= 450 cm
tinggi pelat bordes	= 200 cm
Tebal pelat tangga	= 15 cm
Tebal Pelat Bordes	= 20 cm
Lebar Injakan (i)	= 30 cm
Tinggi Tanjakan (t)	= 17 cm
Lebar tangga	= 170 cm
Lebar bordes	= 150cm



Gambar 4. 22 Sketsa tangga darurat tinggi 4,5 m

➤ Perhitungan Perencanaan :

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} = \frac{250 \text{ cm}}{17 \text{ cm}}$$

$$nt = 14,7 \text{ buah} \approx 15 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (i)

$$Ni = nt - 1 = 15 \text{ buah} - 1$$

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

- Sudut kemiringan tangga

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

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

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

$$25 \leq 29,5 \leq 40 \text{ (OK)}$$

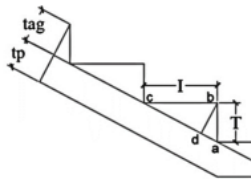
Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

$$63 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- Tebal efektif pelat tangga

Penentuan tebal pelat ekuivalen atau tebal efektif anak tangga (t_{ag})



tebal efektif anak tangga (t_{ag})

$$i = bc = 30 \text{ cm}$$

$$t = ab = 17 \text{ cm}$$

$$ac = \sqrt{(30 \text{ cm})^2 + (17 \text{ cm})^2}$$

$$ac = 34,48 \text{ cm}$$

$$\frac{bd}{ab} = \frac{bc}{ac}$$

$$bd = \frac{30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}}{34,48 \text{ cm}}$$

$$bd = 14,79 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

maka total tebal pelat :

tebal pelat tangga + tebal pelat efektif

$$15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

4.3 Penentuan Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem penahan gaya gempa merupakan bagian struktur yang didesain untuk menahan gaya gempa rencana yang

disyaratkan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal menggunakan ketentuan yang sesuai dan kombinasi pembebanan. Dalam perencanaan bangunan gedung tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standart Nasional Indonesia tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (tiga) kelas yaitu:

1. Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)
2. Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)
3. Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

4.3.1 Klasifikasi situs

Dijelaskan pada SNI 1726-2012 pasal 5.1 mengenai prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut diklasifikasikan terlebih dahulu. Berikut langkah – langkah penentuan klasifikasi situs.

1. Penentuan didasarkan pada tahanan penetrasi standar lapangan rata – rata \bar{N} . Dengan persamaan berikut.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Tabel 4. 1 Data ketebalan tanah dan nilai SPT

	d_i	N_i	d_i/N_i
	2	13	0,153846
	2	11	0,181818
	2	15	0,133333
	2	22	0,090909
	2	19	0,105263
	2	11	0,181818

	2	14	0,142857
	2	16	0,125
	2	21	0,095238
	2	23	0,086957
	2	29	0,068966
	2	33	0,060606
	2	37	0,054054
	2	43	0,046512
	2	42	0,047619
Jumlah (Σ)	30		1,574796

Maka,

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{30}{1,57} = 19,11$$

Berdasarkan tabel 3 klasifikasi situs SNI 1726-2012 pasal 5.3 dengan nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata – rata \bar{N} antara 15-50 maka tanah pada lokasi proyek masuk dalam kategori klasifikasi situs **tanah sedang (SD)**.

4.3.2 Penentuan kategori desain seismik (KDS)

Nilai respon spektrum dapat diketahui melalui perhitungan data tanah lapangan. Berdasarkan cara tersebut akan didapatkan data respons spektra percepatan pada periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}). Hal ini akan menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Tabel 6 dan 7 sesuai SNI 1726-2012. Berikut langkah – langkah menentukan KDS.

1. Menentukan kategori resiko bangunan, banunan gedung *bernofarm pharmaceutical company* termasuk kedalam bangunan fasilitas manufaktur yang difungsikan sebagai

laboratorium pengujian dan pengawasan pembuatan obat.
bangunan masuk dalam **kategori resiko ke II**

Tabel 4. 2 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

2. Menentukan parameter percepatan terpetakan (S_s & S_I)
 - Dari gambar diperoleh nilai S_s sekitar 0,4–0,5g.
Direncanakan nilai S_s sebesar **0,45**.

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

3. Menentukan koefisien situs (F_a & F_v)
- Menentukan nilai F_a

Tabel 4. 3 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 ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Karena nilai $S_s = 0,45$ maka dilakukan interpolasi,

$$F_a = 1,6 - \frac{0,45 - 0,25}{0,5 - 0,25} \cdot (1,6 - 1,4) = 1,44$$

diperoleh nilai F_a sebesar **1,44**

Tabel 4. 4 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 ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Karena nilai $S_I = 0,17$ maka dilakukan interpolasi,

$$F_v = 2,4 - \frac{0,17 - 0,1}{0,2 - 0,1} \cdot (2,4 - 2) = 2,12$$

diperoleh nilai F_v sebesar **2,12**

4. Menentukan parameter respons spektral (S_{MS} & S_{M1})
 - Menentukan S_{MS}

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 1,44 \cdot 0,45 = 0,648$$

Jadi nilai S_{MS} adalah **0,648**
 - Menentukan S_{M1}

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 2,12 \cdot 0,17 = 0,360$$

Jadi nilai S_{M1} adalah **0,360**
5. Menentukan parameter percepatan spektral desain (S_{DS} & S_{D1})
 - Menentukan S_{DS}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,648 = 0,432$$

Jadi nilai S_{DS} adalah **0,432**
 - Menentukan S_{D1}

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,360 = 0,24$$

Jadi nilai S_{D1} adalah **0,24**
6. Menentukan kategori desain seismik (KDS)

Bangunan *bernofarm pharmaceutical company* termasuk kedalam kategori resiko bangunan II, memiliki nilai S_{DS} 0,432 dan S_{D1} 0,24. Dari beberapa persyaratan pada SNI 1726-2012 pasal 6.5 Penentuan kategori desain seismik (KDS) dapat ditentukan dengan tabel 6 dan tabel 7 SNI 1726-2012. Karena nilai S_I 0,17 lebih kecil dari 0,75 kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel 6 saja.

Tabel 4. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon 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

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Karena nilai S_{DS} $0,432 < 0,50$ dan S_{DS} $0,432 > 0,33$ dengan kategori risiko bangunan II maka **kategori desain seismik adalah C.**

7. Pemilihan sistem struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel 9 SNI 1726-2012.

Tabel 4. 6 Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kual- lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TI
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 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
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	TI	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^d	3½	10	10	10	10	10

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

8. Prosedur analisis yang boleh digunakan

Mengacu pada tabel 13 SNI 1726-2012, dengan KDS C diijinkan untuk menggunakan prosedur analisis dengan menggunakan spektrum respons ragam.

Tabel 4. 7 Prosedur analisis yang boleh dilakukan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat respons seismik Pasal 11
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat			
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat			
	Semua struktur lainnya			

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

Bangunan *bernofarm pharmaceutical company* yang memiliki KDS C tidak dibatasi untuk direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), menggunakan prosedur analisis spektrum respons ragam dengan nilai koefisien modifikasi respon R sebesar 5.

4.4 Pembebanan

Pembebanan didasarkan dengan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, dan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

4.4.1 Pembebanan pada pelat

Pembebanan pada pelat direncanakan menerima beban hidup (Q_L) dan beban mati (Q_D).

A. Beban pelat lantai 6 / lantai atap / dak

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Plafond + penggantung	=	8,6 Kg/m ²
Mekanikal + elektrik	=	19 Kg/m ²
Waterproofing	=	7 Kg/m ²
Total	=	65 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai atap	=	96 Kg/m ²

B. Beban pelat lantai 5

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Plafond + penggantung	=	18 Kg/m ²
Mekanikal + elektrik	=	19 Kg/m ²
Waterproofing	=	7 Kg/m ²
Total	=	89 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai 5	=	287 Kg/m ²

C. Beban pelat lantai 4

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Plafond + penggantung	=	18 Kg/m ²
Mekanikal + elektrik	=	19 Kg/m ²
Waterproofing	=	7 Kg/m ²
Total	=	89 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai 4	=	287 Kg/m ²

D. Beban pelat lantai 3

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Plafond + penggantung	=	18 Kg/m ²
Mekanikal + elektrikl	=	19 Kg/m ²
Waterproofing	=	7 Kg/m ²
Total	=	89 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai 3	=	287 Kg/m ²

E. Beban pelat lantai 2

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Plafond + penggantung	=	18 Kg/m ²
Mekanikal + elektrikl	=	19 Kg/m ²
Waterproofing	=	7 Kg/m ²
Total	=	89 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai 2	=	287 Kg/m ²

F. Beban pelat kantilever

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Mekanikal + elektrikl	=	19 Kg/m ²
Total	=	64 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai kantilever	=	287 Kg/m ²

G. Beban pelat tangga

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²

Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Mekanikal + elektrik	=	19 Kg/m ²
Total	=	64 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai tangga	=	287 Kg/m ²

H. Beban pelat bordes

Beban mati		
Spesi (t = 2 cm)	=	21 Kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)		24 Kg/m ²
Mekanikal + elektrik	=	19 Kg/m ²
Total	=	64 Kg/m ²
Beban hidup		
Lantai bordes	=	287 Kg/m ²

4.4.2 Pembebanan dinding

Pembebanan pada dinding didasarkan pada peraturan pembebanan indonesia untuk gedung 1983.

Material	BJ		
Bata ringan (t = 10 cm)	120 Kg/m ³	=	60 Kg/m ²
Plester (t = 3 cm)	21 Kg/m ² / _{10mm}	=	63 Kg/m ²
Acian (t = 2 cm)	17 Kg/m ² / _{2mm}	=	34 Kg/m ²
Total			157 Kg/m ²

Beban dinding distribusikan pada balok sebagai beban mati dengan perhitungan pembebanan menyesuaikan dengan tinggi lantai pada bangunan

- Data tinggi lantai:
 - Lantai 1 (H1) = 6 meter
 - Lantai 2 (H2) = 4 meter
 - Lantai 3 (H3) = 4 meter
 - Lantai 4 (H4) = 4 meter
 - Lantai 5 (H5) = 4 meter
- Perhitungan pembebanan.
 - Lantai 1 (H1)

- Beban merata dinding = $H1 \times Q_{dinding}$
= $6 \times 157 \text{ Kg/m}^2$
= 942 Kg/m^2
- Lantai 2 (H2)
Beban merata dinding = $H2 \times Q_{dinding}$
= $4 \times 157 \text{ Kg/m}^2$
= 628 Kg/m^2
 - Lantai 3 (H3)
Beban merata dinding = $H3 \times Q_{dinding}$
= $4 \times 157 \text{ Kg/m}^2$
= 628 Kg/m^2
 - Lantai 4 (H4)
Beban merata dinding = $H4 \times Q_{dinding}$
= $4 \times 157 \text{ Kg/m}^2$
= 628 Kg/m^2
 - Lantai 5 (H5)
Beban merata dinding = $H2 \times Q_{dinding}$
= $4,5 \times 157 \text{ Kg/m}^2$
= $706,5 \text{ Kg/m}^2$

4.4.3 Beban lift

Lift diunakan sebagai sarana transportasi vertikal utama yang melayani pemberhentian pada setiap lantai yang dilalui. Pada gedung ini direncanakan menggunakan 2 buah lift dengan kapasitas angkut masing-masing 9 orang, berikut data teknis lift yang digunakan pada perencanaan gedung ini:

(Unit:mm)

Model	Clear Opening	Car		Hoistway	M/C Room	M/C Room Reaction(kgs)	
		Internal	External			R1	R2
	OP	CA x CB	A x B	X x Y	MX x MY		
B1000.CO60	1000	1500 x 2500	1560 x 2655	2350 x 3050	2750 x 4000	6800	4100
B1600.CO60_90	1000			2400 x 2900		8500	6800
B1600.CO105	1100	1500 x 2300	1600 x 2470	2500 x 2900	3000 x 4600	8500	6800

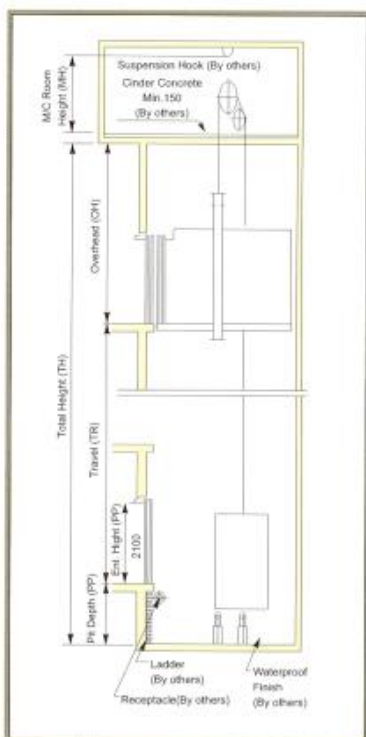
Note:1. 1600kg is applicable to china market.

2. Clear opening and car internal size can be changeable according to hoistway size.

Speed (m/min)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
60	4600	1500	2200
90	4800	1800	2400
105	5000	2100	

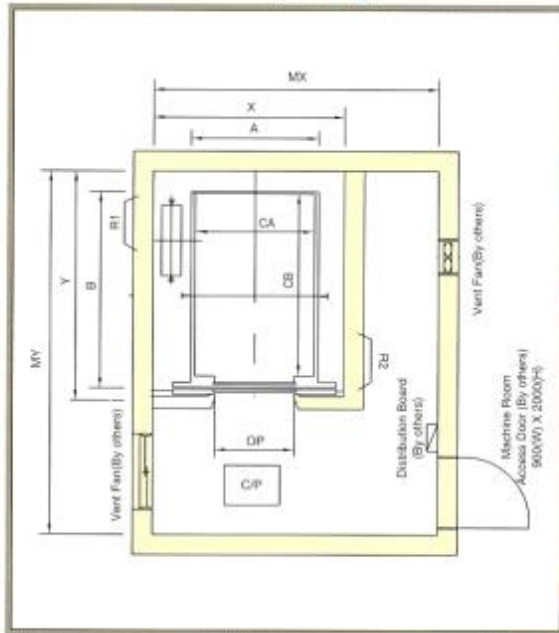
- Note: 1. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilation fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
2. In case of special hoistway, machine room height may be higher than above size.
3. Above is minimum size.

Section of Hoistway



Plan of Hoistway & Machine Room

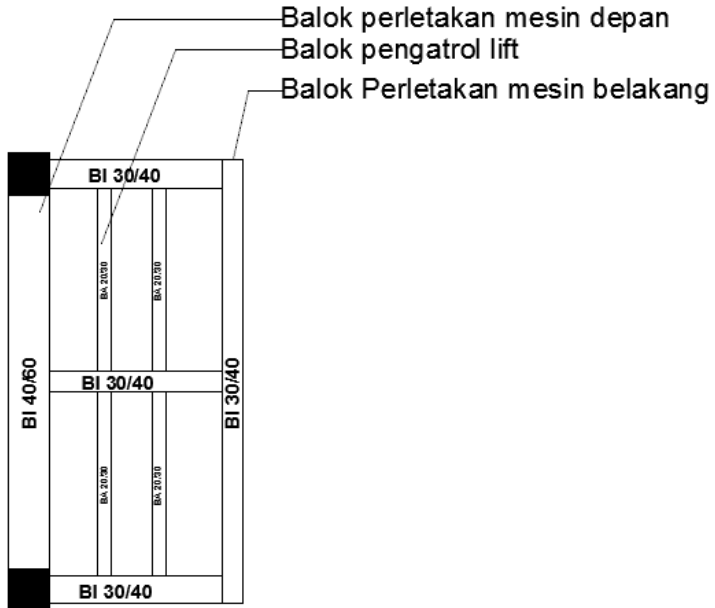
Center Open Type



Gambar 4. 24 Sketsa lift

Balok pengontrol mesin berfungsi untuk menaikkan mesin lift ke lantai 6 sebelum diletakkan pada balok perletakan mesin. Posisi balok ini berada pada lantai teratas (pelat atap beton). Pada tengah balok dipasang hook sebagai pengait untuk meletakkan katrol. Adapun balok perletakan mesin berfungsi untuk menumpu mesin lift yang berada dilantai 6 ruang mesin dalam bangunan ini. Jumlah balok perletakan mesin ada 2 buah dengan beban reaksi (R) yang berbeda yaitu $R1 = 8500 \text{ Kg}$ dan $R2 = 6800 \text{ Kg}$. Sedang beban untuk

balok pengontrol mesin diambil 15300 Kg. Dimensi balok pengontrol direncanakan 20/30 cm, sedangkan balok perletakan mesin direncanakan 30/40 cm untuk perletakan mesin lift depan dan 30/40 cm untuk perletakan mesin lift belakang.



Gambar 4. 25 Denah balok lift

- a. Pembebanan pada balok pengontrol mesin lift
Balok pengontrol mesin lift menerima beban terpusat akibat dari beban mesin sebesar $= R1 + R2 = 8500 \text{ Kg} + 6800 \text{ Kg} = 15300 \text{ Kg} = 153000 \text{ N}$.
- b. Pembebanan pada perletakan mesin lift
Balok perletakan mesin lift menerima beban akibat reaksi (berat lift + orang) sebesar :

$$R1 = 8500 \text{ Kg} = 85000 \text{ N (perletakan depan)}$$

$$R2 = 6800 \text{ Kg} = 68000 \text{ N (perletakan belakang)}$$

4.4.4 Beban Angin

Menurut SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, pembebanan karena angin untuk gedung *bernopharm pharmaceutical company* ini dapat dirancang dengan prosedur pengarah bagian 2. Dimana sesuai peraturan secara geometry bangunan memiliki nilai $B/L = 36/42 = 0,8 < 0,5$. Dan memiliki ketinggian gedung antara 18,3 m – 48,8 m yakni 22 m. Bangunan berada pada area perkotaan dan masuk kedalam kategori kekasaran permukaan B dan masuk kedalam kategori ekspour B.

Berikut langkah – langkah menentukan beban angin dengan prosedur pengarah bagian 2.

1. Kategori resiko bangunan = IV
2. Kecepatan angin dasar (V) = 28 Km/jam
= 7,778 m/s
3. Parameter beban angin:
 - Faktor arah angin (K_d) = 0,85
 - Kategori ekspour = B
 - Faktor topografi (k_{zt}) = 1
 - Faktor tiupan angin (G) = 0,85
 - Kategori tertutup = tertutup
 - Koefisien tekanan internal (GC_{pi}) = + 0,18
- 0,18
4. Koefisien Ekspour tekanan velositas
 - Tinggi bangunan (z) = 22 m = 73,8 ft
Dari tabel 26.9.1 SNI 1727-2013 diperoleh:
 - α = 7,0
 - z_g = 365,76 ft
karena $15 \text{ ft} < 73,8 \text{ ft} < 365,76 \text{ ft}$, menurut tabel 27.3-1 koefisien tekanan velositas K_z ditentukan dengan formula:

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

$$K_z = 2,01 \left(\frac{73,8}{365,76} \right)^{2/7}$$

$$K_z = 1,27$$

- K_h dicari dengan interpolasi pada tabel 27.3-1 SNI 1727 2013.

Tinggi diatas level tanah (z)	Ekspour B
Meter	
21,3	0,89
22	x
24,4	0,93

$$x = 0,93 - \frac{22 - 21,3}{24,4 - 21,3} \cdot (0,93 - 0,89)$$

$$x = 0,93 - 0,015 = 0,91$$

Jadi nilai $K_h = 0,91$

5. Tekanan Velositas

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

$$q_z = 0,613 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 7,778^2$$

$$q_z = 40,03 \frac{N}{m^2} = 4,0 \text{ Kg/m}^2$$

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

$$q_h = 0,613 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 7,778^2$$

$$q_h = 28,68 \frac{N}{m^2} = 2,8 \text{ Kg/m}^2$$

6. Koefisien tekanan eksternal C_p atau C_n

Koefisien tekanan dinding, C_p			
permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding sisi angin datang	1,17	0,8	q_z
Dinding sisi angin pergi	1,17	-0,3	q_h

Dinding tepi	1,17	-0,7	q_h
--------------	------	------	-------

7. Tekanan angin (p)

- Tekanan angin sisi angin datang

$$p = q_z \cdot G \cdot C_p - q_z (GC_{pi})$$

$$p = 4,0 \cdot 0,85 \cdot 0,8 - 4,0 (0,18)$$

$$p = 2 \text{ Kg/m}^2$$

- Tekanan angin sisi angin pergi

$$p = q_h \cdot G \cdot C_p - q_h (GC_{pi})$$

$$p = 2,8 \cdot 0,85 \cdot 0,3 - 2,8 (0,18)$$

$$p = 0,21 \text{ Kg/m}^2$$

- Tekanan angin sisi angin tepi

$$p = q_h \cdot G \cdot C_p - q_h (GC_{pi})$$

$$p = 2,8 \cdot 0,85 \cdot 0,7 - 2,8 (0,18)$$

$$p = 1,17 \text{ Kg/m}^2$$

4.4.5 Beban Hujan

$$R = 0,0098(d_s + d_t)$$

d_s direncanakan kedalaman air rencana pada atap yang tidak melendut sebesar 20 mm

d_t direncanakan tambahan kedalaman air rencana pada atap yang tidak melendut sebesar 10 mm, maka:

$$R = 0,0098(d_s + d_t)$$

$$R = 0,0098(20 + 10)$$

$$R = 0,294 \frac{kN}{m^2} = 29,4 \text{ Kg/m}^2$$

4.4.6 Beban Gempa

A. Perencanaan beban gempa

Perencanaan pembebanan gempa menggunakan prosedur pembebanan dengan metode statik ekuivalen mengacu pada SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Berikut perencanaan beban gempa untuk bangunan *bernofarm pharmaceutical compay*. Data – data perencanaan beban gempa:

1. Kelas situs tanag sedang (SD)

2. $S_S = 0,3$; $S_I = 0,1$
3. $F_a = 1,44$; $F_v = 2,12$
4. $S_{MS} = 0,648$; $S_{DS} = 0,360$
5. $S_{DS} = 0,43$; $S_{DI} = 0,24$
6. KDS C
7. $R = 5$
8. Faktor keutamaan bangunan (I_e) 1

Tabel 4. 8 Faktor Keutamaan Bangunan

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

(sumber: SNI 1726-2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)

9. Periode fundamental pendekatan (T_a)
 Pada pasal 7.8.2.1 menentukan T_a diijinkan untuk dilakukan pendekatan dengan

$$T_a = 0,1N$$

Dimana N adalah jumlah tingkat, maka

$$T_a = 0,1N$$

$$T_a = 0,1.6 = 0,6 \text{ detik}$$

10. Nilai eksponen (k)
 Pada SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2. Pada pasal 7.8.2 SNI 1727-2012 dijelaskan bahwa sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a . Karena nilai $T_a 0,6$ maka diambil nilai **k sebesar 2**
11. Koefisien respon seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,43}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,086$$

Nilai C_s 0,086 tidak perlu melebihi:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,43}{0,6 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0,143 \text{ (Memenuhi)}$$

Nilai C_s 0,086 haurs tidak kurang dari:

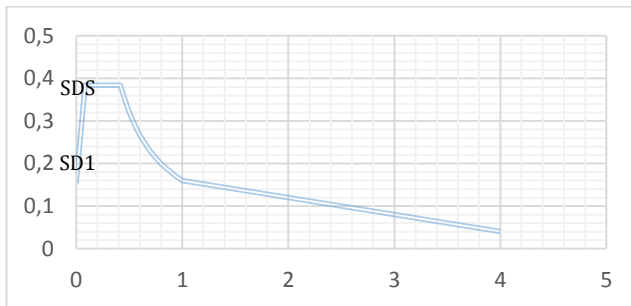
$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \cdot 0,43 \cdot 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,0189 \geq 0,01 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka digunakan nilai C_s **sebesar 0,086**

12. Grafik Respon Spektrum



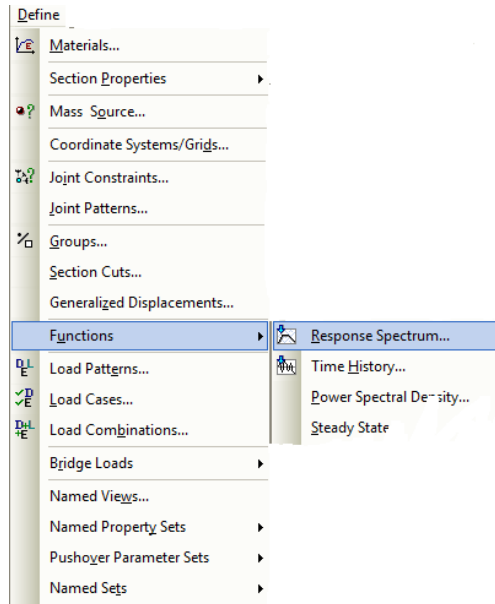
Gambar 4. 26 Grafik output respon spektrum

B. Input respon spektrum pada SAP2000

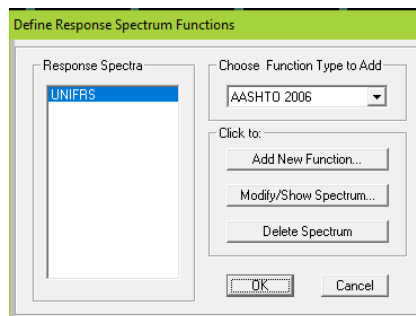
Beban gempa dengan periode ulang 8 tahun. Dalam menghitung beban gempa pada gedung ini menggunakan prosedur analisis yan ada pada SNI 1726:2012. Adapun urutan langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai S_s dan S_l dari peta hazard periode 500 tahun.
2. Didapatkan nilai $S_s = 0,3$; $S_l = 0,1$
3. Memasukkan data untuk rson spektrum pada aplikasi SAP2000, pada respon spektrum input dimasukkan

lewat *Function*, buka *Define* > *Functions* > *Response Spectrum*.



4. Pada *Choose Function Type* pilih AASHTO 2006



5. Memasukkan nilai S_s dan S_1 , serta klasifikasi tanah, dalam kasus ini klasifikasi tanah adalah D (Tanah Sedang). Secara otomatis kurva dan fungsi respon spektrum muncul, seperti gambar dibawah.

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

Function Name: SUMENEP Function Damping Ratio: 0,05

Parameters

- S_s and S_1 from USGS - by Lat./Long.
- S_s and S_1 from USGS - by Zip Code
- S_s and S_1 User Specified

Site Latitude (degrees): ?

Site Longitude (degrees): ?

Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, S_s : 0,3

1 Sec Spectral Accel, S_1 : 0,1

Long-Period Transition Period: 8,

Site Class: D

Site Coefficient, F_a : 1,56

Site Coefficient, F_v : 2,4

Calculated Values for Response Spectrum Curve

$SDS = (2/3) * F_a * S_s$: 0,312

$SD1 = (2/3) * F_v * S_1$: 0,16

Define Function

Period	Acceleration
0,	0,1248
0,1026	0,312
0,5128	0,312
1,	0,2
1,2	0,16
1,6	0,1333
1,8	0,1143
2,	0,1
3,	0,0889

Function Graph

Convert to User Defined

Display Graph [4,8133 , 0,0333]

OK Cancel

6. Mendefinisikan pembebanan melalui *Define > Load Cases*, secara otomatis *Load Case Name* akan dibuat

Define Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
ME	Linear Static
PLUMBING	Linear Static
DINDING	Linear Static
RAILING TANG	Linear Static
WATERPROOF	Linear Static
HIDUP	Linear Static
HIDUP HUJAN	Linear Static
HIDUP TANGG	Linear Static
HIDUP ATAP	Linear Static
GEMPA X	Response Spectrum
GEMPA Y	Response Spectrum
ANGIN X	Linear Static
ANGIN Y	Linear Static
LIFT	Linear Static

Click to:

- Add New Load Case...
- Add Copy of Load Case...
- Modify/Show Load Case...
- Delete Load Case

Display Load Cases

- Show Load Case Tree...

OK Cancel

secara otomatis untuk Load Case beban statik (DEAD, LIVE, dst.) sedangkan untuk tipe berupa *Function*, perlu ditambahkan sendiri. Beban gempa response spectrum akan diberikan di kedua arah sumbu utama gedung (X dan Y) secara individual yang selanjutnya digabung dalam kombinasi pembebanan berikutnya. Dalam kotak dialog seperti gambar berikut.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA X Notes:

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination: CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC r1: 1, GMC r2: 0, Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination: SRSS CQC3 Absolute Scale Factor:

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

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SUMENEP	1,962
Accel	U1	SUMENEP	1,962
Accel	U2	SUMENEP	0,5886

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0,05

Setelah itu pada *Load Case Name* untuk “GEMPA X dan GEMPA Y” dilakukan modifikasi, maka akan muncul jendela seperti dibawah ini. Dalam kasus ini faktor pengali pada kolom *Scale Factor* didapatkan dari perhitungan sebagai berikut:

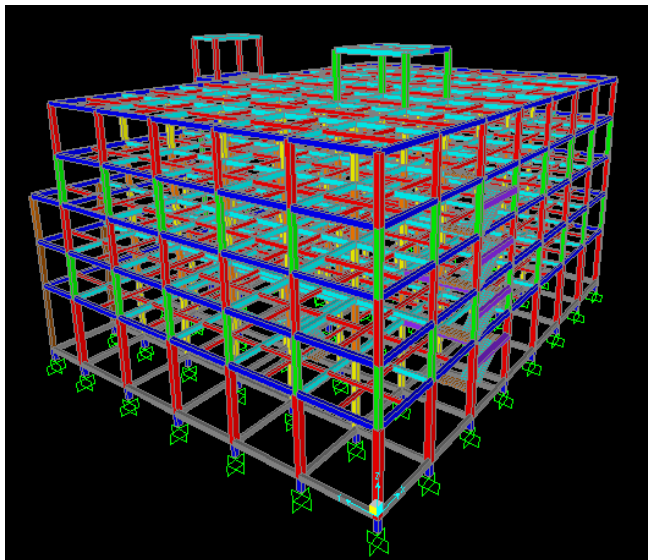
$$\frac{I_e \times g}{R} = \frac{1 \times 9,81}{5} = 1,962$$

Keterangan : I_e = Faktor Keamanan
 g = Gaya Gravitasi
 R = Koefisien modifikasi respons
(5;SRPMM)

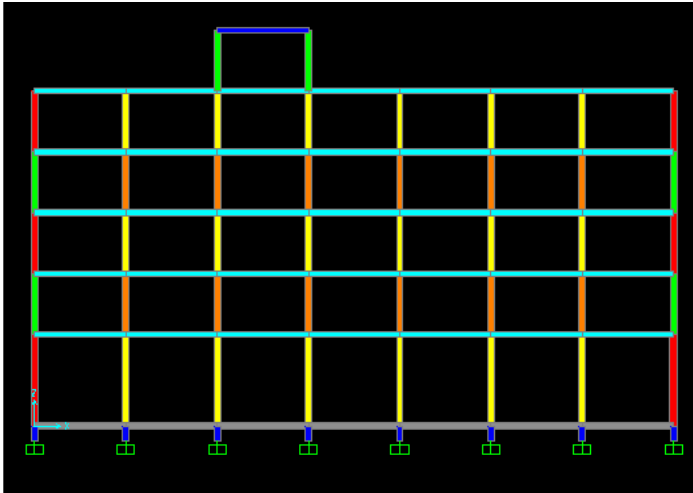
Lakukan hal yang sama untuk gempa Y, hanya saja berbeda pada kolom U1 diubah U2. Sampai disini input respon spektrum pada SAP2000 sudah selesai.

4.4.7 Permodelan Struktur

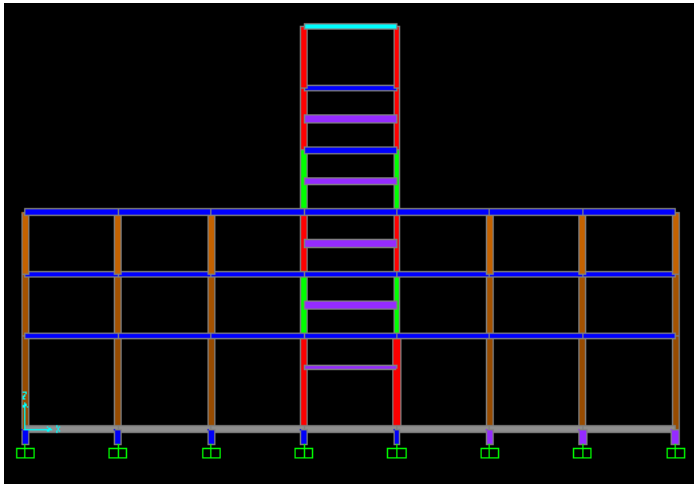
Permodelan struktur gedung digunakan juga untuk menganalisa gaya – gaya yang bekerja pada struktur, didalam Tugas Akhir Terapan ini digunakan software aplikasi SAP2000, berikut secara singkat permodelan struktur gedung Bernofarm Pharmaceutical Company.



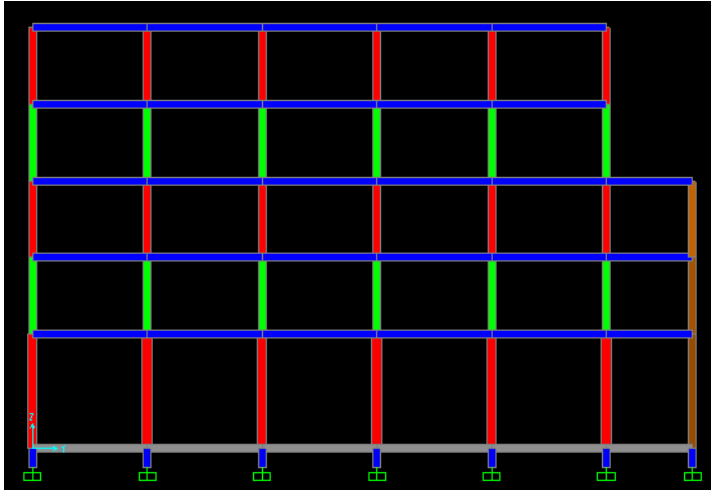
Gambar 4. 27 Permodelan 3D open frame



Gambar 4. 28 Permodelan tampak depan

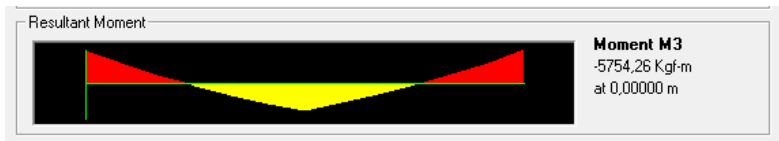


Gambar 4. 29 Permodelan tampak belakang

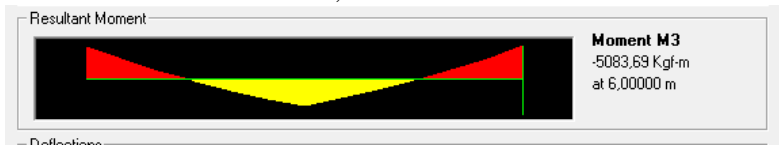


Gambar 4. 30 Permodelan tampak samping

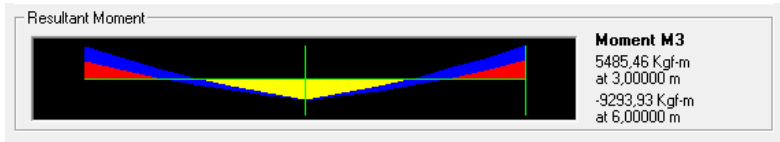
Berikut contoh output pembebanan akibat beban kombinasi pada blaok frame



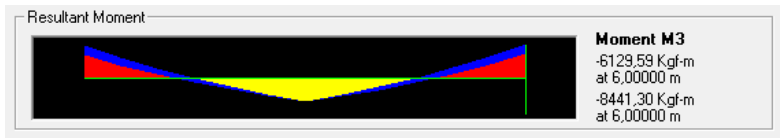
Momen akibat Kombinasi 1,4DL



Momen akibat beban kombinasi 1,2DL + 1,6 LL



Momen akibat beban kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$



Momen akibat beban kombinasi $1,2D + 0,3Ex + 1Ey + 1L$

Dari beberapa output momen yang diperoleh, output momen akibat beban kombinasi gempa memiliki nilai yang besar sehingga paling menentukan dalam perencanaan perhitungan struktur.

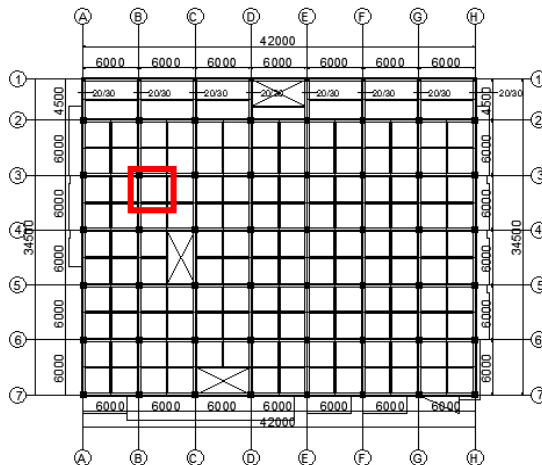
“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 5 PENULANGAN STRUKTUR

5.1 Perhitungan Struktur Pelat

A. Perhitungan Struktur Pelat Lantai 2 (Pelat Tipe 1)

- Data – data perencanaan:
 - Tipe Pelat:
 - Mutu Beton (F_c') = 30 MPa
 - Mutu Baja (F_y') = 400 Mpa
 - β = 0,85
 - ϕ = 0,9
 - L_x = 3 m
 - L_y = 3 m
 - h Pelat = 90 mm
 - b Pelat = 1000 mm
 - Dimensi balok induk = 30/40 cm
 - Dimensi balok anak = 20/30 cm
- Gambar denah perencanaan



Gambar 5. 1 Pelat tipe 1 yang ditinjau

➤ Perhitungan tulangan

- Tipe pelat

$$l_n = 3 - (0,4.2) - (0,3.2) = 2,65$$

$$s_n = 3 - (0,4.2) - (0,3.2) = 2,65$$

$$\text{Tipe pelat} = \frac{l_n}{s_n} = \frac{2,65}{2,65} = 1 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

- Pembebanan pelat

Beban Mati			
Berat sendiri Pelat (0,12 x 2400 kg/m ³)	=	288	kg/m ²
Plafond kelas 3	=	8,6	kg/m ²
Penggantung Plafond	=	10	kg/m ²
M/E	=	19	kg/m ²
Jumlah	=	325,6	kg/m ²
Beban Hidup			
Beban hidup Atap	=	96	kg/m ²
Beban Ultimate			
<i>Qu</i>	=	1,2	D + 1,6 L
	=	1,2	325,6 + 1,6 96
	=	544,32	kg/m ²

- Momen – momen pada pelat

Tipe Pelat	Momen	ly/lx						
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
I	$M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$	44	52	59	66	73	78	84
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$	44	45	45	44	44	43	41
II	$M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$	21	25	28	31	34	36	37
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16
	$M_{rx} = +0.001 q l_x^2 X$	52	59	64	69	73	76	79
	$M_{ry} = +0.001 q l_y^2 X$	52	54	56	57	57	57	57
III	$M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$	28	33	38	42	45	48	51
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$	28	28	28	27	26	25	23
	$M_{rx} = +0.001 q l_x^2 X$	68	77	85	92	98	103	107
	$M_{ry} = +0.001 q l_y^2 X$	68	72	74	76	77	77	78

Didapat nilai X dari tabel :

$$L_x = 21$$

$$L_y = 21$$

$$T_x = 52$$

$$T_y = 52$$

Momen – momen yang dihitung

Tulangan Lapangan

Momen Positif

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 720,135 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot Y \\ &= 720,135 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

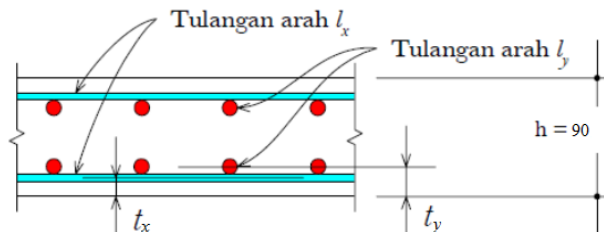
Tulangan Tumpuan

Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_{tx} &= +0,001 \cdot q \cdot t_x^2 \cdot X \\ &= 4415,52 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= +0,001 \cdot q \cdot t_x^2 \cdot X \\ &= 4415,52 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan pelat
Direncanakan diameter tulangan rencana adalah D10
tebal decking atau tebal selimut 20 mm



$$d_x = t_{pelat} - t_{decking} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right)$$

$$d_x = 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) = 95 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{pelat} - t_{decking} - d_{rencana} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right)$$

$$d_y = 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$d_y = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

- **Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_u = M_{lx} = 720,135 \text{ Kgm} = 720135,36 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{720135,36}{0,9} = 800150,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{800150,4}{1000 \cdot 95^2} = 0,089$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,089}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00022$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,00022 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
AS Pakai (mm)								
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Lapangan Arah X.

- **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_u = M_{ly} = 720,135 \text{ Kgm} = 720135,36 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{720135,36}{0,9} = 800150,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{800150,4}{1000 \cdot 95^2} = 0,089$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.0,089}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00022$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,00022 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} ,
diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004.1000.95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.(90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Lapangan Arah Y.

- **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_u = M_{tx} = 4415,52 \text{ Kgm} = 4415523,84 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{4415523,84}{0,9} = 4906137,6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{4906137,6}{1000 \cdot 95^2} = 0,5436$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,5436}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0013$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,0013 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Tumpuan Arah X.

- **Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_u = M_{ty} = 4415,52 \text{ Kgm} = 4415523,84 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\phi} = \frac{4415523,84}{0,9} = 4906137,6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{4906137,6}{1000 \cdot 95^2} = 0,5436$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,5436}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0013$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,0013 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ min, diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Tumpuan Arah Y.

- **Kontrol lendutan**

Modulus elastisitas beton (E_c)

$$E_c = 4700 \sqrt{F'_c} = 4700 \sqrt{30} \text{ MPa} = 25743 \text{ MPa}$$

Modulus elastisitas baja ($E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Rasio modulus elastisitas (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000 \text{ MPa}}{25743 \text{ MPa}} = 7,77$$

Batas lendutan maksimal (Δ_{ijin})

$$\Delta_{ijin} = \frac{l_x}{240} = \frac{3000}{240} \text{ mm} = 12,5 \text{ mm}$$

Momen inersia pelat (I_g)

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot (90 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 60.750.000 \text{ mm}^4$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas (c)

$$c = n \cdot \frac{A_s \text{ pakai}}{b}$$

$$c = 7,77 \cdot \frac{392,5 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm}}$$

$$c = 3,05$$

Momen inersia penampang retak

$$I_{cr} = n \left(A_s + \frac{P_u}{F'_y} \cdot \frac{h}{2d} \right) (d - c)^2 + \frac{L_x \cdot c^2}{3}$$

$$I_{cr} = 7,77(392,5 + 0)(95 - 3,05)^2 + \frac{3000 \cdot 3,05^2}{3}$$

$$I_{cr} = 25.794.125,05 \text{ mm}^4$$

Beban terfaktor merata

$$Q_u = 544,32 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 0,0054432 \text{ N/mm}^2$$

Momen maksimum (M_a)

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L_x^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot 544,32 \text{ Kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2$$

$$M_a = 612,36 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_a = 6123600 \text{ Nmm}$$

Modulus keruntuhan beton (F_r)

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{F'_c}$$

$$F_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}$$

$$F_r = 3,4 \text{ MPa}$$

Momen retak (M_{cr})

$$M_{cr} = \frac{F_r \cdot I_g}{t}$$

$$M_{cr} = \frac{3,4 \text{ MPa} \cdot 60.750.000 \text{ mm}^4}{90 \text{ mm}}$$

$$M_{cr} = 2.295.000 \text{ Nmm}$$

Momen inersia (I_e)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{2.295.000}{6123600} \right)^3 \cdot 60.750.000 + \left(1 - \left(\frac{2.295.000}{6123600} \right)^3 \right) \cdot 25.794.125,05$$

$$I_e = 24.436.285,64 \text{ mm}^4$$

Lendutan (δ_e)

$$\delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{Q_u \cdot l_x^4}{E_c \cdot I_e} \right)$$

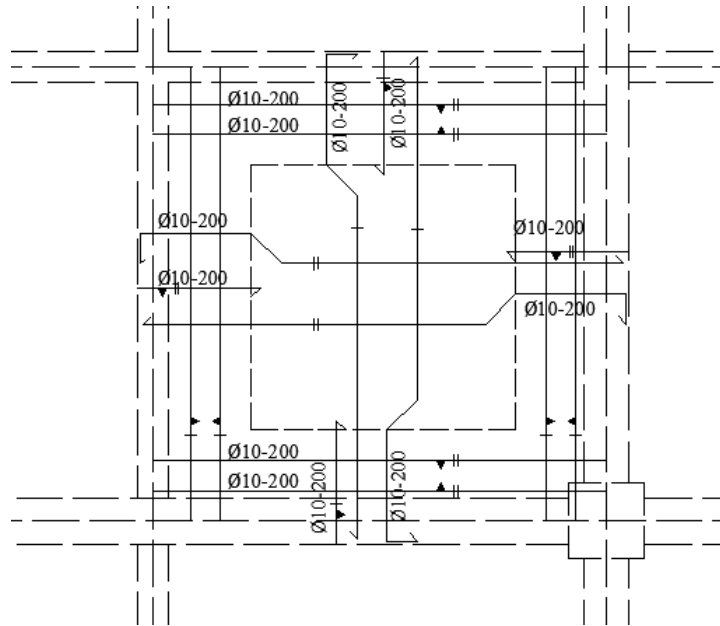
$$\delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{0,0054432 \cdot 3000^4}{25743 \cdot 24.436.285,64} \right)$$

$$\delta_e = 0,0091 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\delta_e < \Delta_{ijin}$$

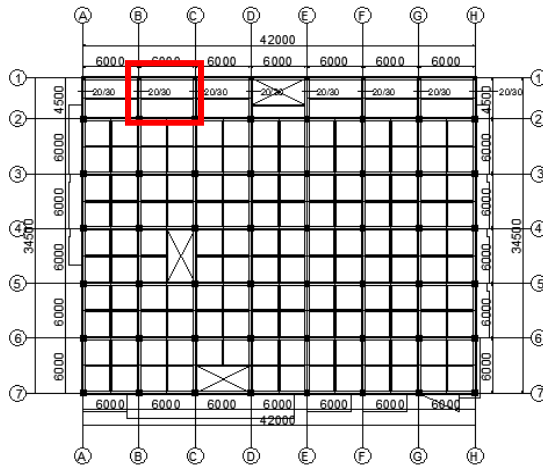
$$0,0091 \text{ mm} < 12,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$



Gambar 5. 2 Penulangan pelat tipe 1

B. Perhitungan Struktur Pelat Lantai 2 (Tipe 2)

- Data – data perencanaan:
 - Tipe Pelat:
 - Mutu Beton (F_c') = 30 MPa
 - Mutu Baja (F_y') = 400 Mpa
 - β = 0,85
 - ϕ = 0,9
 - L_x = 6 m
 - L_y = 2,25 m
 - h Pelat = 90 mm
 - b Pelat = 1000 mm
 - Dimensi balok induk = 30/40 cm
 - Dimensi balok anak = 20/30 cm
- Gambar denah perencanaan



Gambar 5. 3 Pelat tipe 2 yang ditinjau

- Perhitungan tulangan
 - Tipe pelat
 - $l_n = 6 - (0,4.2) - (0,3.2) = 5,65$

$$S_n = 2,5 - (0,4 \cdot 2) - (0,3 \cdot 2) = 1,90$$

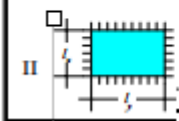
$$\text{Tipe pelat} = \frac{l_n}{s_n} = \frac{5,65}{1,90} = 2,97 > 2$$

(**Pelat 1 Arah**)

- **Pembebanan pelat**

Beban Mati			
Berat sendiri Pelat (0,12 x 2400 kg/m ³)	=	288	kg/m ²
Plafond klasi 3	=	8,6	kg/m ²
Penggantung Plafond	=	10	kg/m ²
M/E	=	19	kg/m ²
Jumlah	=	325,6	kg/m ²
Beban Hidup			
Beban hidup Atap	=	96	kg/m ²
Beban Ultimate			
<i>Qu</i>	=	1,2	D + 1,6 L
	=	1,2	325,6 + 1,6 96
	=	544,32 kg/m ²	

- **Momen – momen pada pelat**

Tipe Pelat	Momen			
		2.4	2.5	> 2.5
	$M_{lx} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	42	42	42
	$M_{ly} = + 0.001 q \cdot l_y^2 \cdot X$	10	10	8
	$M_{lx} = + 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	83	83	83
	$M_{ly} = + 0.001 q \cdot l_y^2 \cdot X$	57	57	57

Didapat nilai X dari tabel :

$$L_x = 42$$

$$L_y = 8$$

$$T_x = 83$$

$$T_y = 57$$

Momen – momen yang dihitung untuk pelat satu arah adalah untuk tulangan arah L_x (arah bentang terpendek)

Momen Positif

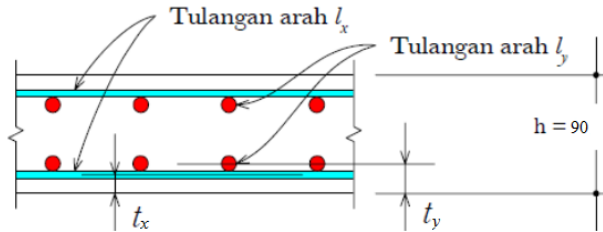
$$\begin{aligned} Mlx &= +0,001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\ &= 2160,41 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen Negatif

$$\begin{aligned} Mtx &= +0,001 \cdot q \cdot tx^2 \cdot X \\ &= 8437,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan pelat

Direncanakan diameter tulangan rencana adalah D10 tebal decking atau tebal selimut 20 mm



$$d_x = t_{pelat} - t_{decking} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right)$$

$$d_x = 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) = 95 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{pelat} - t_{decking} - d_{rencana} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right)$$

$$d_y = 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$d_y = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$m = \frac{F'_y}{0,85 \times F'_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

- **Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_u = M_{lx} = 2160,40 \text{ Kgm} = 2160406,08 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{2160406,08}{0,9} = 2400451,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{2400451,2}{1000 \cdot 95^2} = 0,332$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,332}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00083$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,00083 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Lapangan Arah X.

- **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_u = M_{tx} = 8437,09 \text{ Kgm}$$

$$= 8437096,08 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{8437096,08}{0,9} = 9374551,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{9374551,2}{1000 \cdot 95^2} = 1,29$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,29}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0033$$

Syarat:

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

$0,0035 > 0,0033 < 0,024$ (**Tidak Memenuhi**)

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ min,
diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Tumpuan Arah X.

- **Kebutuhan tulangan susut dan suhu**

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 7.12 tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio Luas tulangan terhadap Luas bruto penampang (ρ) sebagai tabel berikut:

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $F_y' = 280$ atau 350 MPa	0,0020
------------------------------------------------------------------------------	--------

Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $F_y' = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	0,0018 x $420/F_y'$

Karena digunakan $F_y' = 400$ MPa maka digunakan nilai $\rho = 0,0018$, maka:

$$A_{s\text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 95 = 171 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$5 \times \text{tebal pelat} = 5 \times 90 \text{ mm} = 450 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$$

$$450 < S_{\text{maks}}$$

maka diambil jarak sebesar 400 mm

$$S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s\text{ pakai}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 \cdot S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-300 diperoleh

$A_{s\text{ pakai}} = 261,67 \text{ mm}^2 \geq A_{s\text{ perlu}} = 171 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-300 Tulangan susut dan suhu.

- **Kontrol Gaya geser**

Gaya geser maksimum yang terjadi:

$$V_u = \frac{1,15q_u L_n}{2} = \left(\frac{1,15 \cdot 544,32 \frac{Kg}{m^2} \cdot 5,65 m}{2} \right)$$

$$V_u = 1.768,35 \text{ Kg/m}$$

Gaya geser nominal:

$$\phi V_c = \phi(0,17\lambda\sqrt{F'_c} \cdot b \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75(0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 95) = 66.342,8 \text{ N/m}$$

$$\phi V_c = 6.6343 \text{ Kg/m}$$

syarat :

$$\phi V_c > V_u$$

$$6.6343 \frac{Kg}{m} > 1.768,35 \frac{Kg}{m} \text{ (Memenuhi)}$$

- **Kontrol lendutan**

Modulus elastisitas beton (E_c)

$$E_c = 4700\sqrt{F'_c} = 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} = 25743 \text{ MPa}$$

Modulus elastisitas baja ($E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Rasio modulus elastisitas (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000 \text{ MPa}}{25743 \text{ MPa}} = 7,77$$

Batas lendutan maksimal (Δ_{ijin})

$$\Delta_{ijin} = \frac{l_x}{240} = \frac{2250}{240} \text{ mm} = 9,375 \text{ mm}$$

Momen inersia pelat (I_g)

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot (90 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 60.750.000 \text{ mm}^4$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas (c)

$$c = n \cdot \frac{A_{s \text{ pakai}}}{b}$$

$$c = 7,77 \cdot \frac{392,5 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm}}$$

$$c = 3,05$$

Momen inersia penampang retak

$$I_{cr} = n \left(A_s + \frac{P_u}{F_y'} \cdot \frac{h}{2d} \right) (d - c)^2 + \frac{L_x \cdot c^2}{3}$$

$$I_{cr} = 7,77(392,5 + 0)(95 - 3,05)^2 + \frac{3000 \cdot 3,05^2}{3}$$

$$I_{cr} = 25.794.125,05 \text{ mm}^4$$

Beban terfaktor merata

$$Q_u = 544,32 \frac{Kg}{m^2} = 0,0054432 \text{ N/mm}^2$$

Momen maksimum (M_a)

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L_x^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot 544,32 \text{ Kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2$$

$$M_a = 612,36 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_a = 6123600 \text{ Nmm}$$

Modulus keruntuhan beton (F_r)

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{F_c'}$$

$$F_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}$$

$$F_r = 3,4 \text{ MPa}$$

Momen retak (M_{cr})

$$M_{cr} = \frac{F_r \cdot I_g}{t}$$

$$M_{cr} = \frac{3,4 \text{ MPa} \cdot 60.750.000 \text{ mm}^4}{90 \text{ mm}}$$

$$M_{cr} = 2.295.000 \text{ Nmm}$$

Momen inersia (I_e)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{2.295.000}{6123600} \right)^3 \cdot 60.750.000 \\ + \left(1 - \left(\frac{2.295.000}{6123600} \right)^3 \right) \cdot 25.794.125,05$$

$$I_e = 24.436.285,64 \text{ mm}^4$$

Lendutan (δ_e)

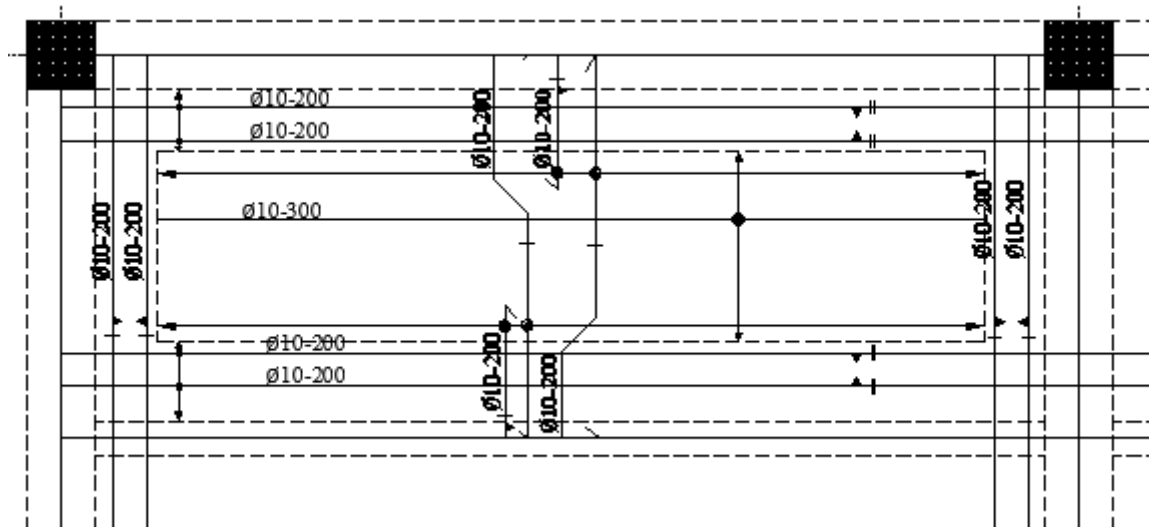
$$\delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{Q_u \cdot l_x^4}{E_c \cdot I_e} \right) \\ \delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{0,0054432 \cdot 3000^4}{25743 \cdot 24.436.285,64} \right)$$

$$\delta_e = 0,0091 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\delta_e < \Delta_{ijin}$$

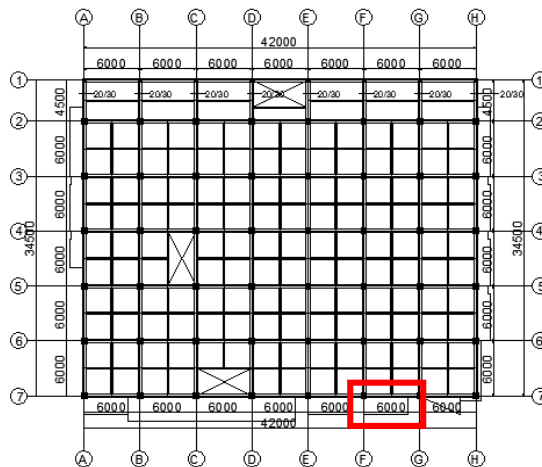
$$0,0091 \text{ mm} < 9,375 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$



Gambar 5. 4 Penulangan pelat tipe 2

C. Perhitungan Struktur Pelat kantilever

- Data – data perencanaan:
 - Tipe Pelat:
 - Mutu Beton (F_c') = 30 MPa
 - Mutu Baja (F_y') = 400 Mpa
 - β = 0,85
 - ϕ = 0,9
 - L_x = 4,7 m
 - L_y = 1,5 m
 - h Pelat = 150 mm
 - b Pelat = 1000 mm
 - Dimensi balok induk = 30/40 cm
 - Dimensi balok anak = 20/30 cm
- Gambar denah perencanaan



Gambar 5.5 Pelat kantilever yang ditinjau

- Perhitungan tulangan
 - Tipe pelat
 - $l_n = 4,7 - (0,4.2) - (0,3.2) = 4,35$

$$S_n = 1,5 - (0,4 \cdot 2) - (0,3 \cdot 2) = 1,15$$

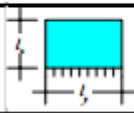
$$\text{Tipe pelat} = \frac{l_n}{s_n} = \frac{4,35}{1,15} = 3,78 > 2$$

(**Pelat 1 Arah**)

- Pembebanan pelat

Beban Mati			
Berat sendiri Pelat (0,12 x 2400 kg/m ³)	=	360	kg/m ²
M/E	=	19	kg/m ²
total	=	307	kg/m ²
Beban Hidup			
Beban hidup	=	96	kg/m ²
Beban Ultimate			
qu	=	1,2	D + 1,6 L
	=	630,72	kg/m ²

- Momen – momen pada pelat

Tipe Pelat	Momen			
		2.4	2.5	> 2.5
	$M_{lx} = +0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	61	62	63
	$M_{ly} = +0.001 q \cdot l_y^2 \cdot X$	16	15	13
	$M_{tx} = +0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X$	123	124	125

Didapat nilai X dari tabel :

$$L_x = 63$$

$$L_y = 13$$

$$T_x = 125$$

Momen – momen yang dihitung untuk pelat satu arah adalah untuk tulangan arah L_x (arah bentang terpendek)

Momen Positif

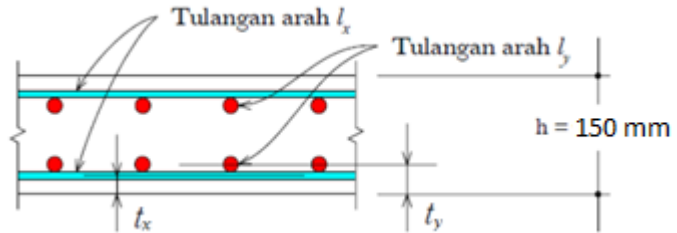
$$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 4661,59 \text{ kg.m}$$

Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_{tx} &= +0,001 \cdot q \cdot t x^2 \cdot X \\ &= 18351,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan pelat
Direncanakan diameter tulangan rencana adalah D10 tebal decking atau tebal selimut 20 mm



$$\begin{aligned} d_x &= t_{pelat} - t_{decking} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right) \\ d_x &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) = 115 \text{ mm} \\ d_y &= t_{pelat} - t_{decking} - d_{rencana} - \left(\frac{1}{2} d_{rencana}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right) \\ d_y &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$m = \frac{F'_y}{0,85 \times F'_c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

- **Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_u = M_{lx} = 4661,59 \text{ Kgm} = 4661590,5 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{4661590,5}{0,9} = 4661590,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{4661590,5}{1000 \cdot 115^2} = 0,391$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,391}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00098$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,00098 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 1000 \cdot 95 = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-200 diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-200 Tulangan Lapangan Arah X.

- **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_u = M_{tx} = 18351,56 \text{ Kgm}$$

$$= 18351562,5 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{18351562,5}{0,9} = 20390625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{20390625}{1000 \cdot 115^2} = 1,54$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,54}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0039$$

Syarat:

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

$0,0035 < 0,0039 < 0,024$ (**Memenuhi**)

Maka nilai ρ yang digunakan adalah $0,0039$,
diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0039 \cdot 1000 \cdot 115 = 448,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} = 2 \cdot (90 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-150 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 523,33 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 448,5 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-150 Tulangan Tumpuan Arah X.

- **Kebutuhan tulangan susut dan suhu**

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 7.12 tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio Luas tulangan terhadap Luas bruto penampang (ρ) sebagai tabel berikut:

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $F_y' = 280$ atau 350 MPa	0,0020
------------------------------------------------------------------------------	--------

Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $F_y' = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$0,0018 \times 420/F_y'$

Karena digunakan $F_y' = 400$ MPa maka digunakan nilai $\rho = 0,0018$, maka:

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 95 = 171 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$5 \times \text{tebal pelat} = 5 \times 90 \text{ mm} = 450 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$$

$$450 < S_{\text{maks}}$$

maka diambil jarak sebesar 400 mm

$$S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 \cdot S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-300 diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 261,67 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 171 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan D10-300 Tulangan susut dan suhu.

- **Kontrol Gaya geser**

Gaya geser maksimum yang terjadi:

$$V_u = \frac{1,15q_u L_n}{2} = \left(\frac{1,15 \cdot 630,72 \frac{Kg}{m^2} \cdot 4,35 m}{2} \right)$$

$$V_u = 1.566,59 Kg/m$$

Gaya geser nominal:

$$\phi V_c = \phi(0,17\lambda\sqrt{F'_c} \cdot b \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75(0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 95) = 66.342,8 N/m$$

$$\phi V_c = 6.6343 Kg/m$$

syarat :

$$\phi V_c > V_u$$

$$6.6343 \frac{Kg}{m} > 1.566,59 \frac{Kg}{m} \text{ (Memenuhi)}$$

- **Kontrol lendutan**

Modulus elastisitas beton (E_c)

$$E_c = 4700\sqrt{F'_c} = 4700\sqrt{30 MPa} = 25743 MPa$$

Modulus elastisitas baja ($E_s = 200000 MPa$)

Rasio modulus elastisitas (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000 MPa}{25743 MPa} = 7,77$$

Batas lendutan maksimal (Δ_{ijin})

$$\Delta_{ijin} = \frac{l_x}{240} = \frac{1500}{240} mm = 6,25 mm$$

Momen inersia pelat (I_g)

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot (150 mm)^3$$

$$I_g = 281.250.000 mm^4$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas (c)

$$c = n \cdot \frac{A_{s \text{ pakai}}}{b}$$

$$c = 7,77 \cdot \frac{523,33 mm^2}{1000 mm}$$

$$c = 4,06$$

Momen inersia penampang retak

$$I_{cr} = n \left(A_s + \frac{P_u}{F_y'} \cdot \frac{h}{2d} \right) (d - c)^2 + \frac{L_x \cdot c^2}{3}$$

$$I_{cr} = 7,77(523,3 + 0)(95 - 4,06)^2 + \frac{3000 \cdot 4,06^2}{3}$$

$$I_{cr} = 33.642.982,59 \text{ mm}^4$$

Beban terfaktor merata

$$Q_u = 630,72 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 0,0063072 \text{ N/mm}^2$$

Momen maksimum (M_a)

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L_x^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \cdot 630,72 \text{ Kg/m}^2 \cdot (1,5 \text{ m})^2$$

$$M_a = 177,39 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_a = 1773900 \text{ Nmm}$$

Modulus keruntuhan beton (F_r)

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{F_c'}$$

$$F_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}$$

$$F_r = 3,4 \text{ MPa}$$

Momen retak (M_{cr})

$$M_{cr} = \frac{F_r \cdot I_g}{t}$$

$$M_{cr} = \frac{3,4 \text{ MPa} \cdot 281.250.000 \text{ mm}^4}{150 \text{ mm}}$$

$$M_{cr} = 6.375.000 \text{ Nmm}$$

Momen inersia (I_e)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{6.375.000}{1773900} \right)^3 \cdot 281.250.000 \\ + \left(1 - \left(\frac{6.375.000}{1773900} \right)^3 \right) \cdot 33.642.982,59$$

$$I_e = 11.526.075.120 \text{ mm}^4$$

Lendutan (δ_e)

$$\delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{Q_u \cdot l_x^4}{E_c \cdot I_e} \right)$$

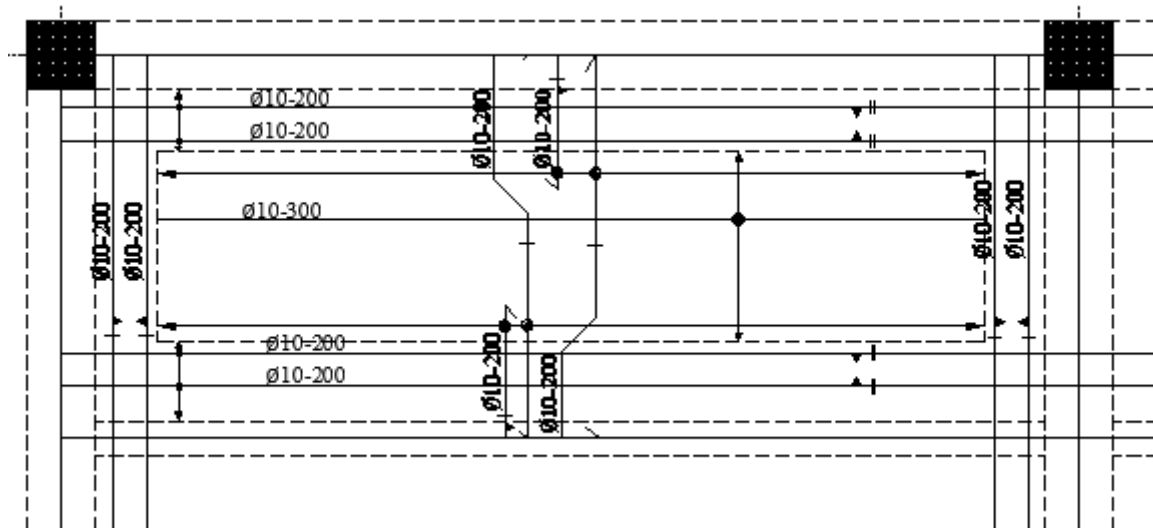
$$\delta_e = \frac{5}{384} \left(\frac{0,0063072 \cdot 1500^4}{25743 \cdot 11.526.075.120} \right)$$

$$\delta_e = 0,0000014 \text{ mm}$$

Syarat :

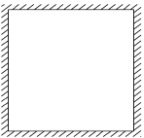

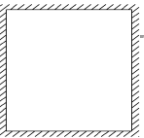
$$\delta_e < \Delta_{ijin}$$

$$0,0000014 \text{ mm} < 6,25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$



Gambar 5. 6 Penulangan Kantilever

Tabel 5. 1 Penulangan struktur pelat

tipe pelat	POSISI	tebal pelat (mm)	Ly (m)	Lx (m)	Ly/Lx	qd (kg/m ²)	ql (kg/m ²)	qu (kg/m ²)	x
	Lt 2	120	2,65	2,65	1	543,11	287	1110,932	21
	AS (A-B)-(1-2)								21
									52
									52
	Lt 2	120	4,15	2,65	1,566038	543,11	287	1110,932	36
	AS (A-B)-(6-7)								17
									76
									57
									57
	Lt 3	120	2,65	2,65	1	543,11	287	1110,932	21
	AS (A-B)-(1-2)								21
									52
									52
									52

X	Momen	Mu	Mn	m	Rn	pmax	p perlu	1,33 x p perlu
	(Nmm)	(Nmm)	(Nmm)		Mn/bd2			
21	Mlx	1638319,2	1820355	15,68	0,206015693	0,024384	0,000517136	0,0006878
21	Mtx	1638319,2	1820355	15,68	0,206015693	0,024384	0,000517136	0,0006878
52	Mly	4056790,4	4507545	15,68	0,670366578	0,024384	0,001698535	0,0022591
52	Mty	4056790,4	4507545	15,68	0,670366578	0,024384	0,001698535	0,0022591
36	Mlx	2808547,2	3120608	15,68	0,353169759	0,024384	0,000889122	0,0011825
17	Mtx	1326258,4	1473620	15,68	0,166774608	0,024384	0,000418308	0,0005564
76	Mly	5929155,2	6587950	15,68	0,979766537	0,024384	0,002498352	0,0033228
57	Mty	4446866,4	4940963	15,68	0,734824903	0,024384	0,001864311	0,0024795
21	Mlx	1638319,2	1820355	15,68	0,206015693	0,024384	0,000517136	0,0006878
21	Mtx	1638319,2	1820355	15,68	0,206015693	0,024384	0,000517136	0,0006878
52	Mly	4056790,4	4507545	15,68	0,670366578	0,024384	0,001698535	0,0022591
52	Mty	4056790,4	4507545	15,68	0,670366578	0,024384	0,001698535	0,0022591

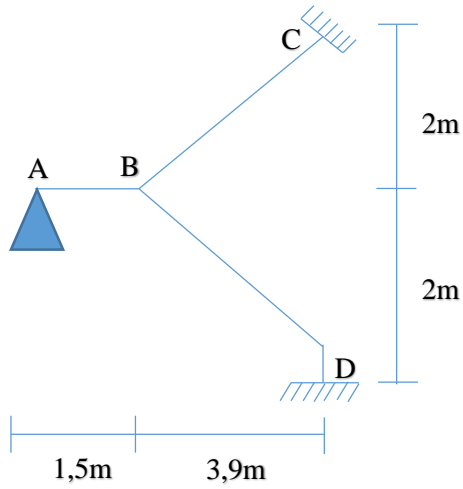
p min	p pakai	As(mm2)			KONTROL	as susut(mm2)		
		As perlu	As pasang	Tul. Pasang		AS perlu	AS pasang	Tul. Pasang
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	329	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200
0,0035	0,0035	287	334,9333333	8-150	AMAN	216	251,2	8-200

5.2 Perhitungan Struktur Tangga dan Bordes

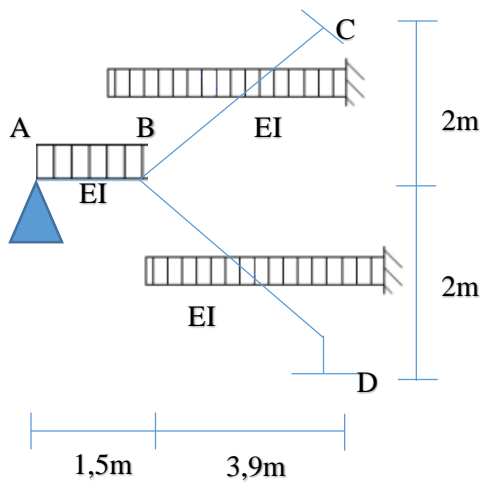
A. Tangga Utama tinggi 6 meter

Dalam perhitungan penulangan tangga utama, tangga yang dipilih adalah tangga penghubung lantai 1 dengan lantai 2. Untuk menghitung penulangan pelat bordes, menentukan momen yang terjadi pada pelat dengan 2 cara yaitu dihitung dengan menggunakan metode *cross* dan berdasarkan pada *output* aplikasi SAP2000. Dari kedua hasil momen tersebut diambil nilai terbesar untuk menghitung penulangan pelat tangga dan pelat bordes.

- Data – data perencanaan:
 - Mutu beton (F_c') = 30 MPa
 - Mutu baja tul.lentur (F_y') = 400 MPa
 - Mutu baja tul.geser (F_y') = 400 MPa
 - β = 0,85
 - φ = 0,8
 - Tebal pelat tangga = 15 cm
 - Lebar injakan = 30 cm
 - Tinggi injakan = 15 cm
 - Tinggi tangga = 4 m
 - Panjang tangga datar = 300 cm
 - Tinggi bordes = 150 cm
 - Tebal pelat bordes = 12 cm
 - Lebar bordes = 150 cm
 - Panjang bordes = 300 cm
- Perhitungan penulangan pelat:
 - Momen pelat:
 - Metode Cross



Gambar 5. 7 Sketsa perletakan tangga



Pembebanan :

Pelat tangga:

$$Q_{DL} = 528 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_{LL} = 287 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,2Q_{DL} + 1,6Q_{LL} = 1092,8 \text{ Kg/m}^2$$

Pelat bordes :

$$Q_{DL} = 360 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_{LL} = 287 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,2Q_{DL} + 1,6Q_{LL} = 891,2 \text{ Kg/m}^2$$

Beban merata yang terjadi pada pelat :

q tangga

$$q = Q_u \times L_{tangga}$$

$$q = 1092,8 \times 3,9$$

$$q = 4261,92 \text{ Kg/m}$$

q datar

$$q = q_{tangga} / \cos \alpha$$

$$q = 4261,92 / 0,89$$

$$q = 4788,67 \text{ Kg/m}$$

q bordes

$$q = Q_u \times L_{tangga}$$

$$q = 891,2 \times 1,5$$

$$q = 1336,8 \text{ Kg/m}$$

Faktor distribusi (μ)

$$\begin{aligned} \mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BD} &= \frac{3EI}{1,5 \text{ m}} : \frac{4EI}{3,9 \text{ m}} : \frac{4EI}{3,9 \text{ m}} \\ &= 2EI : 1,03EI : 1,03EI \end{aligned}$$

$$\mu_{BA} = \frac{2EI}{2EI + 1,03EI + 1,03EI} = 0,49$$

$$\mu_{BC} = \frac{1,03EI}{4,06EI} = 0,254$$

$$\mu_{BD} = \frac{1,03EI}{4,06EI} = 0,254$$

Momen primer (MF)

$$MF_{BA} = -\frac{1}{8} \cdot Q \cdot L^2$$

$$MF_{BA} = -\frac{1}{8} \cdot 1336,8 \cdot (1,5)^2$$

$$MF_{BA} = -375,98 \text{ Kg.m}$$

$$MF_{BC} = +\frac{1}{12} \cdot Q \cdot L^2$$

$$MF_{BC} = +\frac{1}{12} \cdot 4788,67 \cdot (3,9)^2$$

$$MF_{BC} = +6069,49 \text{ Kg.m}$$

$$MF_{BC} = -\frac{1}{12} \cdot Q \cdot L^2$$

$$MF_{BC} = -\frac{1}{12} \cdot 4788,67 \cdot (3,9)^2$$

$$MF_{BC} = -6069,49 \text{ Kg.m}$$

$$MF_{BD} = +\frac{1}{12} \cdot Q \cdot L^2$$

$$MF_{BD} = +\frac{1}{12} \cdot 4788,67 \cdot (3,9)^2$$

$$MF_{BD} = +6069,49 \text{ Kg.m}$$

$$MF_{BD} = -\frac{1}{12} \cdot Q \cdot L^2$$

$$MF_{BD} = -\frac{1}{12} \cdot 4788,67 \cdot (3,9)^2$$

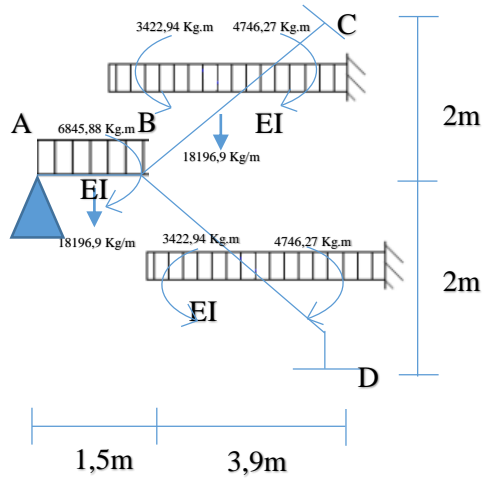
$$MF_{BD} = -6069,49 \text{ Kg.m}$$

Tabel Cross

Titik	B			C	D
	BA	BC	BD	CB	DB
FD	-0,49	-0,255	-0,255	-	-
MF	-375,98	6069,64	6069,64	-6069,64	-6069,64
MD	-6469,9	-2646,7	-2646,7	0	0
MI	0	0	0	+1323,37	+1323,37

MD	0	0	0	0	0
Makhir	-6845,88	+3422,94	+3422,94	-4746,27	-4746,27

Free body diagram



- Batang AB

$$\sum MA = 0 \quad V_B \text{ misal } (\uparrow)$$

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

$$-V_B \cdot 1,5m + 1336,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5m + 6845,88 \text{ Kg} \cdot m = 0$$

$$V_B = 7870,98 \text{ Kg } (\uparrow)$$

$$V_A = 7870,98 - 1336,8$$

$$V_A = 6534,18 \text{ Kg } (\downarrow)$$

- Batang BC

$$\sum MC = 0 \quad V_B \text{ misal } (\uparrow)$$

$$V_B \cdot L - Q \cdot \frac{1}{2} \cdot L - M_{BC} + M_{CB} = 0$$

$$V_B \cdot 3,9 - 4788,67 \frac{1}{2} \cdot 3,9m - 3422,94Kg \cdot m + 4746,27 = 0$$

$$V_B = 9677,22 \text{ Kg } (\uparrow)$$

$$V_C = 8519,73 \text{ Kg } (\uparrow)$$

- Momen maksimal

Batang CB = DB

$$D = 0$$

$$0 = -V_c + q \cdot x$$

$$= -8519,73 \text{ Kg} + 4788,67 \text{ Kg/m} \cdot x$$

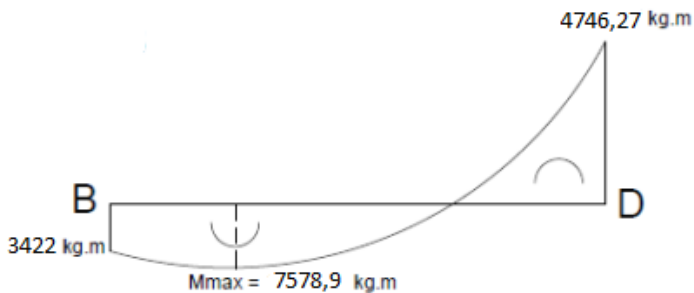
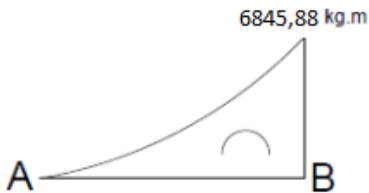
$$x = 1,78 \text{ m dari titik c}$$

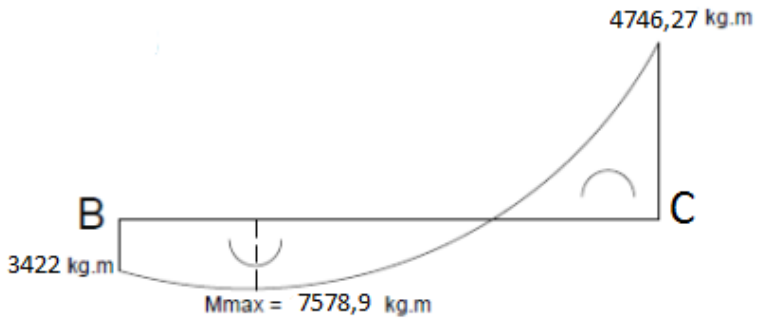
- Momen maksimal yang terjadi

$$M_{max} = V_c \cdot x - q \cdot x \cdot 1/2 \cdot x$$

$$M_{max} = 8519,73 \text{ Kg} \cdot 1,78 \text{ m} - (4788,67 \text{ Kg/m} \cdot 1,78 \text{ m}) \cdot 1/2 \cdot 1,78 \text{ m}$$

$$M_{max} = +7578,9 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$





A. Perhitungan pelat tangga

Pembebanan :

Pelat tangga:

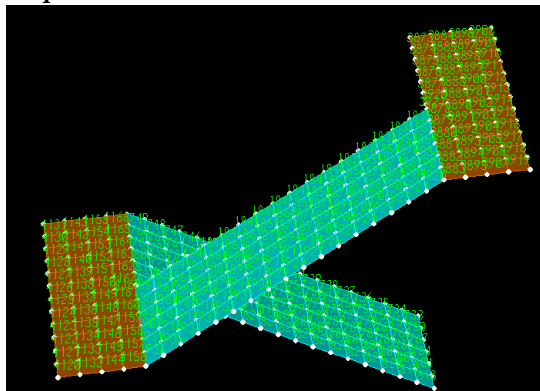
1. Beban mati

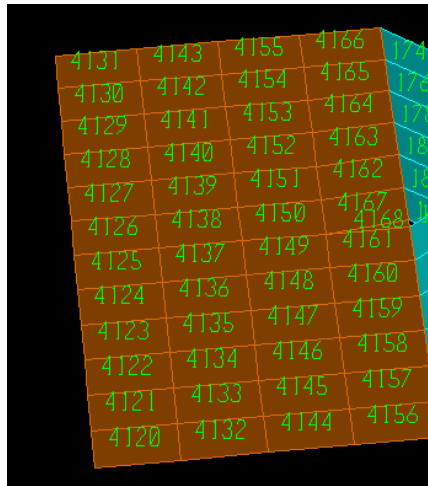
- Keramik ($t=19$ mm)+spesi (25mm) = 110 Kg/m²
- Berat sendiri 0,22 m x 2400 Kg/m² = 528 Kg/m²
- Total = 638 Kg/m²

2. Beban hidup

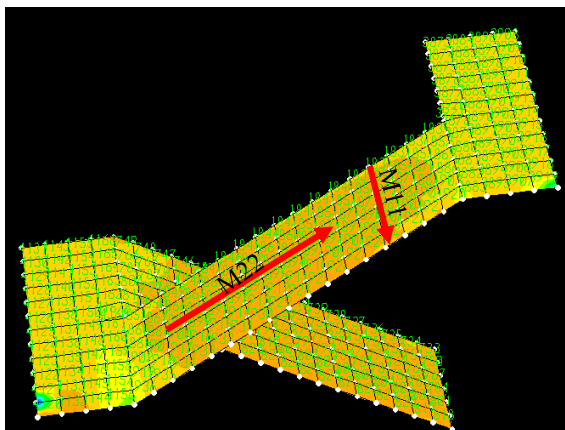
- Beban hidup tangga = 278 Kg/m²

- *Output SAP2000*





Penomoran pada tangga



$$M_{11} = 5522,62 \text{ Kg.m}$$

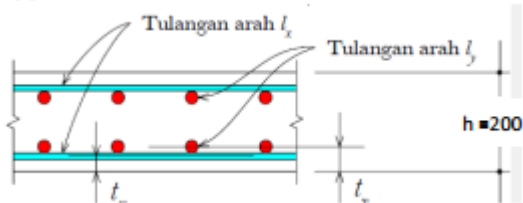
$$M_{22} = 6015,44 \text{ Kg.m}$$

- Perhitungan tulangan :

$$\text{Tebal decking} = 30 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan rencana} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi manfaat} = 220 \text{ mm}$$



Pelat tangga :

$$d_x = t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - \left(\frac{1}{2} \cdot d_{\text{rencana}} \right)$$

$$d_x = 220 - 30 - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \right)$$

$$d_x = 184 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - \left(\frac{1}{2} \cdot d_{\text{rencana}} \right)$$

$$d_y = 220 - 30 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \right)$$

$$d_y = 172 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

- **PENULANGAN PELAT TANGGA**

Arah X

$$M_u = M_{11} = 6015,44 \text{ Kg.m} = 60154400 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{11}}{\phi} = \frac{60154400}{0,9} = 66838222,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{66838222,22}{1000 \cdot 184^2} = 1,97$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,97}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,005$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,005 < 0,024 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \cdot 1000 \cdot 184 = 946,2 \text{ mm}^2$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan Ø12-100 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 1130,40 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 946,2 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan Ø12-100 Tulangan Arah X.

Arah Y

$$M_u = M_{22} = 5522,62 \text{ Kgm} = 55226200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{22}}{\phi} = \frac{55226200}{0,9} = 61362444,44 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{61362444,44}{1000 \cdot 172^2} = 1,81$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,81}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0047$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,0047 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ min,
diperoleh :

$$A_{s\text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 1000 \cdot 172 = 865,67 \text{ mm}^2$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s\text{ pakai}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 \cdot S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan $\emptyset 12-100$ diperoleh $A_{s\text{ pakai}} = 1130,40 \text{ mm}^2 \geq A_{s\text{ perlu}} = 865,67 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan $\emptyset 12-100$ Tulangan Arah Y.

- **Kebutuhan tulangan susut dan suhu**

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 7.12 tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio Luas tulangan terhadap Luas bruto penampang (ρ) sebagai tabel berikut:

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $F_y' = 280$ atau 350 MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $F_y' = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan tegangan luluh melebihi 420 MPa	$0,0018 \times \frac{420}{F_y'}$

yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	
-----------------------------------------------	--

Karena digunakan $F_y' = 400$ MPa maka digunakan nilai $\rho = 0,0018$, maka:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 95 = 171 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$5 \times \text{tebal pelat} = 5 \times 90 \text{ mm} = 450 \text{ mm} < S_{maks}$$

$$450 < S_{maks}$$

maka diambil jarak sebesar 400 mm

$$S_{maks} = 450 \text{ mm}$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

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

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan D10-300 diperoleh $A_s \text{ pakai} = 261,67 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 171 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan Ø10-300 Tulangan susut dan suhu.

B. Perhitungan pelat bordes tangga

Pembebanan :

Pelat tangga:

1. Beban mati

- Keramik (t=19 mm)+spesi (25mm) = 110 Kg/m²

- Berat sendiri $0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^2 = 480 \text{ Kg/m}^2$
Total $= 590 \text{ Kg/m}^2$
2. Beban hidup
- Beban hidup tangga $= 278 \text{ Kg/m}^2$

- **Output SAP2000**

Tangga

$$M_{11} = 6077,022 \text{ Kg.m}$$

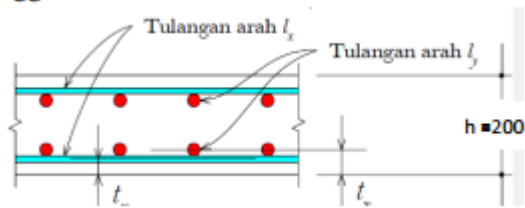
$$M_{22} = 9635,086 \text{ Kg.m}$$

- Perhitungan tulangan :

Tebal decking $= 30 \text{ mm}$

D tulangan rencana $= 12 \text{ mm}$

Tinggi manfaat $= 200 \text{ mm}$



Pelat tangga :

$$d_x = t_{pelat} - t_{decking} - \left(\frac{1}{2} \cdot d_{rencana}\right)$$

$$d_x = 200 - 30 - \left(\frac{1}{2} \cdot 12\right)$$

$$d_x = 164 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{pelat} - t_{decking} - d_{rencana} - \left(\frac{1}{2} \cdot d_{rencana}\right)$$

$$d_y = 200 - 30 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 12\right)$$

$$d_y = 152 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{min} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

- **PENULANGAN PELAT BORDES**

Arah X

$$M_u = M_{11} = 6077,022 \text{ Kg.m} = 60770220 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{11}}{\phi} = \frac{60770220}{0,9} = 67522466,67 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{67522466,67}{1000 \cdot 164^2} = 2,51$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,51}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0066$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,0066 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{min} ,

diperoleh :

$$A_{S \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0066 \cdot 1000 \cdot 164 = 1085,67 \text{ mm}^2$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 \cdot S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan Ø12-100 diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 1130,40 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 1085,67 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan Ø12-100 Tulangan Arah X.

Arah Y

$$M_u = M_{22} = 9635,08 \text{ Kgm} = 96350860 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{22}}{\phi} = \frac{96350860}{0,9} = 107056511,1 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{107056511,1}{1000 \cdot 152^2} = 3,98$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,98}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,010$$

Syarat:

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

$$0,004 > 0,010 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,010 \cdot 1000 \cdot 152 = 1784,2 \text{ mm}^2$$

Diameter (mm)	Jarak Tulangan (mm)							
	300	250	200	175	150	125	100	75
	AS Pakai (mm)							
6	94,20	113,04	141,30	161,49	188,40	226,08	282,60	376,80
8	167,47	200,96	251,20	287,09	334,93	401,92	502,40	669,87
10	261,67	314,00	392,50	448,57	523,33	628,00	785,00	1046,67
12	376,80	452,16	565,20	645,94	753,60	904,32	1130,40	1507,20
14	512,87	615,44	769,30	879,20	1025,73	1230,88	1538,60	2051,47
16	669,87	803,84	1004,80	1148,34	1339,73	1607,68	2009,60	2679,47
19	944,62	1133,54	1416,93	1619,34	1889,23	2267,08	2833,85	3778,47
22	1266,47	1519,76	1899,70	2171,09	2532,93	3039,52	3799,40	5065,87
25	1635,42	1962,50	2453,13	2803,57	3270,83	3925,00	4906,25	6541,67
28	2051,47	2461,76	3077,20	3516,80	4102,93	4923,52	6154,40	8205,87
32	2679,47	3215,36	4019,20	4593,37	5358,93	6430,72	8038,40	10717,87

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{4 \cdot S}$$

Dengan menggunakan tabel diatas maka dapat ditentukan dengan menggunakan $\emptyset 16-100$ diperoleh $A_{s \text{ pakai}} = 2009,60 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 1784,2 \text{ mm}^2$, Jadi digunakan $\emptyset 16-100$ Arah Y.

5.3 Perhitungan Struktur Balok

A. Balok Induk

- Data – data perencanaan:
 - Tipe balok = Balok Induk
 - Bentang balok (L Balok) = 6000 mm
 - Dimensi balok (b x h) = 300 mm x 400 mm
 - Kuat tekan beton (F_c') = 30 MPa
 - Kuat leleh tulangan lentur (F_y') = 400 MPa
 - Kuat tulangan geser (F_{yv}') = 240 MPa
 - Kuat tulangan puntir (F_{yt}') = 240 MPa
 - Diameter tulangan lentur (D) = 19 mm

Diameter tulangan geser (\emptyset)	= 12 mm
Diameter tulangan puntir (D)	= 13 mm
Spasi antar tulangan sejajar (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)	= 150 mm
Tebal selimut beton (decking) (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1 (c))	= 40 mm
Faktor β_1 (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)	= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur (φ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	= 0,9
Faktor reduksi kekuatan geser (φ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	= 0,75
Faktor reduksi kekuatan torsi (φ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2.3)	= 0,75

➤ Perhitungan penulangan balok :

- Tinggi efektif balok :

$$d = h - t_{decking} - \emptyset_{tulangan\ geser} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan\ lentur}$$

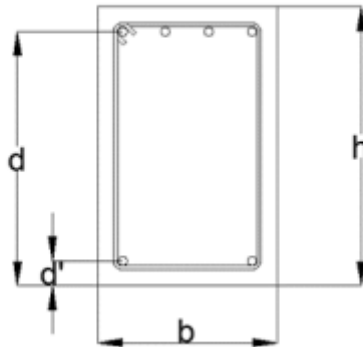
$$d = 400\text{ mm} - 40\text{ mm} - 12\text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19\text{ mm}$$

$$d = 338,5\text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

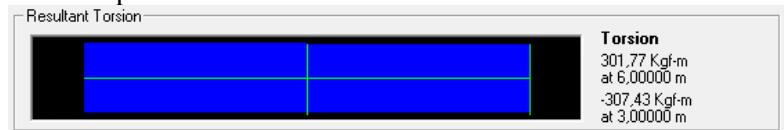
$$d' = 400\text{ mm} - 338,5\text{ mm}$$

$$d' = 61,5\text{ mm}$$



- Hasil output SAP2000:

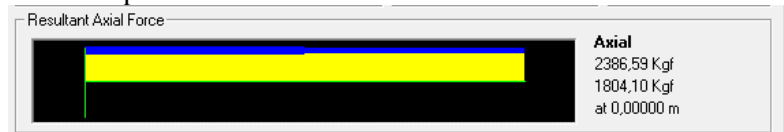
Hasil output torsi



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen puntir} = 301,77 \text{ Kgm} = 3017700 \text{ Nmm}$$

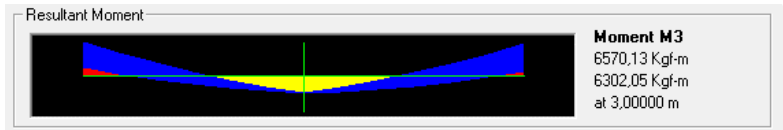
Hasil output aksial



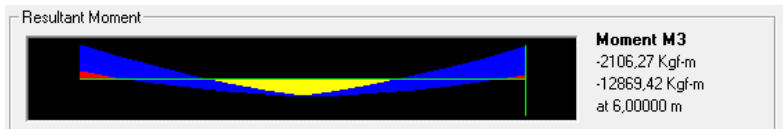
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Gaya aksial} = 2386,59 \text{ Kg} = 23865,9 \text{ N}$$

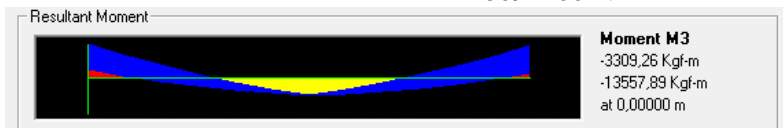
Hasil output momen lentur



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur lapangan} &= 6570,13 \text{ Kgm} \\ &= 65701300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



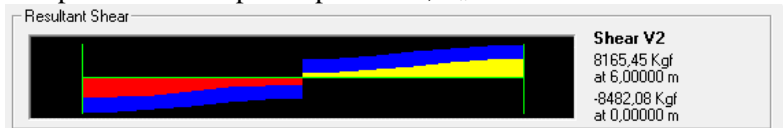
$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kanan} &= 12869,42 \text{ Kgm} \\ &= 128694200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kiri} &= 13557,89 \text{ Kgm} \\ &= 135578900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hasil output diagram gaya geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Maka, V_u diambil sebesar:



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen Tumpuan} &= 8482,08 \text{ Kg} = 84820,8 \text{ N} \\ \text{Momen Lapangan} &= 8165,45 \text{ Kg} = 81654,5 \text{ N} \end{aligned}$$

- Syarat gaya aksial pada balok:

balok harus memenuhi persyaratan batas gaya tekan aksial SNI 03-2847 Pasal 21.3.2. sesuai ketentuan SRPMM bahwa gaya tekan aksial terfaktor, P_u untuk komponen struktur tidak melebihi $A_g \cdot F_c / 10$ dengan perhitungan dibawah ini:

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = \frac{300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = 360.000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$ pada komponen struktur yang ditinjau sebesar 23865,9 N maka sesuai persamaan:

$$P_u < \frac{A_g \cdot F_c'}{10}$$

$$23865,9 < 360.000$$

- Perikas kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir
Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton:

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 120000 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi A_s tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$A_{oh} = (300 - 2 \cdot 40 - 12) \times (400 - 2 \cdot 40 - 12)$$

$$A_{oh} = 64064 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$P_{oh} = 2 \times (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$P_{oh} = 2 \times (300 - 2.40 - 12) \\ + (400 - 2.40 - 12)$$

$$P_{oh} = 1032 \text{ mm}$$

- Perhitungan tulangan puntir

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 3017700 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{3017700 \text{ Nmm}}{0,75} = 4023600 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_{u \min} = \emptyset \cdot 0,083 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{64064^2}{1032} \right)$$

$$T_{u \min} = 5091428,571 \text{ Nmm}$$

$$T_{u \max} = \emptyset \cdot 0,033 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \cdot 0,033 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{64064^2}{1032} \right)$$

$$T_{u \max} = 5091428,571 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh puntir

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka tulangan puntir diperlukan

$$3017700 < 3506989,29$$

$T_u < T_{u \min}$ (tulangan puntir diabaikan)

- Perhitungan tulanga lentur

Garis netral dalam kondisi balance:

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} x d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} x 338,5$$

$$X_b = 203,1 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 x X_b$$

$$X_{max} = 0,75 x 203,1$$

$$X_{max} = 152,325 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 61,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85 \cdot 150$$

$$C'_c = 975375 \text{ N}$$

Luas tulangan

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{F_y}$$

$$A_{sc} = \frac{975375}{400} = 2438,4375 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2438,4375 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{0,85 \cdot 150}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 267984281,3 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Daerah tumpuan kanan

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok bordes menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 128694200 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$M_n = \frac{128694200}{0,9}$$

$$M_n = 142993555,6 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 142993555,6 - 267984281,3$$

$$M_{ns} = -124990725,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{142993555,6}{300 \cdot 338,5^2}$$

$$R_n = 4,159851855 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 4,15}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,01142305$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,011 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,011 \cdot 300 \cdot 338,5 \\ = 1160,01 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n = \frac{1160,01}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 4,09 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1417,643685 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$1417,643685 \text{ mm}^2 \geq 1160,01 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ pasang}}$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times 1417,643685$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 425,2931055 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n = \frac{425,29}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A'_{s \text{ pasang}} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_{s \text{ pasang}} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 25,25 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \leq S_{sejajar}$$

$$58 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 2 lapis})$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/40 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima

kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan\ (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur\ tumpuan\ (-)}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 5D19 :

$$A_s\ pasang = n \times A_s\ tul.\ tarik$$

$$A_s\ pasang = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s\ pasang = 1417,64\ mm^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s'\ pasang = n \times A_s\ tul.\ tekan$$

$$A_s'\ pasang = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s'\ pasang = 567,057474\ mm^2$$

$$M_{lentur\ tumpuan\ (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur\ tumpuan\ (-)}$$

$$567,057474\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 1417,64\ mm^2$$

$$567,057474\ mm^2 \geq 472,5\ mm^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s\ pasang\ tulangan\ tarik\ 5D19 = 1417,64\ mm^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{1417,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 74,1252\ mm$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 74,1252$$

$$C_c' = 567057,474\ N$$

$$T = A_s \text{ pakai } \times F_y$$

$$T = 1417,64 \times 400$$

$$T = 567057,474 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(567057,474 \cdot \left(338,5 - \frac{74,12}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 170932341,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 170932341,9 > 128694200 \text{ N}$$

$$136745873,6 \text{ N} > 128694200 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok induk memanjang dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kanan adalah :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah tumpuan kiri

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 135578900 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{135578900}{0,9} = 150643222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ perlu tulangan lentur tekan}$$

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 150643222,2 - 267984281,3$$

$$M_{ns} = -117341059 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{150643222,2}{300 \cdot 338,5^2}$$

$$R_n = 4,382389716 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 4,38}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,012105293$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,012 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,012 \cdot 300 \cdot 338,5 \\ &= 1229,292488 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{1229,292488}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 4,33 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 3D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 1417,643685 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$1417,64 \text{ mm}^2 \geq 1229,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times 1417,64$$

$$A_s' \text{ perlu} = 425,2931055 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{425,29}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{\frac{n-1}{2-1}}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{2-1}$$

$$S_{maks} = 25,25 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$25,25 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \text{ (susun 2 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{\frac{n-1}{2-1}}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2-1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/40 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan } (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan } (-)}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 5D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 1417,643685 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 1417,643685 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 472,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 5D19} = 1417,643685 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(1417,64) \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 74,1252 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 74,1252$$

$$C_c' = 567057,474 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 1417,64 \times 400$$

$$T = 567057,474 \text{ N}$$

$$M_n = \left(c'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(567057,474 \cdot \left(338,5 - \frac{74,12}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 170932341,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 170932341,9 > 135578900 \text{ N}$$

$$136745873,6 \text{ N} > 135578900 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok induk memanjang 30/40 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kiri adalah :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah lapangan

Perhitungan tulangan lapangan balok anak 20/30 menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 65701300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{65701300}{0,9} = 73001444,44 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 M_{ns} &= 73001444,44 - 267984281,3 \\
 M_{ns} &= -194982836,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 R_n &= \frac{73001444,44}{200 \cdot 238,5^2} \\
 R_n &= 2,123698462 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\
 \rho &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,12}{400}} \right) \\
 \rho &= 0,005550914
 \end{aligned}$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0055 < 0,024 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0055 \cdot 300 \cdot 338,5 \\
 &= 702,36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ 702,36$$

$$n = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}{}$$

$$n = 2,47 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$850,586211 \text{ mm}^2 \geq 702,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times 850,586211$$

$$A'_s \text{ perlu} = 255,1758633 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ 255,1758633$$

$$n = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}{}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A'_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 255,17 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$$S_{maks} = 69,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$69,5 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/40 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan } (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan } (-)}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 3D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah lapangan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 3D19} = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 44,4751 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 44,4751$$

$$C_c' = 226822,9896 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 567,05 \times 400$$

$$T = 226822,9896 \text{ N}$$

$$M_n = \left(c'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226822,9896 \cdot \left(238,5 - \frac{44,47}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 49053295,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 49053295,9 > 18592100 \text{ N}$$

$$39242636,72 \text{ N} > 18592100 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok anak melintang B1 20/30 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

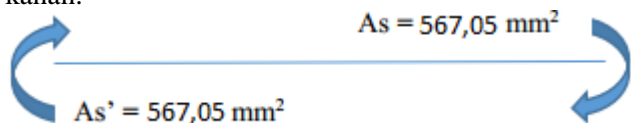
- **Perhitungan tulangan geser**

Berdasarkan hasil SAP2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi $1,2D + 1 \text{ Ex} + 0,3 \text{ Ey} + 1,1 \text{ L}$ yaitu $V_u = 30448 \text{ N}$

Momen nominal penampang

Momemn nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri

1) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 26,6850576$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(238,5 - \frac{26,68}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 30642534,45$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

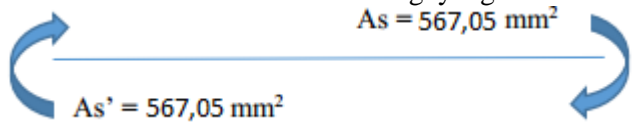
$$a = 26,6850576$$

$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(238,5 - \frac{26,68}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 30642534,45$$

2) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 26,6850576$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(238,5 - \frac{26,68}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 30642534,45$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 26,6850576$$

$$a = 26,6850576$$

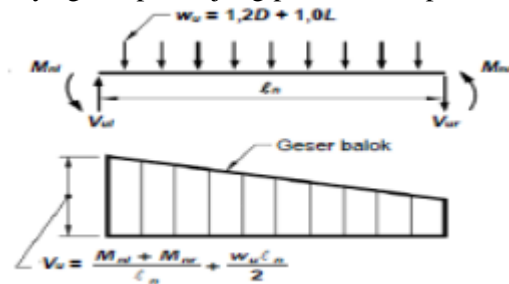
$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nr} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(238,5 - \frac{26,68}{2} \right)$$

$$M_{nr} = 30642534,45$$

Untuk mencari reaksi di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013, Gambar S21.5.4

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :



$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan :

V_{ul} : Gaya geser pada muka perltakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah

M_{nr} : tumpuan kiri
: Momen nominal aktual balok daerah
Tumpuan kanan

l_n : Panjang bersih balok

karena hasil M_n untuk struktur bergoyang ke kanan dan struktur bergoyang kekiri maka $V_{u1} = V_u$.

$$l_n = L_{balok} - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot b_{kolom} \right)$$

$$l_n = 3000 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 200 \right)$$

$$l_n = 2600 \text{ mm}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{30642534,45 + 30642534,45}{2600} + 30448$$

$$V_{u1} = 54019,18 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 03-2847-2013

Pasal 11.12 yaitu nilai $\sqrt{F_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

$$\sqrt{F_c'} < 8,3$$

$$\sqrt{30} < 8,3$$

$$5,48 < 8,3 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kuat geser beton

Sesuai dengan SNI 03-2847 Pasal 11.12.11 :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\lambda = 1$, untuk beton normal. Maka,

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 238,5$$

$$V_c = 43543,94$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot 200 \cdot 238,5$$

$$V_{s \min} = 15900,00$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 238,5$$

$$V_{s \max} = 87087,89$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 238,5$$

$$2V_{s \max} = 174175,77$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan penulangan geser balok

Wilayah 1 dan 3 (Tumpuan)

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c$$

$$54019,18 \leq \frac{1}{2} \cdot 0,85 \cdot 43543,94$$

$$54019,18 \leq 18506,18 \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

18506,18 ≤ 54019,18 ≤ 37012,35 (**Tidak Memenuhi**)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok bordes menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{4}$$

$$S_{maks} = \frac{238,5}{4} = 59,625 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 59,625 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$100 \text{ mm} < 110 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \text{ min}} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \text{ min}} = \frac{200 \cdot 100}{3.400}$$

$$A_{V \text{ min}} = 27,78 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø-12 mm dengan 2 kaki, maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_{kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2$$

$$A_V = 226,1946711 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \text{ min}}$$

$$226,19 > 27,78$$

(Memenuhi)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

Cek persyaratan :

- a. $S_{pakai} < \frac{d}{4}$
 $100 \text{ mm} < \frac{238,5}{4}$
 $100 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (tidak memenuhi)
- b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152$ (memenuhi)
- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (memenuhi)
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø12-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

WILAYAH 2 (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} x (0,5 l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{54019,18034 x (0,5 \cdot 2600 - 2 \cdot 300)}{0,5 \cdot 2600}$$

$$V_{u2} = 29087,25095$$

Cek kondisi :

1. Kondisi 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \varphi V_c$$

$$29087,25095 \leq 18506,18 \text{ (tidak memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$$

$$18506,18 \leq 29087,25095 \leq 37012,35$$

(memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan minimum. Maka dipasang jarak minimum 120 mm antar tulangan geser.

Syarat spasi tulangan:

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{238,5}{2} = 119,25 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 119,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 < 119 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \min} = \frac{200 \cdot 150}{3.400}$$

$$A_{V \min} = 41,67 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø12 mm 2 kaki maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times 2$$

$$A_V = 226,194 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \min}$$

$$226,194 > 41,67 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- $d/2$
- Delapan kali diametr tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < \frac{d}{2}$
 $150 \text{ mm} < \frac{238,5}{2}$
 $150 \text{ mm} < 119 \text{ mm}$ (TIDAK MEMENUHI)
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $150 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $150 \text{ mm} < 152$ (MEMENUHI)

- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $150 \text{ mm} < 24 \times 12$
 $150 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (MEMENUHI)
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (MEMENUHI)

Maka digunakan tulangan geser (sengkang) Ø12-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan balok

Panjang penyaluran untuk tulangan lentur D16 dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2, 12.3 dan 12.5.1

1. panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik.

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana,

Ψ_t : faktor lokasi tulangan, 1

Ψ_e : faktor pelapis tulangan, 1

λ : beton normal, 1

Maka,

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{(2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30})} \right) \cdot 19$$

$$l_d = 660,74$$

Syarat:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$660,74 > 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \cdot l_d$$

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{166,95}{567,057474} \cdot 660,74$$

$$l_d \text{ reduksi} = 194,53$$

Karena l_d tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 700 mm

2. panjang penyaluran tulangan kondisi tekan.

$$l_{dc} = \frac{0,24 F'_y}{\lambda \sqrt{F'_c}} \cdot d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \cdot 400}{1\sqrt{30}} \cdot 19$$

$$l_{dc} = 333,0$$

$$l_{dc} = 0,043 F'_y \cdot d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \cdot 400 \cdot 19$$

$$l_{dc} = 326,8$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 333,0$ mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_{dc} \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \cdot l_{dc}$$

$$l_{dc} \text{ reduksi} = \frac{170,11}{567,05} \cdot 333,0$$

$$l_{dc} \text{ reduksi} = 99,90$$

Karena l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 400 mm

3. panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot F'_y \cdot \Psi_e}{(\lambda \sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{(1\sqrt{30})} \right) \cdot 19 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 333,015315 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \cdot 19$$

$$8d_b = 152$$

Syarat:

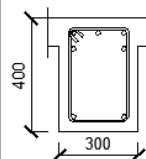
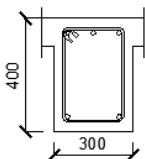
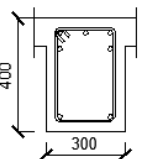
$$l_{dh} > 8d_b$$

$$333,02 > 152 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$333,02 > 150 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Maka diambil nilai $l_{dh} = 333,02 \approx 400 \text{ mm}$

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

B. Balok Sloff

➤ Data – data perencanaan:

Tipe balok

= Balok Sloff

Bentang balok (L Balok)

= 6000 mm

Dimensi balok (b x h)

= 300 mm x 400 mm

Kuat tekan beton (F_c)

= 30 MPa

Kuat leleh tulangan lentur (F_y')	= 400 MPa
Kuat tulangan geser (F_{yv}')	= 240 MPa
Kuat tulangan puntir (F_{yt}')	= 240 Mpa
Diameter tulangan lentur (D)	= 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset)	= 12 mm
Diameter tulangan puntir (D)	= 13 mm
Spasi antar tulangan sejajar (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)	= 150 mm
Tebal selimut beton (decking) (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1 (c))	= 40 mm
Faktor β_1 (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)	= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	= 0,9
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	= 0,75
Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2.3)	= 0,75

➤ Perhitungan penulangan balok :

- Tinggi efektif balok :

$$d = h - t_{decking} - \emptyset_{tulangan geser} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan lentur}$$

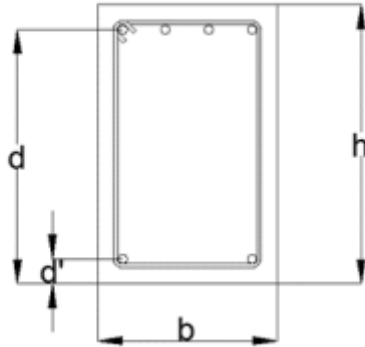
$$d = 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}$$

$$d = 338,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

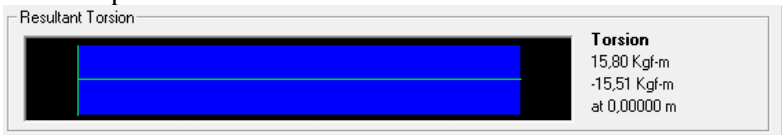
$$d' = 400 \text{ mm} - 338,5 \text{ mm}$$

$$d' = 61,5 \text{ mm}$$



- Hasil output SAP2000:

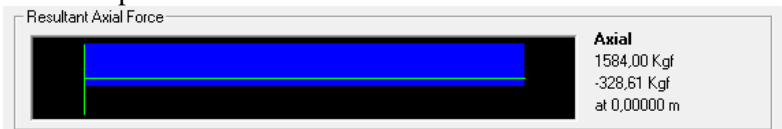
Hasil output torsi



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen puntir} = 15,8 \text{ Kgm} = 158000 \text{ Nmm}$$

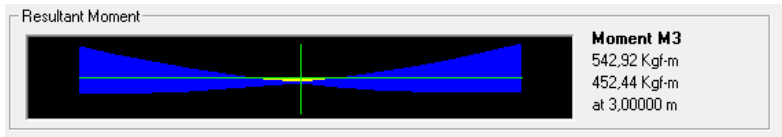
Hasil output aksial



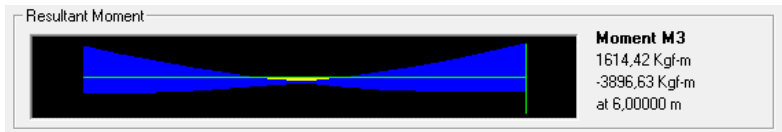
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Gaya aksial} = 1584,00 \text{ Kg} = 15840 \text{ N}$$

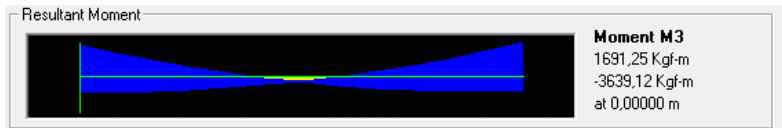
Hasil output momen lentur



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur lapangan} &= 542,92 \text{ Kgm} \\ &= 5429200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



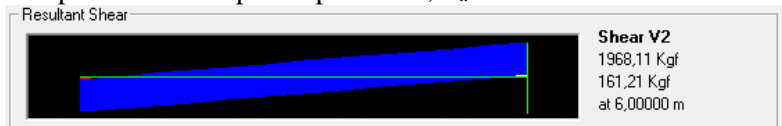
$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kanan} &= 3896,63 \text{ Kgm} \\ &= 38966300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kiri} &= 3639,12 \text{ Kgm} \\ &= 36391200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hasil output diagram gaya geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Maka, V_u diambil sebesar:



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen Tumpuan} &= 1912,39 \text{ Kg} = 19123,9 \text{ N} \\ \text{Momen Lapangan} &= 1968,11 \text{ Kg} = 19681,1 \text{ N} \end{aligned}$$

- Syarat gaya aksial pada balok:
balok harus memenuhi persyaratan batas gaya tekan aksial SNI 03-2847 Pasal 21.3.2. sesuai ketentuan SRPMM bahwa gaya tekan aksial terfaktor, P_u untuk komponen struktur tidak melebihi $A_g \cdot F_c / 10$ dengan perhitungan dibawah ini:

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = \frac{300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = 360.000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$ pada komponen struktur yang ditinjau sebesar 15840 N maka sesuai persamaan:

$$P_u < \frac{A_g \cdot F_c'}{10}$$

$$15840 < 360.000$$

- Perikas kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir
Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton:

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 120000 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi A_s tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$A_{oh} = (300 - 2 \cdot 40 - 12) \times (400 - 2 \cdot 40 - 12)$$

$$A_{oh} = 64064 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi A_s tulangan sengkang:

$$P_{oh} = 2 \times (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$P_{oh} = 2 \times (300 - 2.40 - 12) \\ + (400 - 2.40 - 12)$$

$$P_{oh} = 1032 \text{ mm}$$

- Perhitungan tulangan puntir

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 158000 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{158000 \text{ Nmm}}{0,75} = 210666,6667 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_{u \min} = \emptyset \cdot 0,083 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{64064^2}{1032} \right)$$

$$T_{u \min} = 3506989,29 \text{ Nmm}$$

$$T_{u \max} = \emptyset \cdot 0,033 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \cdot 0,033 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{64064^2}{1032} \right)$$

$$T_{u \max} = 5091428,571 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh puntir

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka tulangan puntir diperlukan

$$158000 < 3506989,29$$

$T_u < T_{u \min}$ (tulangan puntir diabaikan)

- Perhitungan tulanga lentur

Garis netral dalam kondisi balance:

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} x d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} x 338,5$$

$$X_b = 203,1 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\max} = 0,75 x X_b$$

$$X_{\max} = 0,75 x 203,1$$

$$X_{\max} = 152,325 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$X_{\min} = 61,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85 \cdot 150$$

$$C'_c = 975375 \text{ N}$$

Luas tulangan

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{F_y}$$

$$A_{sc} = \frac{975375}{400} = 2438,4375 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2438,4375 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{0,85 \cdot 150}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 267984281,3 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Daerah tumpuan kanan

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok bordes menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 38966300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$M_n = \frac{38966300}{0,9}$$

$$M_n = 43295888,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 43295888,89 - 267984281,3$$

$$M_{ns} = -224688392,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{43295888,89}{300 \cdot 338,5^2}$$

$$R_n = 1,259528676 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\rho = 0,003230683$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0032 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300 \cdot 338,5 \\ = 355,425 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ = \frac{355,425}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,253 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 3D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$850,586211 \text{ mm}^2 \geq 355,425 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times 850,586211$$

$$A'_s \text{ perlu} = 255,1758633 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ = \frac{255,17}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A'_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 255,17 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$$S_{maks} = 69,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \leq S_{sejajar}$$

$$69,5 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok sloof 30/40 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima

kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan\ (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur\ tumpuan\ (-)}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 2D19 :

$$A_s\ pasang = n \times A_s\ tul.\ tarik$$

$$A_s\ pasang = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s\ pasang = 850,586211\ mm^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s'\ pasang = n \times A_s\ tul.\ tekan$$

$$A_s'\ pasang = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s'\ pasang = 567,057474\ mm^2$$

$$M_{lentur\ tumpuan\ (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur\ tumpuan\ (-)}$$

$$567,057474\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 850,586211\ mm^2$$

$$567,057474\ mm^2 \geq 283,5\ mm^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s\ pasang\ tulangan\ tarik\ 3D19 = 850,59\ mm^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{850,59 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 44,4751\ mm$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 44,4751$$

$$C_c' = 340234,4844\ N$$

$$T = A_s \text{ pakai } \times F_y$$

$$T = 850,59 \times 400$$

$$T = 340234,4844 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340234,4844 \cdot \left(338,5 - \frac{44,47}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 107603392,3 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 107603392,3 > 38966300 \text{ N}$$

$$86082713,83 \text{ N} > 38966300 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok sloof dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kanan adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah tumpuan kiri

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 36391200 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{36391200}{0,9} = 40434666,67 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 40434666,67 - 267984281,3$$

$$M_{ns} = -117341059 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{40434666,67}{300 \cdot 338,5^2}$$

$$R_n = 1,176292333 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,176}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,003011879$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,003 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300 \cdot 338,5 \\ &= 305,856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{305,856}{305,856}$$

$$n = \frac{305,856}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,078748968 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 3D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$850,586 \text{ mm}^2 \geq 305,856 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times 850,586$$

$$A'_s \text{ perlu} = 255,1758633 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,175}{255,175}$$

$$n = \frac{255,175}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tarik}$$

$$A'_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 255,175 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (3 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$$S_{maks} = 69,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$69,5 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok sloof 30/40 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 5D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 3D19} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(850,58) \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 44,4751 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 44,4751$$

$$C_c' = 340234,4844 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 850,58 \times 400$$

$$T = 340234,4844 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340234,484 \cdot \left(338,5 - \frac{44,4751}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 107603392,3 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 107603392,3 > 36391200 \text{ N}$$

$$86082713,83 \text{ N} > 36391200 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok sloof 30/40 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah lapangan

Perhitungan tulangan lapangan balok sloof 30/40 menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 5429200 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{5429200}{0,9} = 6032444,444 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 6032444,444 - 267984281,3$$

$$M_{ns} = -261951836,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{6032444,444}{300 \cdot 238,5^2}$$

$$R_n = 0,175490952 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,17}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,000440248$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,003 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$= 305,856 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{305,856}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,078748968 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 3D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$850,586 \text{ mm}^2 \geq 305,856 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_s \text{ perlu} = 0,3 \times 850,586$$

$$A'_s \text{ perlu} = 255,1758633 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,175}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tarik}$$

$$A'_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 255,175 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (3 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{3 - 1}$$

$$S_{maks} = 69,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$69,5 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 158 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$158 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok sloof 30/40 untuk daerah lapangan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 5D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 3D19} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(850,58) \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 44,4751 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 44,4751$$

$$C_c' = 340234,4844 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 850,58 \times 400$$

$$T = 340234,4844 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340234,484 \cdot \left(338,5 - \frac{44,4751}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 107603392,3 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 107603392,3 > 36391200 \text{ N}$$

$$86082713,83 \text{ N} > 36391200 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok induk memanjang 30/40 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kiri adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

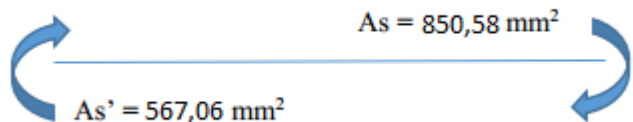
- **Perhitungan tulangan geser**

Berdasarkan hasil SAP2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi $1,2D + 1 \text{ Ex} + 0,3 \text{ Ey} + 1,1 \text{ L}$ yaitu $V_u = 19681,1 \text{ N}$

Momen nominal penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri

1) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 17,7900384$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{17,79}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 44857192,28$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{850,58 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

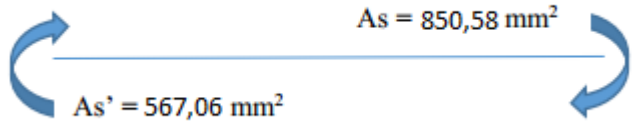
$$a = 26,6850576$$

$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{26,68}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 66377870,73$$

2) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{850,58 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 26,6850576$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{26,68}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 66377870,73$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 17,7900384$$

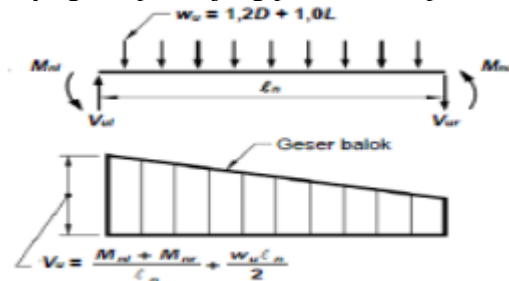
$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nr} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{17,79}{2} \right)$$

$$M_{nr} = 44857192,28$$

Untuk mencari reaksi di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013, Gambar S21.5.4

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :



$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan :

V_{u1} : Gaya geser pada muka perltakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan kiri

M_{nr} : Momen nominal aktual balok daerah

Tumpuan kanan

l_n : Panjang bersih balok

karena hasil M_n untuk struktur bergoyang ke kanan dan struktur bergoyang kekiri maka $V_{u1} = V_u$.

$$l_n = L_{balok} - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot b_{kolom} \right)$$

$$l_n = 6000 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 300 \right)$$

$$l_n = 5700 \text{ mm}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{44857192,28 + 66377870,73}{5700} + 19123,9$$

$$V_{u1} = 38638,82334 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 03-2847-2013

Pasal 11.12 yaitu nilai $\sqrt{F_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

$$\sqrt{F_c'} < 8,3$$

$$\sqrt{30} < 8,3$$

$$5,48 < 8,3 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kuat geser beton

Sesuai dengan SNI 03-2847 Pasal 11.12.11 :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\lambda = 1$, untuk beton normal. Maka,

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 338,5$$

$$V_c = 92702,04$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot 200 \cdot 338,5$$

$$V_{s \min} = 33850,00$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$V_{s \max} = 185404,09$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$2V_{s \max} = 370808,17$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan penulangan geser balok

Wilayah 1 dan 3 (Tumpuan)

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c$$

$$38638,82 \leq \frac{1}{2} \cdot 0,85 \cdot 78796,74$$

$$38638,82 \leq 39398,37 \quad \text{(memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$39398,37 \leq 38638,82 \leq 78796,74 \quad \text{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok bordes menggunakan persyaratan kondisi 1, yaitu memerlukan tulangan minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{4}$$

$$S_{maks} = \frac{338,5}{4} = 84,625 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 84,625 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$100 \text{ mm} < 84,625 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \min} = \frac{300 \cdot 100}{3 \cdot 400}$$

$$A_{V \min} = 41,67 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset -12 mm dengan 2 kaki, maka Luas penampang tulangan gesere yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_{kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2$$

$$A_V = 226,1946711 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \min}$$

$$226,19 > 41,67 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- e. $d/4$
- f. delapan kali diameter tulangan longitudinal
- g. 24 kali diameter sengkang
- h. 300 mm

Cek persyaratan :

- e. $S_{pakai} < \frac{d}{4}$
 $100 \text{ mm} < \frac{338,5}{4}$
 $100 \text{ mm} < 84,6 \text{ mm}$ (tidak memenuhi)
- f. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152$ (memenuhi)
- g. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (memenuhi)
- h. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) $\emptyset 12$ -100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

WILAYAH 2 (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1}x(0,5l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{38638,82334x(0,5.5700 - 2.300)}{0,5 .5700}$$

$$V_{u2} = 27792,83784$$

Cek kondisi :

1. Kondisi 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \varphi V_c$$

$$27792,84 \leq 39398,37 \text{ (memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$$

$$39398,37 \leq 27792,84 \leq 78796,74$$

(memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan minimum. Maka dipasang jarak minimum 120 mm antar tulangan geser.

Syarat spasi tulangan:

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{338,5}{2} = 169,25 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 169,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 < 169,25 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \min} = \frac{300 \cdot 150}{3.400}$$

$$A_{V \min} = 62,50 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 12$ mm
2 kaki maka Luas penampang tulangan geser yang
diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times 2$$

$$A_V = 226,194 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \min}$$

$$226,194 > 62,50 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur
spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

e. $d/2$

f. Delapan kali diametr tulangan longitudinal

g. 24 kali diameter sengkang

h. 300 mm

Cek persyaratan :

$$e. S_{pakai} < \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} < \frac{338,5}{2}$$

$$150 \text{ mm} < 169 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$f. S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$$

$$150 \text{ mm} < 8 \times 19$$

$$150 \text{ mm} < 152 \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$g. S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$$

$$150 \text{ mm} < 24 \times 12$$

$$150 \text{ mm} < 288 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$\begin{aligned} \text{h. } S_{pakai} &< 300 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI}) \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser (senggang) Ø12-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan balok

Panjang penyaluran untuk tulangan lentur D16 dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2, 12.3 dan 12.5.1

1. panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik.

$$l_d = \left(\frac{F_y' \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F_c'})} \right) \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana,

Ψ_t : faktor lokasi tulangan, 1

Ψ_e : faktor pelapis tulangan, 1

λ : beton normal, 1

Maka,

$$l_d = \left(\frac{F_y' \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F_c'})} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{(2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30})} \right) \cdot 19$$

$$l_d = 660,74$$

Syarat:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$660,74 > 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Karena l_d tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 700 mm

2. panjang penyaluran tulangan kondisi tekan.

$$l_{dc} = \frac{0,24 F_y'}{\lambda\sqrt{F_c'}} \cdot d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \cdot 400}{1\sqrt{30}} \cdot 19$$

$$l_{dc} = 333,0$$

$$l_{dc} = 0,043F'_y \cdot d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \cdot 400 \cdot 19$$

$$l_{dc} = 326,8$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 333,0$ mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \cdot l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{355,425}{850,586211} \cdot 333,0$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 149,85$$

Karena l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 400 mm

3. panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot F'_y \cdot \Psi_e}{(\lambda \sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{(1 \sqrt{30})} \right) \cdot 19 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 333,015315 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \cdot 19$$

$$8d_b = 152$$

Syarat:

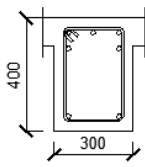
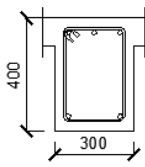
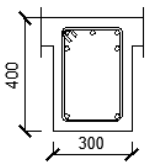
$$l_{dh} > 8d_b$$

$$333,02 > 152 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$333,02 > 150 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Maka diambil nilai $l_{dh} = 333,02 \approx 400 \text{ mm}$

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

C. Balok Anak

- Data – data perencanaan:
 - Tipe balok = Balok Anak
 - Bentang balok (L Balok) = 6000 mm
 - Dimensi balok (b x h) = 200 mm x 300 mm
 - Kuat tekan beton (F_c') = 30 MPa
 - Kuat leleh tulangan lentur (F_y') = 400 MPa
 - Kuat tulangan geser (F_{yv}') = 240 MPa
 - Kuat tulangan puntir (F_{yt}') = 240 MPa
 - Diameter tulangan lentur (D) = 19 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
 - Diameter tulangan puntir (D) = 13 mm
 - Spasi antar tulangan sejajar = 150 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
 - Tebal selimut beton (decking) = 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1 (c))
 - Faktor β_1 = 0,85

- (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
 Faktor reduksi kekuatan lentur (φ) = 0,9
 (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
 Faktor reduksi kekuatan geser (φ) = 0,75
 (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
 Faktor reduksi kekuatan torsi (φ) = 0,75
 (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2.3)

➤ Perhitungan penulangan balok :

- Tinggi efektif balok :

$$d = h - t_{decking} - \emptyset_{tulangan\ geser} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan\ lentur}$$

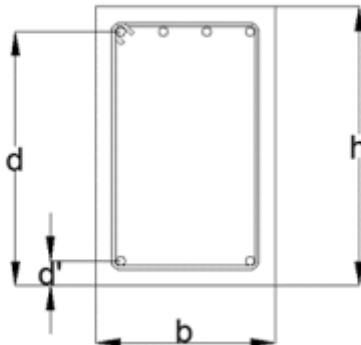
$$d = 300\text{ mm} - 40\text{ mm} - 12\text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19\text{ mm}$$

$$d = 238,5\text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

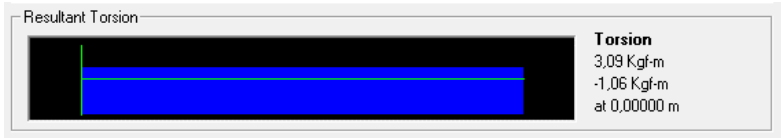
$$d' = 300\text{ mm} - 238,5\text{ mm}$$

$$d' = 61,5\text{ mm}$$



- Hasil output SAP2000:

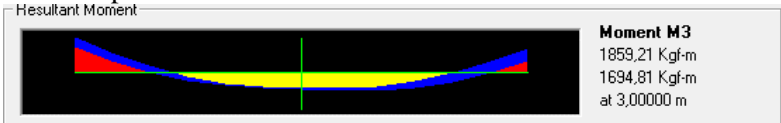
Hasil output torsi



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

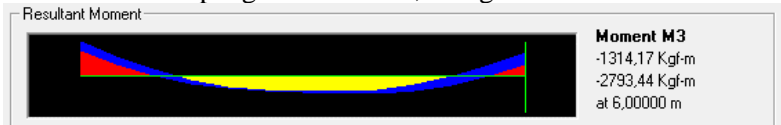
$$\text{Momen puntir} = 3,09 \text{ Kgm} = 30900 \text{ Nmm}$$

Hasil output momen lentur



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

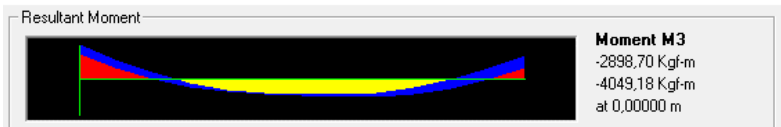
$$\text{Momen lentur lapangan} = 1859,21 \text{ Kgm} = 18592100 \text{ Nmm}$$



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen lentur tumpuan kanan} = 1314,17 \text{ Kgm}$$

$$= 13141700 \text{ Nmm}$$



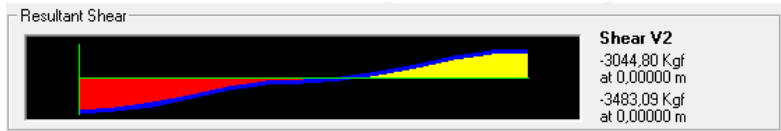
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen lentur tumpuan kiri} = 4049,18 \text{ Kgm}$$

$$= 40491800 \text{ Nmm}$$

Hasil output diagram gaya geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Maka, V_u diambil sebesar:



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen Tumpuan} = 3044,8 \text{ Kg} = 30448 \text{ N}$$

$$\text{Momen Lapangan} = 3009,71 \text{ Kg} = 30097,1 \text{ N}$$

- Perikas kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton:

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 200 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 60000 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (200 \text{ mm} + 300 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1000 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi A_s tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$A_{oh} = (200 - 2 \cdot 40 - 12) \times (300 - 2 \cdot 40 - 12)$$

$$A_{oh} = 224646 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi A_s tulangan sengkang:

$$P_{oh} = 2 \times (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$P_{oh} = 2 \times (200 - 2 \cdot 40 - 12)$$

$$+ (300 - 2 \cdot 40 - 12)$$

$$P_{oh} = 632 \text{ mm}$$

- Perhitungan tulangan puntir

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 30900 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{30900 \text{ Nmm}}{0,75} = 41200 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_{u \min} = \emptyset \cdot 0,083 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \cdot 0,083 \lambda \sqrt{30} \cdot \left(\frac{60000^2}{1000} \right)$$

$$T_{u \max} = 1227446 \text{ Nmm}$$

$$T_{u \max} = \emptyset \cdot 0,033 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \cdot 0,033 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{60000^2}{1000} \right)$$

$$T_{u \max} = 1782000 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh puntir

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka tulangan puntir diperlukan

$$30900 < 1227446$$

$T_u < T_{u \min}$ (tulangan puntir diabaikan)

- Perhitungan tulanga lentur
Garis netral dalam kondisi balance:

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} x d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} x 238,5$$

$$X_b = 143,1 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 x X_b$$

$$X_{max} = 0,75 x 143,1$$

$$X_{max} = 107,325 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 61,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot \beta 1 \cdot X_{rencana}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 0,85 \cdot 150$$

$$C'_c = 650250 \text{ N}$$

Luas tulangan

$$A_{sc} = \frac{C'_c}{F_y}$$

$$A_{sc} = \frac{650250}{400} = 1625,625 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{\beta 1 \cdot X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1625,625 \cdot 400 \cdot \left(238,5 - \frac{0,85 \cdot 150}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 113631187,5 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Daerah tumpuan kanan

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 13141700 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$M_n = \frac{13141700}{0,9}$$

$$M_n = 14601888,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 14601888,89 - 113631187,5$$

$$M_{ns} = -99029298,61 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{14601888,89}{200 \cdot 238,5^2}$$

$$R_n = 1,283518926 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,283}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,003293893$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0032 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 200 \cdot 238,5 \\ &= 166,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{166,95}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,589 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 166,95 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times 567,057474$$

$$A_s' \text{ perlu} = 170,1172422 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{170,1172422}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 170,11 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 58 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$58 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2.19)}{2 - 1} \quad (2.19)$$

$$S_{maks} = 58 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$58 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 20/30 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 2D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul.tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 189,0 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 2D19} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 44,4751 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 44,4751$$

$$C_c' = 226822,9896 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 567,057474 \times 400$$

$$T = 226822,9896 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226822,9896 \cdot \left(238,5 - \frac{44,47}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 49053295,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta. M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8.49053295,9 > 13141700 \text{ N}$$

$$39242636,72 \text{ N} > 13141700 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok anak melintang B1 20/30 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kanan adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah tumpuan kiri

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 40491800 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{40491800}{0,9} = 44990888,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 44990888,89 - 113631187,5$$

$$M_{ns} = -68640298,61 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{44990888,89}{200 \cdot 238,5^2}$$

$$R_n = 3,954738859 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,95}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,010802011$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0108 < 0,024 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0108 \cdot 200 \cdot 238,5$$

$$= 515,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$= \frac{515,25}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,81 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 3D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul.tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$850,586211 \text{ mm}^2 \geq 515,25 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s\text{pertu}} = 0,3 \times A_{s\text{pasang}}$$

$$A'_{s\text{pertu}} = 0,3 \times 850,586211$$

$$A'_{s\text{pertu}} = 255,1758633 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{pertu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,1758633}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tul.tarik}}$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{pertu}}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 170,11 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (3 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 19,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$19,5 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 2 lapis})$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 58 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$58 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 20/30 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan } (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan } (-)}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 3D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan } (+)} \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan } (-)}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 3D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 3D19} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s - A'_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{(567,05 - 850,58) \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 66,7126 \text{ mm}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 66,7126$$

$$C'_c = 340234,4844 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 850,58 \times 400$$

$$T = 340234,4844 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340234,4844 \cdot \left(238,5 - \frac{66,71}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 69796953,51 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 69796953,51 > 40491800 \text{ N}$$

$$55837562,81 \text{ N} > 40491800 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok anak melintang B1 20/30 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kiri adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Daerah lapangan

Perhitungan tulangan lapangan balok anak 20/30 menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 18592100 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$M_n = \frac{18592100}{\phi}$$

$$M_n = \frac{40491800}{0,9} = 20657888,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 20657888,89 - 113631187,5$$

$$M_{ns} = -92973298,61 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{20657888,89}{200 \cdot 238,5^2}$$

$$R_n = 1,815846674 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,81}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,004713898$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0047 < 0,024 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 200 \cdot 238,5 \\ = 224,85 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ = \frac{224,85}{166,95}$$

$$n = \frac{224,85}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,589 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 224,85 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s\text{perlu}} = 0,3 \times A_{s\text{pasang}}$$

$$A'_{s\text{perlu}} = 0,3 \times 567,057474$$

$$A'_{s\text{perlu}} = 170,1172422 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{170,1172422}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tul.tarik}}$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 170,11 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 58 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$58 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{200 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 58 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$58 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 20/30 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 2D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 189,0 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah lapangan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

A_s pasang tulangan tarik 3D19 = 567,057 mm²

A_s pasang tulangan tekan 2D19 = 567,057 mm²

$$a = \frac{(A_s - A'_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200}$$

$$a = 44,4751 \text{ mm}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 44,4751$$

$$C'_c = 226822,9896 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 567,05 \times 400$$

$$T = 226822,9896 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226822,9896 \cdot \left(238,5 - \frac{44,47}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 49053295,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 49053295,9 > 18592100 \text{ N}$$

$$39242636,72 \text{ N} > 18592100 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok anak melintang

B1 20/30 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan

adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 2D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

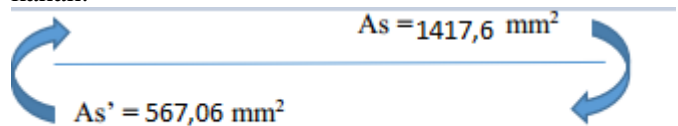
- **Perhitungan tulangan geser**

Berdasarkan hasil SAP2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi $1,2D + 1 Ex + 0,3 Ey + 1.1 L$ yaitu $V_u = 84820,8 N$

Momen nominal penampang

Momemn nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri

3) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 17,7900384$$

$$M_{nl} = A_s' \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{17,79}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 44857192,28$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{1417,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

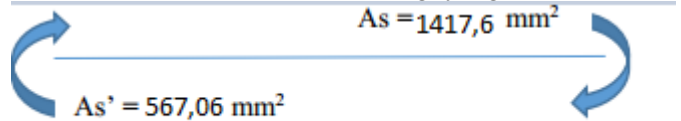
$$a = 44,475096$$

$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 1417,64 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{44,47}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 107603392,3$$

4) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{1417,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 44,475096$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 1417,64 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{44,47}{2}\right)$$

$$M_{nl} = 107603392,3$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{567,05 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 17,7900384$$

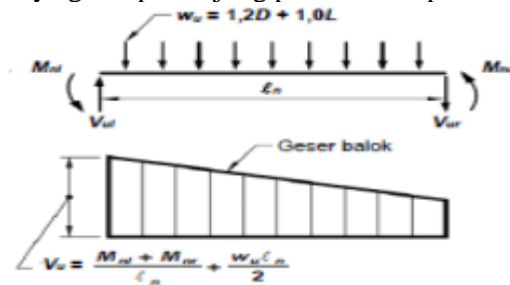
$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 567,05 \cdot 400 \cdot \left(338,5 - \frac{17,79}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 44857192,28$$

Untuk mencari reaksi di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013, Gambar S21.5.4

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :



$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan :

V_{ul} : Gaya geser pada muka perltakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan kiri

M_{nr} : Momen nominal aktual balok daerah Tumpuan kanan

l_n : Panjang bersih balok

karena hasil M_n untuk struktur bergoyang ke kanan dan struktur bergoyang kekiri maka $V_{ul} = V_u$.

$$l_n = L_{balok} - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot b_{kolom} \right)$$

$$l_n = 6000 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 300 \right)$$

$$l_n = 5600 \text{ mm}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{44857192,28 + 107603392,3}{5600} + 84820,8$$

$$V_{u1} = 112045,9044$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 03-2847-2013

Pasal 11.12 yaitu nilai $\sqrt{F_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

$$\sqrt{F_c'} < 8,3$$

$$\sqrt{30} < 8,3$$

$$5,48 < 8,3 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kuat geser beton

Sesuai dengan SNI 03-2847 Pasal 11.12.11 :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\lambda = 1$, untuk beton normal. Maka,

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$V_c = 92702,04$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$V_{s \min} = 33850,00$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$V_{s \max} = 185404,09$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$2V_{s\max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 338,5$$

$$2V_{s\max} = 370808,17$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

3. wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
4. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan penulangan geser balok

Wilayah 1 dan 3 (Tumpuan)

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c$$

$$112045,90 \leq \frac{1}{2} \cdot 0,85 \cdot 92702,04$$

$$112045,90 \leq 39398,37 \quad \textbf{(Tidak memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$39398,37 \leq 112045,90 \leq 78796,74 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

3. Kondisi 3 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\min})$$

$$78796,74 \leq 112045,90 \leq 107569,24 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

4. Kondisi 4 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi(V_c + V_{s\min}) \leq V_u \leq \phi(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d)$$

$$78796,74 \leq 112045,90 \leq 236390,21$$

(Memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4, yaitu memerlukan tulangan minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$V_{s\text{ perlu}} = (V_u/\phi) - V_c$$

$$V_{s\text{ perlu}} = (112045,90/0,9) - 92702,04$$

$$V_{s\text{ perlu}} = 39116,67 \text{ N}$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{4}$$

$$S_{maks} = \frac{338,5}{4} = 84,625 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 84,625 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 80 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$80 \text{ mm} < 84,63 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset -12 mm dengan 2 kaki, maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_{kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2$$

$$A_V = 226,1946711 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V\text{ min}} = \frac{A_V \times F'_y \cdot d}{V_s}$$

$$A_{V\text{ min}} = \frac{226,1946711 \cdot 400 \cdot 338,5}{39116,67}$$

$$A_{V\text{ min}} = 469,7755696 \text{ mm}^2$$

$$A_{V\text{ min}} = \frac{V_s \times s}{F'_y \times d}$$

$$A_{V \min} = \frac{39116,67 \times 80}{40 \times 338,5}$$

$A_{V \min} = 38,51961417$ harus ditambah dengan Luas akibat puntir

$$\frac{A_t}{S} = 0,175 \times b \times F'_{yt}$$

$$\frac{A_t}{S} = 0,175 \times 300 \times 240$$

$$\frac{A_t}{S} = 0,21875 \text{ maka}$$

$$A_t = \frac{0,21875}{80} = 17,5$$

$$\text{Luas total} = A_V + 2A_t = 38,51 + 2 \cdot 17,5 = 73,5$$

$$A_{V \text{ perlu}} = 73,5$$

Kontrol :

$$A_{V \text{ pakai}} > A_{V \text{ perlu}}$$

$$226,19 > 73,5 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok
 Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

Cek persyaratan :

$$a. S_{pakai} < \frac{d}{4}$$

$$80 \text{ mm} < \frac{338,5}{4}$$

$$80 \text{ mm} < 85 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$b. S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$$

$$80 \text{ mm} < 8 \times 19$$

- $80 \text{ mm} < 152$ (memenuhi)
 c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $80 \text{ mm} < 24 \times D_{geser}$
 $80 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (memenuhi)
 d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $80 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$
 $80 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) $\emptyset 12$ -80 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

WILAYAH 2 (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5 l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{112045,9044 \times (0,5 \cdot 5500 - 2 \cdot 400)}{0,5 \cdot 5500}$$

$$V_{u2} = 80032,78885 \text{ N}$$

Cek kondisi :

- Kondisi 1 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser
 $V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \varphi V_c$
 $80032,79 \leq 39398,37$ (tidak memenuhi)
- Kondisi 2 \rightarrow memerlukan tulangan geser minimum
 $\frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$
 $39398,37 \leq 80032,79 \leq 78796,74$
 (memenuhi)

3. Kondisi 3 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s \min})$$

$$78796,74 \leq 80032,79 \leq 107569,24$$

(Memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3, yaitu memerlukan tulangan minimum.

$$V_{s \text{ perlu}} = (V_u / \varphi) - V_c$$

$$V_{s \text{ perlu}} = (80032,79 / 0,9) - 92702,04$$

$$V_{s \text{ perlu}} = 1454,179316N$$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{4}$$

$$S_{maks} = \frac{338,5}{4} = 169 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 169 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 \text{ mm} < 169 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset -12 mm dengan 2 kaki, maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_{kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2$$

$$A_V = 226,1946711 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{A_V \times F'_y \cdot d}{V_s}$$

$$A_{V \min} = \frac{226,1946711 \cdot 400 \cdot 338,5}{1454,179316}$$

$$A_{V \min} = 447,9782146 \text{ mm}^2$$

$$A_{V \min} = \frac{V_s \cdot x \cdot s}{F'_y \cdot x \cdot d}$$

$$A_{V \min} = \frac{1454,179316 \cdot 150}{40 \cdot 338,5}$$

$A_{V \min} = 2,684969194$ harus ditambah dengan Luas akibat puntir

$$\frac{A_t}{s} = 0,175 \cdot b \cdot x F'_{yt}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,175 \cdot 300 \cdot 240$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,21875 \text{ maka}$$

$$A_t = \frac{0,21875}{80} = 17,5$$

$$\text{Luas total} = A_V + 2A_t = 2,68 + 2 \cdot 17,5 = 68,30$$

$$A_{V \text{ perlu}} = 68,30$$

Kontrol :

$$A_{V \text{ pakai}} > A_{V \text{ perlu}}$$

$$226,19 > 68,30 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

Cek persyaratan :

$$\text{e. } S_{\text{pakai}} < \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} < \frac{338,5}{2}$$

- 150 mm < 169 mm (TIDAK MEMENUHI)
- f. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 150 mm < 8 x 19
 150 mm < 152 (MEMENUHI)
- g. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 150 mm < 24 x 12
 150 mm < 288 mm (MEMENUHI)
- h. $S_{pakai} < 300$ mm
 150 mm < 300 mm
 (MEMENUHI)

Maka digunakan tulangan geser (senggang) Ø12-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan balok

Panjang penyaluran untuk tulangan lentur D16 dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2, 12.3 dan 12.5.1

1. panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik.

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana,

Ψ_t : faktor lokasi tulangan, 1

Ψ_e : faktor pelapis tulangan, 1

λ : beton normal, 1

Maka,

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{(2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30})} \right) \cdot 19$$

$$l_d = 660,74$$

Syarat:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$660,74 > 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \cdot l_d$$

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{1160,010703}{1417,643685} \cdot 660,74$$

$$l_d \text{ reduksi} = 540,6654016$$

Karena l_d tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 700 mm

2. panjang penyaluran tulangan kondisi tekan.

$$l_{dc} = \frac{0,24 F'_y}{\lambda \sqrt{F'_c}} \cdot d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \cdot 400}{1\sqrt{30}} \cdot 19$$

$$l_{dc} = 333,0$$

$$l_{dc} = 0,043 F'_y \cdot d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \cdot 400 \cdot 19$$

$$l_{dc} = 326,8$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 333,0 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_{dc} \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \cdot l_{dc}$$

$$l_{dc} \text{ reduksi} = \frac{1160,010703}{1417,643685} \cdot 333,0$$

$$l_{dc} \text{ reduksi} = 249,7614862$$

Karena l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 400 mm

3. panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot F_y' \cdot \Psi_e}{(\lambda \sqrt{F_c'})} \right) \cdot d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{(1 \sqrt{30})} \right) \cdot 19 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 333,015315 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \cdot 19$$

$$8d_b = 152$$

Syarat:

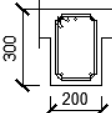
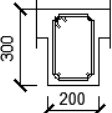
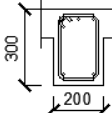
$$l_{dh} > 8d_b$$

$$333,02 > 152 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$333,02 > 150 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Maka diambil nilai $l_{dh} = 333,02 \approx 400 \text{ mm}$

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 20 X 30 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	8 D 25	4 D 25	8 D 25
TULANGAN BAWAH	4 D 25	8 D 25	4 D 25
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

D. Balok Lift 40 x 60

- Data – data perencanaan:

Tipe balok	= Balok Lift 40 x 60
Bentang balok (L Balok)	= 6000 mm
Dimensi balok (b x h)	= 400 mm x 600 mm
Kuat tekan beton (F_c')	= 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (F_y')	= 400 MPa
Kuat tulangan geser (F_{yv}')	= 240 MPa
Kuat tulangan puntir (F_{yr}')	= 240 Mpa
Diameter tulangan lentur (D)	= 19 mm – 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset)	= 12 mm
Diameter tulangan puntir (D)	= 13 mm
Spasi antar tulangan sejajar (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)	= 150 mm
Tebal selimut beton (decking) (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1 (c))	= 40 mm
Faktor β_1 (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)	= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	= 0,9
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	= 0,75
Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2.3)	= 0,75

➤ Perhitungan penulangan balok :

- Tinggi efektif balok :

$$d = h - t_{decking} - \emptyset_{tulangan\ geser} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan\ lentur}$$

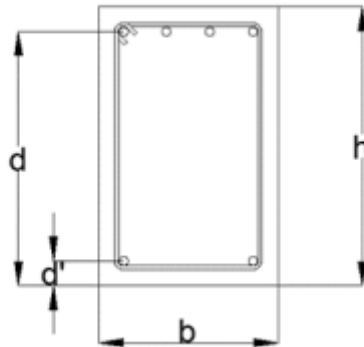
$$d = 600\text{ mm} - 40\text{ mm} - 12\text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 19\text{ mm}$$

$$d = 538,5\text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

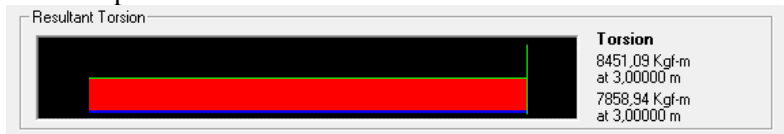
$$d' = 600\text{ mm} - 538,5\text{ mm}$$

$$d' = 61,5\text{ mm}$$



- Hasil output SAP2000:

Hasil output torsi



$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Momen puntir} = 8541,09 \text{ Kgm} = 85410900 \text{ Nmm}$$

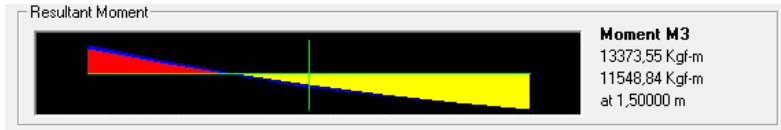
Hasil output aksial



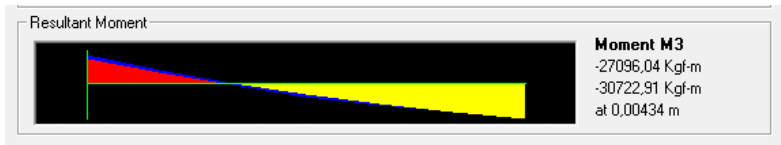
$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$$

$$\text{Gaya aksial} = 2759,21 \text{ Kg} = 27592,1 \text{ N}$$

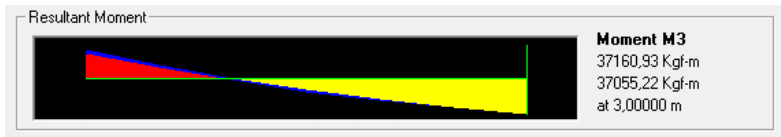
Hasil output momen lentur



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur lapangan} &= 13373,55 \text{ Kgm} \\ &= 133735500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



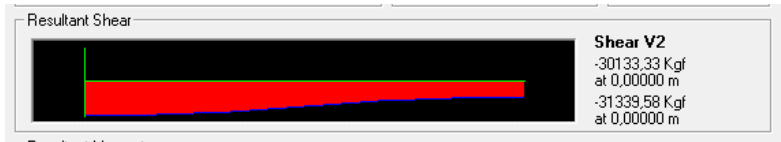
$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kanan} &= 37160,93 \text{ Kgm} \\ &= 371609300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen lentur tumpuan kiri} &= 27096,04 \text{ Kgm} \\ &= 270960400 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hasil output diagram gaya geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2 sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Maka, V_u diambil sebesar:



$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L \\ \text{Momen Tumpuan} &= 30133,33 \text{ Kg} = 301333,3 \text{ N} \\ \text{Momen Lapangan} &= 21446,33 \text{ Kg} = 214463,3 \text{ N} \end{aligned}$$

- Syarat gaya aksial pada balok:
balok harus memenuhi persyaratan batas gaya tekan aksial SNI 03-2847 Pasal 21.3.2. sesuai ketentuan SRPMM bahwa gaya tekan aksial terfaktor, P_u untuk komponen struktur tidak melebihi $A_g \cdot F_c' / 10$ dengan perhitungan dibawah ini:

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = \frac{300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} = 360.000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$ pada komponen struktur yang ditinjau sebesar 23865,9 N maka sesuai persamaan:

$$P_u < \frac{A_g \cdot F_c'}{10}$$

$$27592,1 < 360.000$$

- Perikas kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton:

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 240000 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (400 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 2000 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi A_s tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$A_{oh} = (400 - 2.40 - 12) \times (600 - 2.40 - 12)$$

$$A_{oh} = 156464 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi A_s tulangan sengkang:

$$P_{oh} = 2 \times (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

$$P_{oh} = 2 \times (400 - 2.40 - 12)$$

$$+ (600 - 2.40 - 12)$$

$$P_{oh} = 1632 \text{ mm}$$

- Perhitungan tulangan puntir

Berdasarkan hasil analisa Struktur SAP2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 85410900 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{85410900 \text{ Nmm}}{0,75} = 113881200 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_{u \min} = \emptyset \cdot 0,083 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \sqrt{30} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$T_{u \min} = 9819570,011 \text{ Nmm}$$

$$T_{u \max} = \emptyset \cdot 0,033 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \cdot 0,033 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$T_{u \max} = 14256000 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh puntir

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka tulangan puntir diperlukan

$$85410900 > 9819570,011$$

$T_u > T_{u \min}$ (tulangan puntir diperlukan)

- Perhitungan tulangan puntir untuk lentur

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 156464 = 132994,4 \text{ mm}^2$$

$$\phi = 45^\circ$$

$$\frac{A_t}{s} = T_n \cdot (2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi)$$

$$\frac{A_t}{s} = 113881200 (2 \times 132994,4 \times 240 \times \cot 45^\circ)$$

$$\frac{A_t}{s} = 1,78$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

$$A_l = 1,78 \cdot 1632 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 1746,82 \text{ mm}^2$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \leq 0,175 \times \frac{B_w}{F_{yt}}$$

$$1,78 \leq 0,175 \times \frac{400}{240}$$

$$1,78 \leq 0,29$$

Maka diambil nilai $\frac{A_t}{s} = 0,29$

$$A_{I \min} = \left(\left(\frac{0,42 \times (F_c'^2) \times A_{cp}}{F_y'} \right) - \frac{A_t}{s} \right) \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$A_{I \min} = \left(\left(\frac{0,42 \times (30^2) \times 240000}{400} \right) - 1,78 \right) \times 1632 \times \frac{240}{400}$$

$$A_{I \min} = 1094,66 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_I dengan 2 kondisi :

$A_I \text{ perlu} \leq A_{I \min}$ Maka menggunakan $A_{I \min}$

$A_I \text{ perlu} \geq A_{I \min}$ Maka menggunakan $A_I \text{ perlu}$

Maka,

$1746,82 \geq 1094,66$ maka menggunakan $A_I \text{ perlu}$

Sehingga digunakan $A_I \text{ perlu} = 1746,82 \text{ mm}^2$

Luas tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke 4 sisi pada penampang balok

$$\frac{A_I}{4} = \frac{1746,82}{4} = 436,70 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{\frac{A_I}{4}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{436,70}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 3,2 \approx 4 \text{ buah}$$

Kontrol

$$A_I \text{ pasang} > A_I \text{ perlu}$$

$$530,92 > 436,70 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir ditumpuan kanan, kiri dan lapangan 4 Ø13

- Perhitungan tulanga lentur
Garis netral dalam kondisi balance:

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 538,5$$

$$X_b = 323,1 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X_b$$

$$X_{max} = 0,75 \times 323,1$$

$$X_{max} = 242,325 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 61,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 150$$

$$C'_c = 1300500 \text{ N}$$

Luas tulangan

$$A_{sc} = \frac{C'_c}{F_y}$$

$$A_{sc} = \frac{1300500}{400} = 3251,25 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2438,4375 \cdot 400 \cdot \left(538,5 - \frac{0,85 \cdot 150}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 617412375 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y'} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

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

$$m = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Daerah tumpuan kanan

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok bordes menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 371609300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

$$M_n = \frac{371609300}{0,9}$$

$$M_n = 412899222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 412899222,2 - 617412375$$

$$M_{ns} = -204513152,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{412899222,2}{400 \cdot 538,5^2}$$

$$R_n = 3,55 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,55}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0096$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0096 < 0,024 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0096 \cdot 400 \cdot 538,5$$

$$= 2073,43 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{2073,43}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 5,5 \approx 10 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 10D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 10 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2835,28 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$2835,28 \text{ mm}^2 \geq 2073,43 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times 2835,28$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 850,58 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A'_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{850,58}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 3 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 4D19

$$A'_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A'_s \text{ pasang} = 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_s \text{ pasang} = 1134,11 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$1134,11 \text{ mm}^2 \geq 850,58 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (10 \cdot 19)}{10 - 1}$$

$$S_{maks} = 11,77 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \leq S_{sejajar}$$

$$11,77 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \text{ (susun 2 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (4 \cdot 19)}{4 - 1}$$

$$S_{maks} = 73,33 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$73,33 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok lift 40/60 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 10D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 10 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2835,28 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 1134,11 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1134,11 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 2835,28 \text{ mm}^2$$

$$1134,11 \text{ mm}^2 \geq 945,1 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik } 10\text{D}19 = 2835,28 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{2835,28 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}$$

$$a = 111,18 \text{ mm}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 111,18$$

$$C'_c = 1134114,94 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 2835,28 \times 400$$

$$T = 1134114,94 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(1134114,94 \cdot \left(538,5 - \frac{111,18}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 547671060,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 547671060,5 > 371609300 \text{ N}$$

$$438136848,4 \text{ N} > 371609300 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok induk memanjang dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kanan adalah :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Daerah tumpuan kiri

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 270960400 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{270960400}{0,9} = 301067111,1 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 301067111,1 - 617412375$$

$$M_{ns} = -316345263,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{301067111,1}{400 \cdot 538,5^2}$$

$$R_n = 2,595564997 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,59}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0068$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0068 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah 0,0068, diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0068 \cdot 400 \cdot 538,5 \\ = 1477,16 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ = \frac{1477,16}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 5,2 \approx 10 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 10D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 10 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2835,28 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$2835,28 \text{ mm}^2 \geq 1477,16 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s\text{perlu}} = 0,3 \times A_s \text{ pasang}$$

$$A'_{s\text{perlu}} = 0,3 \times 2835,28$$

$$A'_{s\text{perlu}} = 567,05 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{567,05}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 3 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 4D19

$$A'_{s\text{pasang}} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 1134,11 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$1134,11 \text{ mm}^2 \geq 567,05 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (10 \cdot 19)}{10 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 11,77 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$11,77 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \text{ (susun 2 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (4 \cdot 19)}{4 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 73,33 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$73,33 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok lift 40/60 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 5D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 10 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2835,28 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 1134,11 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

$$1134,11 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 2835,28 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 945,1 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Kontrol kemampuan penampang

A_s pasang tulangan tarik 10D19 = 2835,28 mm²

A_s pasang tulangan tekan 4D19 = 1134,11 mm²

$$a = \frac{(A_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{(2835,28) \cdot 400}{0,85 \cdot 30.400}$$

$$a = 111,18 \text{ mm}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30.400 \cdot 111,18$$

$$C'_c = 1134114,94 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 2835,28 \times 400$$

$$T = 1134114,94 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(1134114,94 \cdot \left(538,5 - \frac{111,18}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 547671060,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 547671060,5 > 270960400 \text{ N}$$

$$438136848,4 \text{ N} > 270960400 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok lift memanjang 40/60 dengan bentang 6 m untuk daerah tumpuan kiri adalah :

Tulangan lentur tarik 2 lapis = 10D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 4D19

Daerah lapangan

Perhitungan tulangan lapangan balok anak 20/30 menggunakan momen terbesar akibat kombinasi $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1,1L$

Momen lentur ultimate :

$$M_u = 133735500 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal:

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

$$M_n = \frac{133735500}{0,9} = 148595000 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$ tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka:

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 148595000 - 617412375$$

$$M_{ns} = -468817375 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan, sehingga hanya diperlukan menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$R_n = \frac{148595000}{400 \cdot 538,5^2}$$

$$R_n = 1,28106979 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,28}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0032$$

Syarat:

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

$$0,0035 < 0,0032 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan adalah ρ_{\min} , diperoleh :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 400 \cdot 538,5 \\ = 753,9 \text{ mm}^2$$

Karena memerlukan tulangan puntir maka

$$A_{s \text{ perlu}} = 753,9 \text{ mm}^2 + \left(\frac{A_l}{4} \right) \\ = 753,9 \text{ mm}^2 + 436,70 \text{ mm}^2 \\ = 1190,60 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ = \frac{1190,60}{19^2}$$

$$n = \frac{1190,60}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 4,19 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 5D19

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tul. tarik}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 850,586211 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas tulangan :

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$1417,64 \text{ mm}^2 \geq 1190,60 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A'_{s\text{pertu}} = 0,3 \times A_{s\text{pasang}}$$

$$A'_{s\text{pertu}} = 0,3 \times 1190,60$$

$$A'_{s\text{pertu}} = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{pertu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n = \frac{425,29}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D19

$$A'_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tul.tarik}}$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A'_{s\text{pasang}} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan :

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{pertu}}$$

$$567,05 \text{ mm}^2 \geq 425,29 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang.

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol tulangan tarik :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (5 \cdot 19)}{5 - 1}$$

$$S_{maks} = 50,25 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$50,25 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \text{ (susun 1 lapis)}$$

Kontrol tulangan tekan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{selimut}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 258 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$258 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm} \quad (\text{susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok lift untuk daerah lapangan :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur balok

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 balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang:

Tulangan tarik 3D19 :

$$A_s \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tarik}$$

$$A_s \text{ pasang} = 5 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 1417,64 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan 2D19

$$A_s' \text{ pasang} = n \times A_s \text{ tul. tekan}$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057474 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}} (+) \geq \frac{1}{3} M_{lentur \text{ tumpuan}} (-)$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \cdot 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$567,057474 \text{ mm}^2 \geq 472,5 \text{ mm}^2$$

Jadi, pada daerah lapangan dipasang tulangan:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_s \text{ pasang tulangan tarik 5D19} = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang tulangan tekan 2D19} = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s) \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{1417,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}$$

$$a = 55,59 \text{ mm}$$

$$C'_c = 0,85 \cdot F'_c \cdot b \cdot a$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 55,59$$

$$C'_c = 567057,474 \text{ N}$$

$$T = A_s \text{ pakai} \times F_y$$

$$T = 1417,64 \times 400$$

$$T = 567057,47 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C'_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(567057,474 \cdot \left(538,5 - \frac{55,59}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 289597990 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\theta \cdot M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \cdot 289597990 > 133735500 \text{ N}$$

$$231678392 \text{ N} > 133735500 \text{ N (Memenuhi)}$$

Jadi penulangan lentur untuk balok anak melintang Balok Lift 40/60 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = 5D19

Tulangan lentur tekan 1 lapis = 2D19

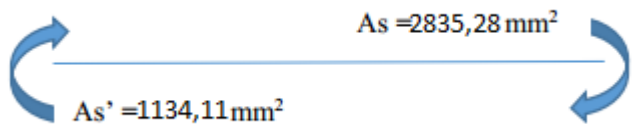
- **Perhitungan tulangan geser**

Berdasarkan hasil SAP2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi $1,2D + 1 Ex + 0,3 Ey + 1.1 L$ yaitu $V_u = 30448 N$

Momen nominal penampang

Momemn nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri

3) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan.



Momen nominal tumpaun kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{1134,11 \cdot 400}{0,85 \cdot 30.400}$$

$$a = 26,68$$

$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 1134,11 \cdot 400 \cdot \left(538,5 - \frac{26,68}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 142941345,1$$

Momen nominal tumpaun kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{2835,28 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}$$

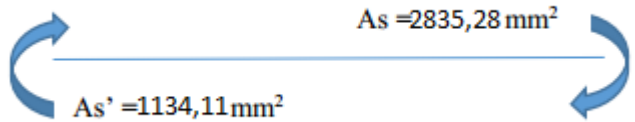
$$a = 66,71$$

$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 2835,28 \cdot 400 \cdot \left(538,5 - \frac{66,71}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 343734597,6$$

4) momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri.



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{2835,28 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}$$

$$a = 66,71$$

$$M_{nr} = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 2835,28 \cdot 400 \cdot \left(538,5 - \frac{66,71}{2}\right)$$

$$M_{nr} = 343734597,6$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{1134,11 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}$$

$$a = 26,68$$

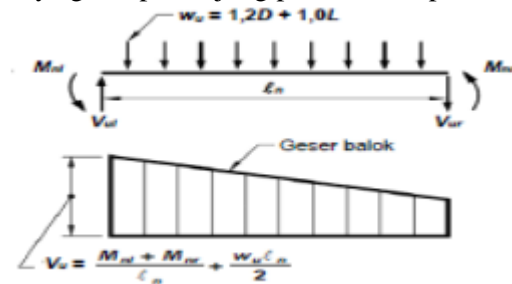
$$M_{nl} = A'_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 1134,11 \cdot 400 \cdot \left(538,5 - \frac{26,68}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 142941345,1$$

Untuk mencari reaksi di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013, Gambar S21.5.4

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :



$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan :

V_{ul} : Gaya geser pada muka perltakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan kiri

M_{nr} : Momen nominal aktual balok daerah Tumpuan kanan

l_n : Panjang bersih balok

karena hasil M_n untuk struktur bergoyang ke kanan dan struktur bergoyang kekiri maka $V_{ul} = V_u$.

$$l_n = L_{balok} - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot b_{kolom} \right)$$

$$l_n = 6000 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 400 \right)$$

$$l_n = 5600 \text{ mm}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{142941345,1 + 343734597,6}{5600} + 301333,3$$

$$V_{u1} = 388239,71 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 03-2847-2013

Pasal 11.12 yaitu nilai $\sqrt{F_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 MPa.

$$\sqrt{F_c'} < 8,3$$

$$\sqrt{30} < 8,3$$

$$5,48 < 8,3 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kuat geser beton

Sesuai dengan SNI 03-2847 Pasal 11.12.11 :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\lambda = 1$, untuk beton normal. Maka,

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 538,5$$

$$V_c = 196632,40$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} \cdot 400 \cdot 538,5$$

$$V_{s \min} = 71800,00$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 538,5$$

$$V_{s \max} = 393264,80$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d$$

$$2V_{s \max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 538,5$$

$$2V_{s \max} = 786529,59$$

Pembagian wilayah geser balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan penulangan geser balok

Wilayah 1 dan 3 (Tumpuan)

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c$$

$$388239,72 \leq \frac{1}{2} \cdot 196632,40$$

$$54019,18 \leq 83568,77 \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$$

$$83568,77 \leq 388239,72 \leq 196632,40 \quad \text{(Tidak Memenuhi)}$$

3. Kondisi 4 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\varphi (V_c + V_{s \min}) \leq V_u \leq \varphi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d \right)$$

$$228167,54 \leq 388239,72 \leq 501412,62$$

(Memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok bordes menggunakan persyaratan kondisi 4, yaitu memerlukan tulangan.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{4}$$

$$S_{maks} = \frac{538,5}{4} = 59,625 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 134,62 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$100 \text{ mm} < 134,62 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \min} = \frac{400 \cdot 100}{3 \cdot 400}$$

$$A_{V \min} = 55,56 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser \emptyset -12 mm dengan 2 kaki, maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_{kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2$$

$$A_V = 226,1946711 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \min}$$

$$226,19 > 55,56 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- i. $d/4$
- j. delapan kali diameter tulangan longitudinal
- k. 24 kali diameter sengkang
- l. 300 mm

Cek persyaratan :

- i. $S_{pakai} < \frac{d}{4}$
 $100 \text{ mm} < \frac{538,5}{4}$
 $100 \text{ mm} < 135 \text{ mm}$ (memenuhi)
- j. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152$ (memenuhi)
- k. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (memenuhi)
- l. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø12-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

WILAYAH 2 (Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1}x(0,5l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{388239,7184 x(0,5 \cdot 5600 - 2.400)}{0,5 \cdot 5600}$$

$$V_{u2} = 221851,2676$$

Cek kondisi :

1. Kondisi 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \varphi V_c$$

$$221851,27 \leq 83568,77 \text{ (tidak memenuhi)}$$

2. Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$$

$$83568,77 \leq 221851,27 \leq 167137,54$$

(memenuhi)

3. Kondisi 3 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s \min})$$

$$167137,54 \leq 221851,27 \leq 228167,54$$

(Memenuhi)

Maka selanjutnya perhitungan penulangan geser balok menggunakan persyaratan kondisi 3, yaitu memerlukan tulangan geser.

Syarat spasi tulangan:

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{538,5}{2} = 119,25 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 269,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 < 269,25 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{V \min} = \frac{b_w \cdot s}{3F_y}$$

$$A_{V \min} = \frac{400 \cdot 150}{3.400}$$

$$A_{V \min} = 83,33 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø12 mm 2 kaki maka Luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_V = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times 2$$

$$A_V = 226,194 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_V > A_{V \min}$$

$$226,194 > 83,33$$

(MEMENUHI)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

i. $d/2$

j. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

k. 24 kali diameter sengkang

l. 300 mm

Cek persyaratan :

$$i. S_{pakai} < \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} < \frac{538,5}{2}$$

$$150 \text{ mm} < 269 \text{ mm} \text{ (TIDAK MEMENUHI)}$$

$$j. S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$$

$$150 \text{ mm} < 8 \times 19$$

- $150 \text{ mm} < 152$ (MEMENUHI)
 k. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $150 \text{ mm} < 24 \times 12$
 $150 \text{ mm} < 288 \text{ mm}$ (MEMENUHI)
 l. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (MEMENUHI)

Maka digunakan tulangan geser (senggang) Ø12-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan balok

Panjang penyaluran untuk tulangan lentur D16 dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2, 12.3 dan 12.5.1

1. panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik.

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana,

Ψ_t : faktor lokasi tulangan, 1

Ψ_e : faktor pelapis tulangan, 1

λ : beton normal, 1

Maka,

$$l_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e}{(2,1\lambda\sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{(2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30})} \right) \cdot 19$$

$$l_d = 660,74$$

Syarat:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$660,74 > 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \cdot l_d$$

$$l_{d \text{ reduksi}} = \frac{2073,43}{2835,28} \cdot 660,74$$

$$l_{d \text{ reduksi}} = 483,2001104$$

Karena l_d tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 700 mm

2. panjang penyaluran tulangan kondisi tekan.

$$l_{dc} = \frac{0,24 F'_y}{\lambda \sqrt{F'_c}} \cdot d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \cdot 400}{1\sqrt{30}} \cdot 19$$

$$l_{dc} = 333,0$$

$$l_{dc} = 0,043 F'_y \cdot d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \cdot 400 \cdot 19$$

$$l_{dc} = 326,8$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 333,0$ mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan (tulangan lebih):

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \cdot l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{170,11}{567,05} \cdot 333,0$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 99,90$$

Karena l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm maka diambil panjang minimum yaitu 400 mm

3. panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot F'_y \cdot \Psi_e}{(\lambda \sqrt{F'_c})} \right) \cdot d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1}{(1\sqrt{30})} \right) \cdot 19 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 333,015315 \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \cdot 19$$

$$8d_b = 152$$

Syarat:

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$333,02 > 152 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$333,02 > 150 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Maka diambil nilai $l_{dh} = 333,02 \approx 400 \text{ mm}$

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK LIFT 40 X 60			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	10 D 19	5 D 19	10 D 19
TULANGAN BAWAH	4 D 19	2 D 19	4 D 19
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

Dengan cara yang sama maka balok pada sloof, lantai 2,3,4,5,6 akan diperoleh perhitungan seperti tabel 5.1 Perhitungan Struktur Lentur Balok dan 5.2 Perhitungan struktur geser balok. Perhitungan selengkapnya terlampir.

Tabel 5. 2 Perhitungan struktur lentur balok

Posisi		Balok		Frame	Mu	Mn	b	h	d
Letak	As	Tipe	Daerah		Nmm	Nmm	mm	mm	mm
Memanjang	1(F-G)	B1	Tump. Kiri	561	10.824.498,40	12.027.220,44	300	400	348,5
			Lapangan		32.668.991,83	36.298.879,81	300	400	348,5
			Tump Kanan		10.268.849,30	11.409.832,56	300	400	348,5
Memanjang	3(E-F)	B1	Tump. Kiri	538	129.567.818,00	143.964.242,22	300	400	348,5
			Lapangan		60.164.488,95	66.849.432,17	300	400	348,5
			Tump Kanan		126.849.375,00	140.943.750,00	300	400	348,5
Memanjang	5(C-D)	B1	Tump. Kiri	522	126.333.034,00	140.370.037,78	300	400	348,5
			Lapangan		60.514.351,41	67.238.168,23	300	400	348,5
			Tump Kanan		125.342.915,00	139.269.905,56	300	400	348,5
Memanjang	7(B-C)	B1	Tump. Kiri	549	73.171.004,00	81.301.115,56	300	400	348,5
			Lapangan		34.157.663,63	37.952.959,59	300	400	348,5
			Tump Kanan		71.366.914,00	79.296.571,11	300	400	348,5
Melintang	A(7-6)	B1	Tump. Kiri	501	40.712.767,00	45.236.407,78	300	400	348,5
			Lapangan		12.073.443,89	13.414.937,66	300	400	348,5
			Tump Kanan		48.126.937,00	53.474.374,44	300	400	348,5
Melintang	C(1-2)	B3	Tump. Kiri	466	96.943.554,00	107.715.060,00	300	500	448,5
			Lapangan		61.287.743,41	68.097.492,68	300	500	448,5
			Tump Kanan		107.596.086,00	119.551.206,67	300	500	448,5

d	d'	Xmin	Xmaks	Xrencana	Cc'	Asc	Mnc	Mn - Mnc	Tunggal/Rangkap	Rn
mm	mm				N	mm ²	Nmm	Nmm		
348,5	51,50	51,50	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-183917010,81	Tunggal	0,25
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-183917010,81	Tunggal	0,76
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-183917010,81	Tunggal	0,24
348,5	51,50	51,50	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-51979989,03	Tunggal	3,00
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-51979989,03	Tunggal	1,39
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-51979989,03	Tunggal	2,94
348,5	51,50	51,50	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-55574193,47	Tunggal	2,92
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-55574193,47	Tunggal	1,40
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-55574193,47	Tunggal	2,90
348,5	51,50	51,50	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-114643115,69	Tunggal	1,69
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-114643115,69	Tunggal	0,79
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-114643115,69	Tunggal	1,65
348,5	51,50	51,50	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-150707823,47	Tunggal	0,94
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-150707823,47	Tunggal	0,28
348,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	195944231,3	-150707823,47	Tunggal	1,11
448,5	51,50	51,50	156,83	100	638775,00	1596,94	259821731,3	-152106671,25	Tunggal	1,44
448,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	259821731,3	-152106671,25	Tunggal	0,91
448,5	51,5	51,5	156,83	100	638775	1596,94	259821731,3	-152106671,25	Tunggal	1,59

Rn	pb	pmax	pmin	m	pperlu	1,3xpperlu	ppakai	As mm ²	n tulangan buah	As Tul	AsPasang		As paka mm ²
											n	Diameter	
0,25	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0006	0,0008	0,0035	365,9250	1,2913	283,3850	5,00	D19	1416,93
0,76	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0019	0,0025	0,0035	365,9250	1,2913	283,3850	2,00	D19	566,77
0,24	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0006	0,0008	0,0035	365,9250	1,2913	283,3850	2,00	D19	566,77
3,00	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0080	0,0104	0,0080	836,4118	2,9515	283,3850	5,00	D19	1416,93
1,39	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0036	0,0047	0,0036	374,5396	1,3217	283,3850	2,00	D19	566,77
2,94	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0078	0,0102	0,0078	817,6343	2,8852	283,3850	5,00	D19	1416,93
2,92	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0078	0,0101	0,0078	814,0745	2,8727	283,3850	5,00	D19	1416,93
1,40	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0036	0,0047	0,0036	376,7828	1,3296	283,3850	2,00	D19	566,77
2,90	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0077	0,0100	0,0077	807,2544	2,8486	283,3850	5,00	D19	1416,93
1,69	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0044	0,0057	0,0044	458,4790	1,6179	283,3850	5,00	D19	1416,93
0,79	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0020	0,0026	0,0035	365,9250	1,2913	283,3850	2,00	D19	566,77
1,65	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0043	0,0056	0,0043	446,7684	1,5765	283,3850	2,00	D19	566,77
0,94	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0024	0,0031	0,0035	365,9250	1,8209	200,9600	5,00	D16	1004,80
0,28	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0007	0,0009	0,0035	365,9250	1,8209	200,9600	2,00	D16	401,92
1,11	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0028	0,0037	0,0028	297,8394	1,4821	200,9600	2,00	D16	401,92
1,44	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0037	0,0048	0,0037	497,5314	2,4758	200,9600	5,00	D16	1004,80
0,91	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0023	0,0030	0,0035	470,9250	2,3434	200,9600	3,00	D16	602,88
1,59	0,05	0,040	0,0035	15,69	0,0041	0,0054	0,0041	554,0832	2,7572	200,9600	5,00	D16	1004,80

As pakai mm ²	As' mm	As'Pasang		As' pakai mm ²	Kontrol Kemampuan Penampang					Mn
		n	Diameter		As	As'	d	T	a	
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
1416,93	495,92	2,00	D19	566,77	1416,93	566,77	348,50	566.770	74,09	176.524.035,66
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
566,77	198,37	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	75.648.488,51
1004,80	351,68	2,00	D16	401,92	1004,80	401,92	348,50	401.920	52,54	129.510.970,56
401,92	140,67	2,00	D16	401,92	401,92	401,92	348,50	160.768	21,02	54.338.344,09
401,92	140,67	2,00	D16	401,92	401,92	401,92	348,50	160.768	21,02	54.338.344,09
1004,80	351,68	2,00	D19	401,92	1004,80	401,92	448,50	401.920	52,54	169.702.970,56
602,88	211,01	2,00	D19	401,92	602,88	401,92	448,50	241.152	31,52	104.355.738,20
1004,80	351,68	2,00	D19	401,92	1004,80	401,92	448,50	401.920	52,54	169.702.970,56

Mn	ΦMn	Kontrol
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
176.524.035,66	196.137.817,40	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
75.648.488,51	84.053.876,12	Oke
129.510.970,56	143.901.078,40	Oke
54.338.344,09	60.375.937,88	Oke
54.338.344,09	60.375.937,88	Oke
169.702.970,56	188.558.856,18	Oke
104.355.738,20	115.950.820,22	Oke
169.702.970,56	188.558.856,18	Oke

Tabel 5. 3 Perhitungan Struktur Geser Balok

Posisi		Balok		Frame	Ln	b	h	d	d'	As Tul
Letak	As	Tipe	Daerah		mm	mm	mm	mm	mm	
Memanjang	1(F-G)	B1	Tump Lapangan	561	5700	300	400	348,5	51,50	283,3850
					5700	300	400	348,5	51,5	283,3850
Memanjang	3(E-F)	B1	Tump Lapangan	538	5700	300	400	348,5	51,50	283,3850
					5700	300	400	348,5	51,5	283,3850
Memanjang	5(C-D)	B1	Tump Lapangan	522	5700	300	400	348,5	51,50	283,3850
					5700	300	400	348,5	51,5	283,3850
Memanjang	7(B-C)	B1	Tump Lapangan	549	5700	300	400	348,5	51,50	283,3850
					5700	300	400	348,5	51,5	283,3850
Melintang	A(7-6)	B1	Tump Lapangan	501	4200	300	300	248,5	51,50	200,9600
					4200	300	300	248,5	51,5	200,9600

As Tul	AsPasang		As pakai mm ²	AsPasang		As' pakai mm ²	Kontrol Kemampuan Penampang						1/2Ln mm
	n	Diameter		n	Diameter		As	As'	d	T	a	a2	
283,3850	3,00	D19	850,16	2,00	D19	566,77	850,16	566,77	348,50	340.062	44,45	29,64	2850
283,3850	2,00	D19	566,77	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	340.062	44,45	29,64	2850
283,3850	3,00	D19	850,16	2,00	D19	566,77	850,16	566,77	348,50	340.062	44,45	29,64	2850
283,3850	2,00	D19	566,77	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	29,64	2850
283,3850	4,00	D19	1133,54	2,00	D19	566,77	1133,54	566,77	348,50	453.416	59,27	29,64	2850
283,3850	2,00	D19	566,77	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	29,64	2850
283,3850	4,00	D19	1133,54	2,00	D19	566,77	1133,54	566,77	348,50	453.416	59,27	29,64	2850
283,3850	2,00	D19	566,77	2,00	D19	566,77	566,77	566,77	348,50	226.708	29,64	29,64	2850
200,9600	2,00	D16	401,92	2,00	D16	401,92	401,92	401,92	248,50	160.768	21,02	21,02	2100
200,9600	2,00	D16	401,92	2,00	D16	401,92	401,92	401,92	248,50	160.768	21,02	21,02	2100

1/2Ln mm	2h mm	Mnl Nmm	Mnr Nmm	Vu N	Vu1 N	Vu2 N	Vs perlu N	Vc	As Tulangan mm ²	Tulangan mm	S Rencana
2850	800	110.953.295,64	113.472.732,76	84024,13	123.397,12	88.759,33	69088,8	95.440,66	157,00	Φ10	190,07
2850	800	110.953.295,64	113.472.732,76	84024,13	123.397,12	88.759,33	22905,1	95.440,66	157,00	Φ10	120,00
2850	800	110.953.295,64	113.472.732,76	46557,14	85.930,13	61.809,39	19132,8	95.440,66	157,00	Φ10	686,33
2850	800	75.648.488,51	113.472.732,76	46557,14	79.736,30	61.809,39	-13028,1	95.440,66	157,00	Φ10	120,00
2850	800	144.578.478,02	151.296.977,01	83409,10	135.317,07	97.333,33	84982,1	95.440,66	157,00	Φ10	154,52
2850	800	75.648.488,51	151.296.977,01	83409,10	123.224,09	97.333,33	34337,1	95.440,66	157,00	Φ10	120,00
2850	800	144.578.478,02	151.296.977,01	58896,05	110.804,02	79.701,14	52298,0	95.440,66	157,00	Φ10	251,09
2850	800	75.648.488,51	151.296.977,01	58896,05	98.711,04	79.701,14	10827,5	95.440,66	157,00	Φ10	120,00
2100	600	38.261.544,09	38.261.544,09	22823,01	41.042,79	29.316,28	-13330,8	68.054,53	157,00	Φ10	-985,05
2100	600	38.261.544,09	38.261.544,09	22823,01	41.042,79	29.316,28	28966,2	68.054,53	157,00	Φ10	120,00

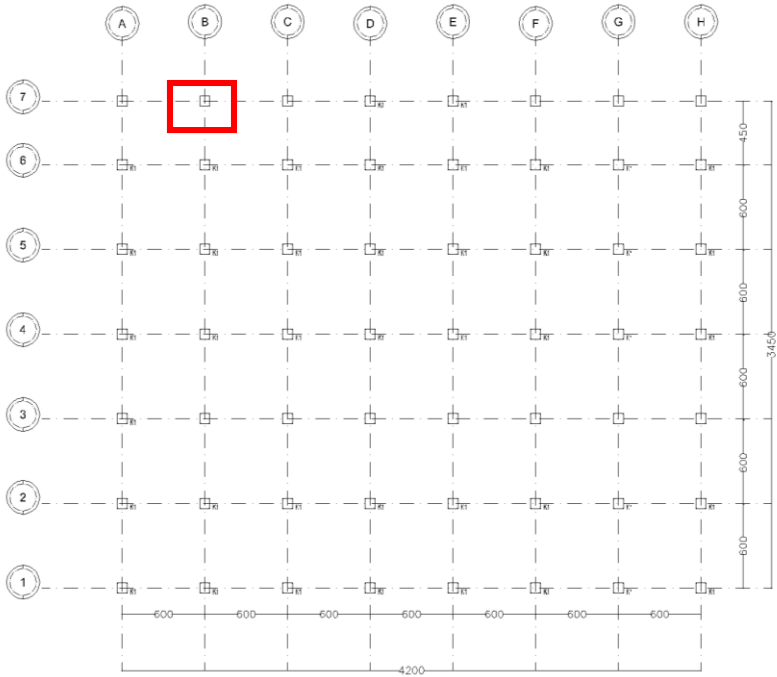
S Rencana	Av min mm ²	Av Pakai	Kontrol (mm)					Kontrol (mm)				
			d/4	d/2	24 d _{geser}	8d _{lentur}	300,00	d/4	d/2	24 d _{geser}	8d _{lentur}	300,00
190,07	79,19	80,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	Oke	Oke	Oke	Oke	Oke
120,00	50,00	120,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	-	Oke	-	-	Oke
686,33	285,97	80,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	Oke	Oke	Oke	Oke	Oke
120,00	50,00	120,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	-	Oke	-	-	Oke
154,52	64,38	80,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	Oke	Oke	Oke	Oke	Oke
120,00	50,00	120,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	-	Oke	-	-	Oke
251,09	104,62	80,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	Oke	Oke	Oke	Oke	Oke
120,00	50,00	120,00	87,13	174,25	288,00	152,00	300,00	-	Oke	-	-	Oke
-985,05	-410,44	60,00	62,13	124,25	288,00	152,00	300,00	Oke	Oke	Oke	Oke	Oke
120,00	50,00	100,00	62,13	124,25	288,00	152,00	300,00	-	Oke	-	-	Oke

5.4 Perhitungan Struktur Kolom

A. Kolom Tipe K1

➤ Data – data perencanaan:

Tipe kolom	= K1 lantai 1
B kolom	= 400 mm
H kolom	= 400 mm
Tinggi kolom	= 6000 mm
Kuat tekan beton (F_c')	= 30 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= $4700 \sqrt{F_c'}$
Modulus elastisitas baja (E_s)	= 200000
Kuat leleh tulangan lentur (F_y lentur)	= 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (F_y geser)	= 240 MPa
Diameter tulangan lentur (\emptyset)	= 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset)	= 8 mm
Tebal selimut (decking)	= 40 mm
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
Jarak spasi antar tulangan sejajar	=
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
Faktor β_1	= 0,85
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ)	= 0,75
	(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)



Gambar 5. 8 Denah kolom yang ditinjau

➤ Perhitungan penulangan kolom:

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 400 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16$$

$$d = 344 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 + \frac{1}{2} \cdot 16$$

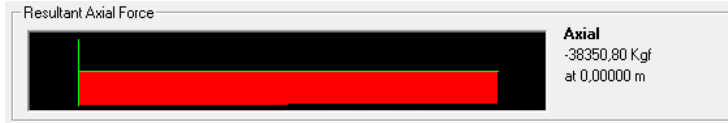
$$d' = 56 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 256$$

$$d'' = 144 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil output SAP2000 frame 100 didapatkan diagram analisa sebagai berikut:



Kombinasi : 1,4D
Nilai aksial : 383508,00N



Kombinasi : 1,2D + 1,6L
Nilai aksial : 328721,10 N



Kombinasi : 1,2D + 0,3Ex + 1,0Ey + 1L
Nilai aksial : 359563,10 N

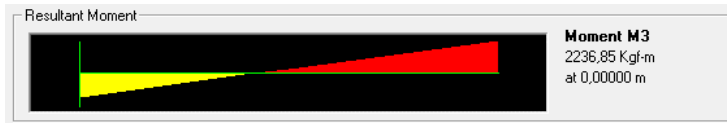


Kombinasi : 1,2D + 1,0Ex + 0,3Ey + 1L
Nilai aksial : 38935,31 N

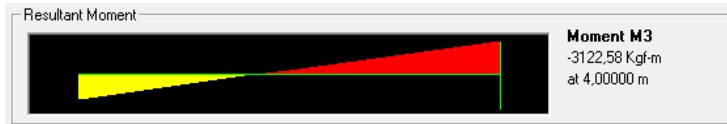
Momen akibat pengaruh beban gravitasi

Akibat kombinasi 1D + 1L :

Momen arah sumbu x

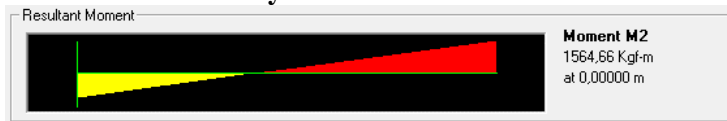


Kombinasi : 1D + 1L
 Nilai M_{1ns} : 22368500 N

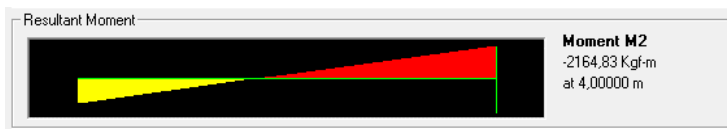


Kombinasi : 1D + 1L
 Nilai M_{2ns} : 31225800 N

Momen arah sumbu y



Kombinasi : 1D + 1L
 Nilai M_{1ns} : 15646600 N



Kombinasi : 1D + 1L
 Nilai M_{2ns} : 21648300 N

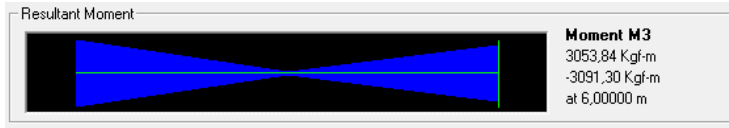
Momen akibat pengaruh beban gravitasi:

M_{1ns} adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung trfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping. (SNI 01-2847-2013)

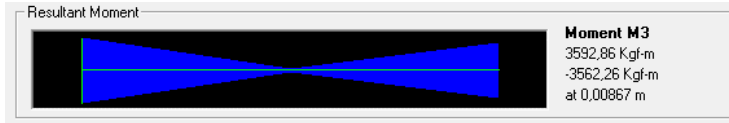
M_{2ns} adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung trfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping. (SNI 01-2847-2013)

Momen akibat pengaruh gaya gempa:

Momen arah sumbu x

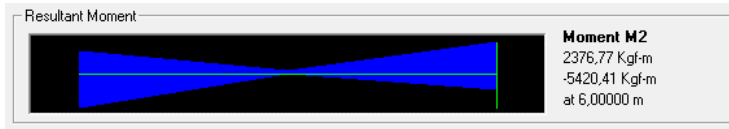


Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L
 Nilai M_{1ns} : 30538400 N

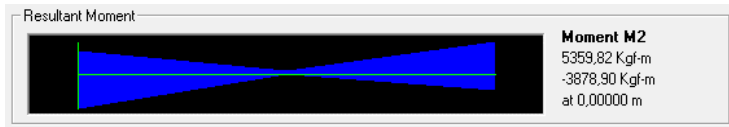


Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L
 Nilai M_{2ns} : 35928600 N

Momen arah sumbu y



Kombinasi : 1D + 03Ex + 1Ey + 1L
 Nilai M_{1ns} : 23767700,00 N



Kombinasi : 1D + 0,3 Ex + 1Ey +1L
 Nilai M_{2ns} : 53598200,00 N

Momen akibat pengaruh beban gempa:

M_{1ns} adalah momen akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang terkecil dalam satuan Nmm. (SNI 01-2847-2013)

M_{2ns} adalah momen akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang terbesar dalam satuan Nmm. (SNI 01-2847-2013)

Syarat gaya aksial pada kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi dari persamaan $A_g \cdot F_c' / 10$, bila P_u lebih besar maka perhitungan menggunakan SRPMM.

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} < P_u$$

$$\frac{400 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 30 \text{ MPa}}{10} < 383508,0 \text{ N}$$

$$480000 \text{ N} < 383508,0 \text{ N}$$

- **perhitungan tulangan lentur**

menghitung kontrol kelangsingan kolom

$$\beta d = \frac{P_u(\text{akibat beban gravitasi})}{P_u(\text{akibat beban gempa})}$$

Keterangan :

βd = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

Maka :

$$\beta d = \frac{P_u(\text{akibat beban gravitasi})}{P_u(\text{akibat beban gempa})}$$

$$\beta d = \frac{P_{max}(1,4)}{P_{max}(\text{gempa})}$$

$$\beta d = \frac{383508,0}{38935,31} = 0,91422368$$

Kolom (40 x 40) mm²

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Elk = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 40 \cdot 40^3\right)}{1 + 0,91422368}$$

$$Elk = 11475840720 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Balok induk memanjang (30/40) mm²

$$Elb = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 40^3\right)}{1 + 0,91422368}$$

$$Elb = 8606880540 \text{ Kg. cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Balok sloof (30/40) mm²

$$Els = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Els = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 40^3\right)}{1 + 0,91422368}$$

$$Els = 8606880540 \text{ Kg. cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

$$\psi_a = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) \text{ kolom atas}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{B_1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{B_1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S_1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S_1}}$$

$$\psi_a = \frac{\sum \left(\frac{12404885089 \text{ Kg. cm}^2}{6000 \text{ mm}}\right) \text{ kolom atas}}{\left(\frac{9303663817 \text{ Kg. cm}^2}{6000 \text{ mm}}\right)}$$

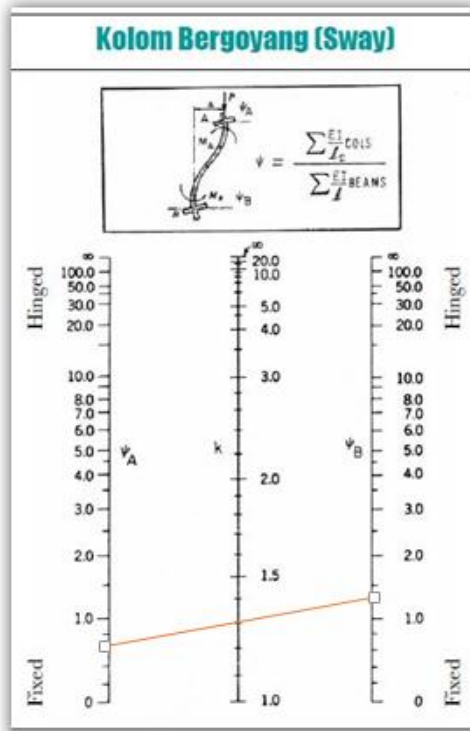
$$\psi_a = 0,666666667$$

Kekakuan kolom bawah

$$\psi_b = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) \text{kolom atas}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1}}$$

$$\psi_b = \frac{12404885089}{9303663817} = 1,333333333$$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom (k)



Dari nomogram diatas didapatkan nilai $k = 1,3$
Menghitung jari-jari inersia (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \times 400 \times 400^3}{400^2}}$$

$$r = 115,47 \text{ mm}$$

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \text{ (pengaruh kelangsingan diabaikan)}$$

$$\lambda = \frac{1,3 \cdot 6000}{115,47} \leq 22$$

$$\lambda = 67,55 \leq 22$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 10.10 maka kolom termasuk kolom langsing.

Peninjauan kolom akibat momen arah X (M33)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP2000 diperoleh hasil gaya dalam arah X sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L)

$$M_{1s} = 30538400,00 \text{ N}$$

$$M_{2s} = 35928600,00 \text{ N}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1D + 1L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 22368500,00 \text{ N}$$

$$M_{2ns} = 31225800,00 \text{ N}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot l_u^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 11475840720}{1,3 \cdot 600^2}$$

$$P_c = 135636310$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 56 \times 261815,9944 \times 10$$

$$\Sigma P_c = 21476448 \text{ Kg}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$\Sigma P_u = 56 \times 383508,0$$

$$\Sigma P_u = 21476448 \text{ Kg}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{21476448}{0,75 \times 21476448}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,26761667 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,27$ yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah X (M33)

Pembesaran momen arah X (M33):

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

$$M_1 = 22368500,00 + 1,27 \cdot 35928600,00$$

$$M_1 = 61079485,00 \text{ Nmm}$$

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

$$M_2 = 31225800,00 + 1,27 \cdot 48779700,00$$

$$M_2 = 76769492,39 \text{ Nmm}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 76769492,39 Nmm

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi berdasarkan buku grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{56}{400} = 0,14$$

Sumbu vertikal :

$$v = \frac{383508,0}{\emptyset \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot F_c'} \\ 510060,70$$

$$v = \frac{0,65 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 30}{0,65 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

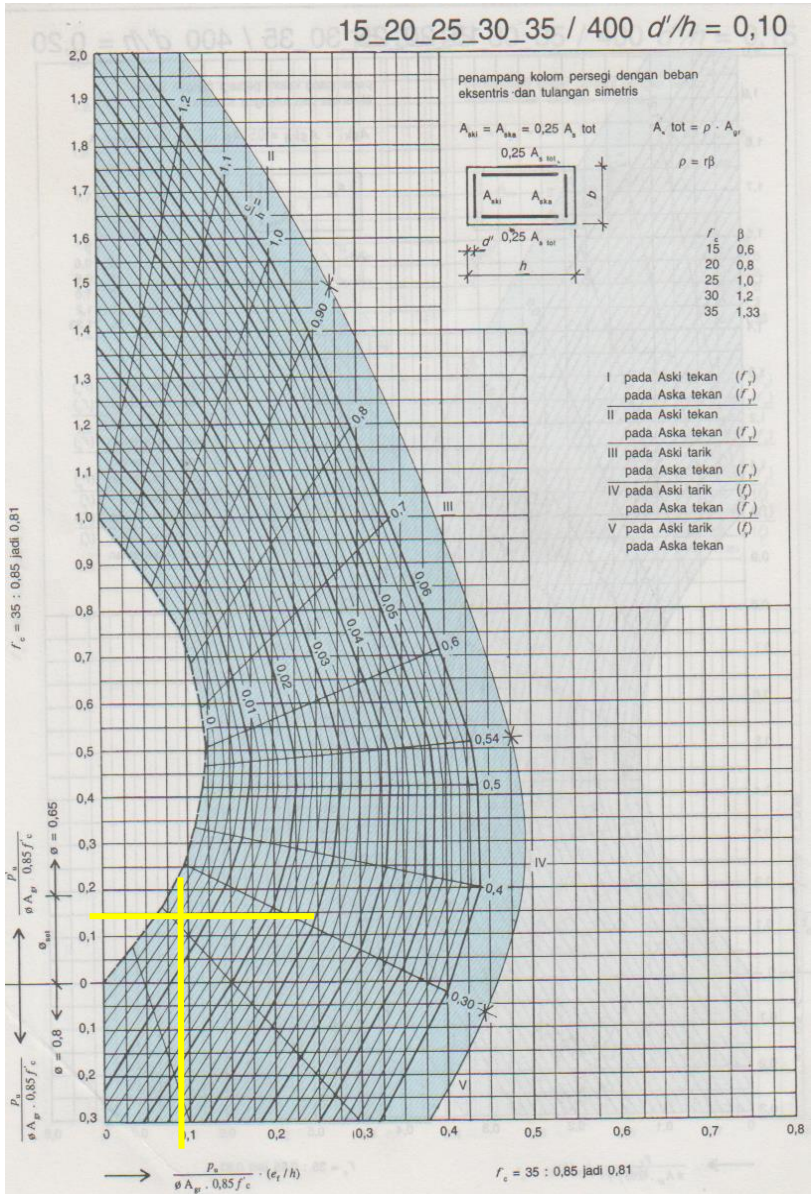
$$v = 0,14461086$$

Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot F_c'} \\ 76769492,39$$

$$h = \frac{0,65 \cdot 400 \cdot 400^2 \cdot 0,85 \cdot 30}{0,65 \cdot 400 \cdot 400^2 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

$$h = 0,07236943$$



Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 0,01$

Selanjutnya dihitung Luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times h$$

$$A_{s\ perlu} = 0,01 \times 400 \times 400$$

$$A_{s\ perlu} = 1600\ mm^2$$

Dipakai tulangan D16, maka Luas tulangan :

$$Luas\ tulangan = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$Luas\ tulangan = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$Luas\ tulangan = 201,0619298\ mm^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{Luas\ tulangan\ D16}$$

$$n = \frac{1600\ mm^2}{201,0619298\ mm^2}$$

$$n = 7,957747155 \sim 8\ buah$$

Luas tulangan lentur pasang :

$$A_{s\ pasang} = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 8 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 1608,5\ mm^2$$

Kontrol tulangan :

$$A_{s\ pasang} > A_{s\ perlu}$$

$$1608,5\ mm^2 > 1600\ mm^2 \quad (MEMENUHI)$$

Mencari e_{min} dan e_{perlu}

$$P_n = \frac{P_u}{0,65}$$

$$P_n = \frac{383508,0}{0,65} = 590012,31\ N$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,65}$$

$$M_n = \frac{76769492,39 \text{ Nmm}}{0,65} = 118106911,4 \text{ N}$$

$$e_{perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{perlu} = \frac{118106911,4 \text{ N}}{590012,3 \text{ N}}$$

$$e_{perlu} = 200,1770299 \text{ mm} = 20,09517151 \text{ cm}$$

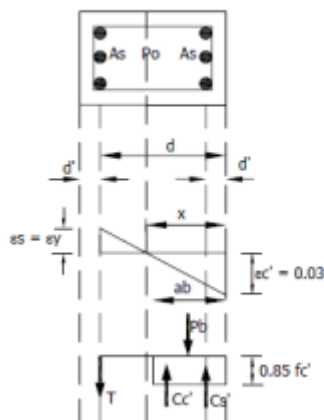
$$e_{min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03 \cdot 400)$$

$$e_{min} = 27,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

Cek kondisi balance



Syarat :

$$e_s = e_y \quad \text{---} \quad f_s = f_y$$

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkng} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 400 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16$$

$$d = 344 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 - \frac{1}{2} \cdot 16$$

$$d' = 56 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkng} + \frac{1}{2} \text{Ø T. lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 344$$

$$d'' = 144 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} \cdot d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \cdot 344$$

$$X_b = 206,4 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$A_b = 0,85 \cdot 206,4 \text{ mm}$$

$$A_b = 175,44 \text{ mm}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 1608,5 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 602381,5418 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 X_b$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 206,4$$

$$C'_c = 1789488 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 1608,5 \cdot 400$$

$$T = 643398,1755 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C'_c + C'_s - T$$

$$P_b = 1789488 \text{ N} + 602381,5418 \text{ N} - 643398,1755 \text{ N}$$

$$P_b = 1748471,366 \text{ N}$$

$$M_b = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$M_b = 1789488 \text{ N}(344$$

$$- 144 - 1/2 \cdot 175,44) + 602381,5418 (344 - 144$$

$$- 56) + 643398,1755 \cdot 144 = 380315991,9 \text{ Nmm}$$

$$M_b = 380315991,9 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{380315991,9}{1748471,366}$$

$$e_b = 217,513423$$

Kontrol kondisi :

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (Tekan menentukan)

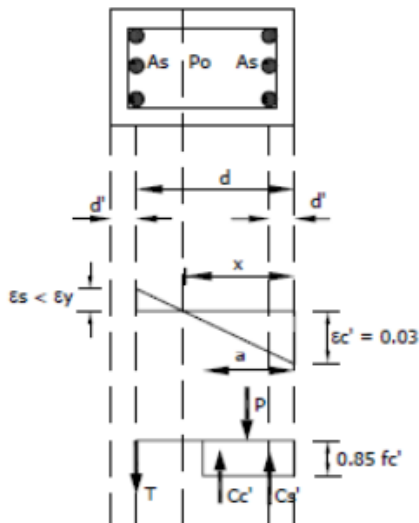
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (Tarik menentukan)

Maka :

$27,24 < 20,1 < 217,51$ (tekan menentukan)

Kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi tekan menentukan



syarat :

$$e < e_b$$

$$27,24 < 217,51$$

$$P > P_b$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 \cdot x = 0,54 \cdot 344$$

$$x = 218,54 \text{ mm}$$

Mencari nilai a

$$a = 0,85 x$$

$$= 0,85 \cdot 218,54$$

$$= 185,76 \text{ mm}$$

Syarat $\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{344}{218,54} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{344}{218,54} - 1 \right) \cdot 600$$

$$= 344,44$$

$$\epsilon_y = \left(\frac{f_y}{E_s} \right)$$

$$= \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \text{ (OK)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa (OK)}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 1608,5 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 602381,5418 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 x$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 218,54$$

$$C'_c = 1894752 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 1608,5 \cdot 400$$

$$T = 643398,1755 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P = C'_c + C'_s - T$$

$$P = 1789488 \text{ N} + 1894752 \text{ N} - 643398,1755 \text{ N}$$

$$P = 1853735,366 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > P_b$$

$$1853735,366 > 1748471,366 \quad (\text{OK})$$

$$Mn_{\text{terpasang}} = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$Mn_{\text{terpasang}}$$

$$= 1894752 \text{ N}(344$$

$$- 144 - 1/2 \cdot 175,44) + 602381,5418 (344 - 144 - 56)$$

$$+ 643398,1755 \cdot 144 = 392135033,8 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{terpasang}} = 392135033,8 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{terpasang}} > Mn$$

$$392.135.033,8 \text{ Nmm} > 118.106.911,4 \text{ Nmm}$$

Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP2000 diperoleh hasil gaya dalam arah X sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 0,3Ex + 1Ey + 1L)

$$M_{1s} = 23767700,00 \text{ N}$$

$$M_{2s} = 53588200,00 \text{ N}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1D + 1L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 15646600,00 \text{ N}$$

$$M_{2ns} = 21648300,00 \text{ N}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot l_u^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 11475840720}{1,3 \cdot 600^2}$$

$$P_c = 135636310$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 56 \times 261815,9944 \times 10$$

$$\sum P_c = 21476448 \text{ Kg}$$

$$\sum P_u = n \times P_u$$

$$\sum P_u = 56 \times 383508,0$$

$$\sum P_u = 21476448 \text{ Kg}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{21476448}{0,75 \times 21476448}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,26761667 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,27$ yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah Y (M22):

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

$$M_1 = 15646600,00 + 1,27 \cdot 23767700,00$$

$$M_1 = 52496832,790 \text{ Nmm}$$

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

$$M_2 = 21648300,00 + 1,27 \cdot 53588200,00$$

$$M_2 = 99167771,95 \text{ Nmm}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 99167771,95 Nmm

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi berdasarkan buku grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{56}{400} = 0,14$$

Sumbu vertikal :

$$v = \frac{383508,0}{\emptyset \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$

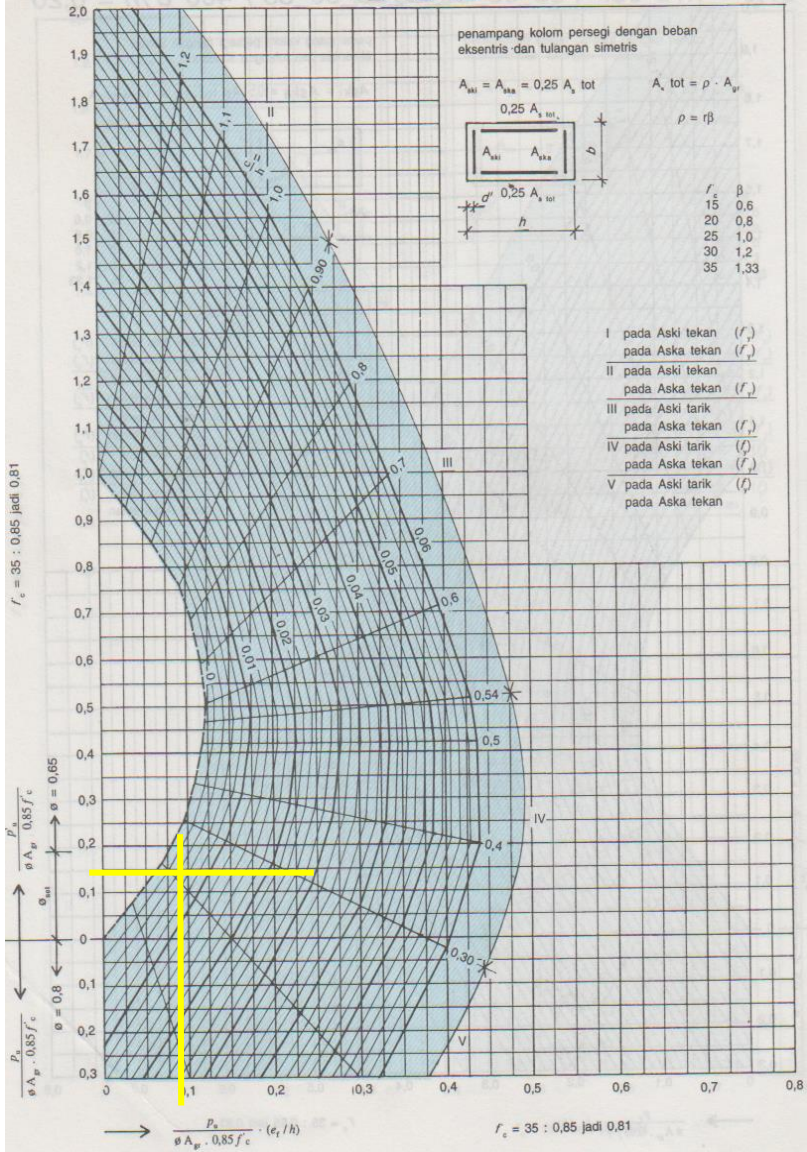
$$v = \frac{510060,70}{0,65 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

$$v = 0,14461086$$

Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$
$$h = \frac{99167771,95}{0,65 \cdot 400 \cdot 400^2 \cdot 0,85 \cdot 30}$$
$$h = 0,0934$$

15_20_25_30_35 / 400 $d'/h = 0,10$



Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 0,01$

Selanjutnya dihitung Luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times h$$

$$A_{s\ perlu} = 0,01 \times 400 \times 400$$

$$A_{s\ perlu} = 1600\ mm^2$$

Dipakai tulangan D16, maka Luas tulangan :

$$Luas\ tulangan = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$Luas\ tulangan = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$Luas\ tulangan = 201,0619298\ mm^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{Luas\ tulangan\ D16}$$

$$n = \frac{1600\ mm^2}{201,0619298\ mm^2}$$

$$n = 7,957747155 \sim 8\ buah$$

Luas tulangan lentur pasang :

$$A_{s\ pasang} = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 8 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 1608,5\ mm^2$$

Kontrol tulangan :

$$A_{s\ pasang} > A_{s\ perlu}$$

$$1608,5\ mm^2 > 1600\ mm^2 \quad (MEMENUHI)$$

Mencari e_{min} dan e_{perlu}

$$P_n = \frac{P_u}{0,65}$$

$$P_n = \frac{383508,0}{0,65} = 590012,31\ N$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,65}$$

$$M_n = \frac{99167771,95 \text{ Nmm}}{0,65} = 152565803 \text{ N}$$

$$e_{perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{perlu} = \frac{152565803 \text{ N}}{590012,3 \text{ N}}$$

$$e_{perlu} = 205,5807127 \text{ mm} = 25,861 \text{ cm}$$

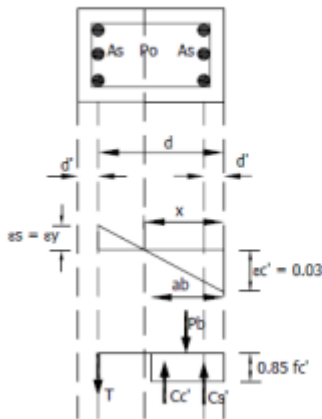
$$e_{min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03 \cdot 400)$$

$$e_{min} = 27,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

Cek kondisi balance



Syarat :

$$e_s = e_y \quad \rightarrow \quad f_s = f_y$$

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkng} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 400 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 16$$

$$d = 344 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 - \frac{1}{2} \cdot 16$$

$$d' = 56 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkng} + \frac{1}{2} \text{Ø T. lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 344$$

$$d'' = 144 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} \cdot d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \cdot 344$$

$$X_b = 206,4 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$A_b = 0,85 \cdot 206,4 \text{ mm}$$

$$A_b = 175,44 \text{ mm}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 1608,5 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 602381,5418 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 X_b$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 206,4$$

$$C'_c = 1789488 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 1608,5 \cdot 400$$

$$T = 643398,1755 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C'_c + C'_s - T$$

$$P_b = 1789488 \text{ N} + 602381,5418 \text{ N} - 643398,1755 \text{ N}$$

$$P_b = 1748471,366 \text{ N}$$

$$M_b = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$M_b = 1789488 \text{ N}(344$$

$$- 144 - 1/2 \cdot 175,44) + 602381,5418 (344 - 144$$

$$- 56) + 643398,1755 \cdot 144 = 380315991,9 \text{ Nmm}$$

$$M_b = 380315991,9 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{380315991,9}{1748471,366}$$

$$e_b = 217,513423$$

Kontrol kondisi :

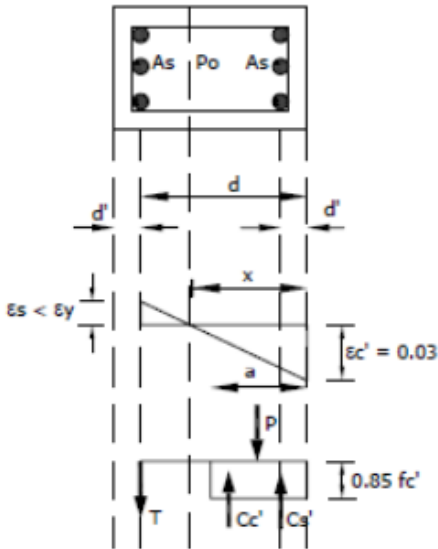
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (Tekan menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (Tarik menentukan)

$27,24 > 25,86 < 217,51$ (tekan menentukan)

Kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi tekan menentukan



syarat :

$$e < e_b$$

$$25,86 < 217,51$$

$$P > P_b$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 \cdot x = 0,54 \cdot 344$$

$$x = 218,54 \text{ mm}$$

Mencari nilai a

$$a = 0,85 x$$

$$= 0,85 \cdot 218,54$$

$$= 185,76 \text{ mm}$$

Syarat $\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{344}{218,54} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= 0,0017\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{344}{218,54} - 1\right) \cdot 600 \\ &= 344,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \left(\frac{f_y}{E_s}\right) \\ &= \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ MPa}}\right) \\ &= 0,002\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &< \varepsilon_y \\ 0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\ f_s &< f_y \\ 344,44 \text{ MPa} &< 400 \text{ MPa (OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C'_s &= A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c) \\ C'_s &= 1608,5 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)\end{aligned}$$

$$C'_s = 602381,5418 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 218,54$$

$$C'_c = 1894752 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 1608,5 \cdot 400$$

$$T = 643398,1755 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P = C'_c + C'_s - T$$

$$P = 1789488 \text{ N} + 1894752 \text{ N} - 643398,1755 \text{ N}$$

$$P = 1853735,366 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}P &> P_b \\ 1853735,366 &> 1748471,366 \quad \text{(OK)}\end{aligned}$$

$$Mn_{T\text{erpasang}} = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$Mn_{\text{terpasang}}$$

$$= 1894752 N(344$$

$$- 144 - 1/2 \cdot 175,44) + 602381,5418 (344 - 144 - 56)$$

$$+ 643398,1755 \cdot 144 = 392135033,8 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{T\text{erpasang}} = 392135033,8 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{T\text{erpasang}} > Mn$$

$$392.135.033,8 \text{ Nmm} > 118.106.911,4 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan peninjauan momen kolom arah X dan arah Y, maka di gunakan lentur terbesar sesuai peninjauan momen kolom arah Y atau arah X sebesar **8D16**

Cek dengan program *PcaColoumn*

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis

PcaColoumn.

$$\text{Mutu beton } (F'_c) = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja tulangan } (F'_y) = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\text{B kolom} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{H kolom} = 400 \text{ mm}$$

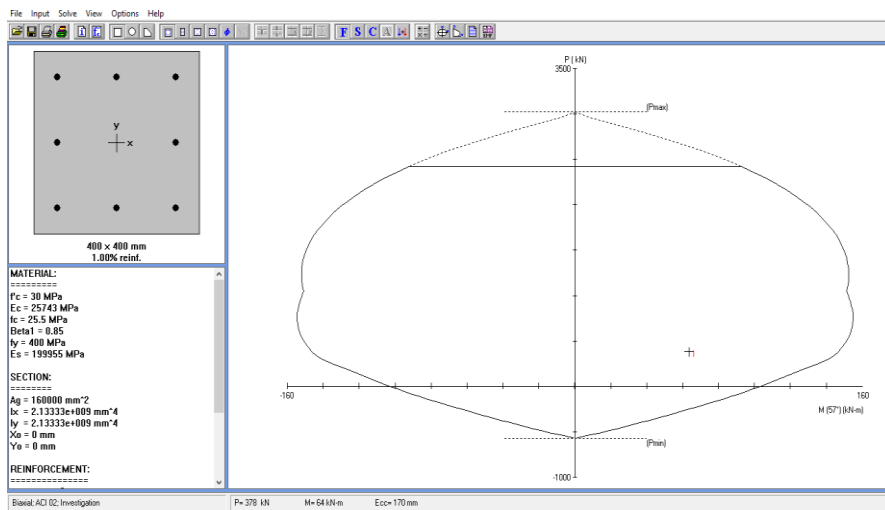
$$M_{nt} = 64000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 64000000 \text{ Nmm}$$

$$P_u \text{ (kombinasi ultimate)} = 383508,00 \text{ kN} = 383,508 \text{ N}$$

$$\text{Tulangan kolom pasang} = 8 \text{ D16}$$

Diambil dari hasil *PcaColumn* sebagai berikut :



Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	383.0	90.0	61.0	112.3	76.1	1.247

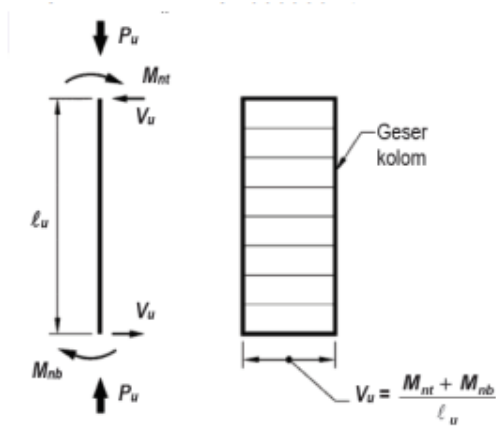
Berdasarkan *output* dari pccolumn

$$M_{ux} = 90 \text{ kN-m} < M_{nx} = 112,3 \text{ kN-m}$$

$$M_{uy} = 61 \text{ kN-m} < M_{ny} = 76,1 \text{ kN-m}$$

Kesimpulan : Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh program analisis PcaColumn lebih besar dibandingkan momen ultimate Perhitungan SAP 2000, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

-Perhitungan tulangan geser



$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5)

$$M_{nt} = 69000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 69000000 \text{ Nmm}$$

Dimana :

M_{nt} : Momen nominal atas kolom

M_{nb} : Momen nominal bawah kolom

$$\varphi M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\emptyset}$$

$$\varphi M_{nt} = \frac{69000000 \text{ Nmm}}{0,85}$$

$$\varphi M_{nt} = 75294117,65$$

$$\varphi M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\emptyset}$$

$$\varphi M_{nb} = \frac{69000000 \text{ Nmm}}{0,85}$$

$$\varphi M_{nb} = 75294117,65$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

$$V_u = \frac{75294117,65 + 75294117,65}{6000}$$

$$V_u = 25098,0392$$

Syarat kuat tekan beton

Nilai $\sqrt{F'_c}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa sesuai dengan peraturna SNI 03-2847-2013.

$$\sqrt{F'_c} \leq \frac{25}{3} N/mm^2$$

$$\sqrt{30} \leq \frac{25}{3} N/mm^2$$

$$5,477225575 \leq 8,333333333 N/mm^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{383,508}{14 \cdot 400 \cdot 400} \right) \cdot 1 \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 342,5$$

$$V_c = 128145,196 N$$

Kuat geser tulangan geser:

$$V_{S \min} = \frac{1}{3} x b x d$$

$$V_{S \min} = \frac{1}{3} x 400 x 344$$

$$V_{S \min} = 45866,67 N$$

$$V_{S \max} = \frac{1}{3} x \sqrt{F'_c} x b x d$$

$$V_{S \max} = \frac{1}{3} x \sqrt{30} x 400 x 344$$

$$V_{S \max} = 251222,08$$

$$2 V_{S \max} = \frac{2}{3} x \sqrt{F'_c} x b x d$$

$$2 V_{S \max} = \frac{2}{3} x \sqrt{30} x 400 x 344$$

$$2 V_{S \max} = 502444,159 N$$

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \phi V_c$$

$$25098,0392 \text{ N} \leq 53384,7 \text{ N}$$

(MEMENUHI)

2. Kondisi 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$53384,7 \text{ N} \leq 25098,04 \text{ N} \leq 106769,4$$

(MEMENUHI)

Maka perencanaan penulangan eser kolom menggunakan kondisi 2 yaitu memerlukan tulangan minimum.

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} \cdot d \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 344 \leq \frac{344}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$172 \leq 86 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 80 mm

Luas tulangan geser minimum

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot F_y'}$$

$$A_{v \min} = \frac{400 \cdot 80}{3 \cdot 400}$$

$$A_{v \min} = 26,67 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser minimum Ø8 dengan 2 kaki, maka Luas penampian yang diperlukan yaitu:

$$A_{v \min} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_{v \min} = \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times 2$$

$$A_{v \min} = 100,48 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_v \leq A_{v \min}$$

$$26,67 \text{ mm}^2 \leq 100,48 \text{ mm}^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan geser kolom

1. Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2 spasi (S_o) sepanjang (l_o) diukur dari muka joint. Spasi (S_o) tidak boleh melebihi beberapa persyaratan berikut:
 - a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi

$$S_o \leq 8 \times \emptyset_{lentur}$$

$$80 \leq 8 \times 16$$

$$80 \leq 8 \times 128 \quad (\text{MEMENUHI})$$
 - b. 24 kali diameter batang tulangan begel

$$S_o \leq 24 \times \emptyset_{lentur}$$

$$80 \leq 24 \times 16$$

$$80 \leq 384 \quad (\text{MEMENUHI})$$
 - c. Setengah dimensi penampang kolom terkecil

$$S_o \leq \frac{1}{2} \times b_w$$

$$80 \leq \frac{1}{2} \times 400$$

$$80 \leq 300 \quad (\text{MEMENUHI})$$
 - d. $S_o \leq 300 \text{ mm}$
 $80 \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$
2. Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 80 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok-kolom.
3. Spasi senggang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 80 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$.

Sehingga dipasang senggang sebesar $\emptyset 8-80 \text{ mm}$

Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times F_y' \times d_b$, untuk $F_y' = 400 \text{ MPa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm .

$$\begin{aligned}
 0,071 \times F_y' \times d_b &\geq 300 \text{ mm} \\
 0,071 \times 400 \times 16 &\geq 300 \text{ mm} \\
 454,4 &\geq 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})
 \end{aligned}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3, panjang penyaluran untuk tulangan D25 harus ditentukan menggunakan persamaan:

$$\frac{l_d}{d_b} = \left(\frac{F_y'}{1,1\lambda\sqrt{F_c'}} \cdot \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right)$$

Keterangan :

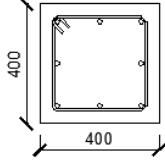
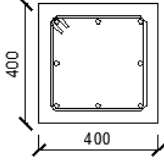
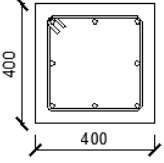
- Ψ_t : bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan, $\Psi_t = 13$. Untuk situasi lainnya $\Psi_t = 1,0$
- Ψ_e : untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan spasi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3 d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\Psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\Psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (di galvanis), $\Psi_e = 1,0$.
- Ψ_s : untuk batang tulangan atau kawat ulir D19 atau yang lebih kecil, $\Psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar, $\Psi_s = 1,0$.
- λ : Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika F_{ct} ditetapkan. Bila berat beton normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

Maka,

$$\begin{aligned}
 \frac{l_d}{d_b} &= \left(\frac{F_y'}{1,1\lambda\sqrt{F_c'}} \cdot \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) \\
 \frac{l_d}{16} &= \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \cdot \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{(16)} \right)
 \end{aligned}$$

$$L_d = 66,39 \approx 100$$

Maka digunakan panjang penyaluran sepanjang 100 mm.

NOTASI	TUMPUAN ATAS	LAPANGAN	TUMPUAN BAWAH
KOLOM K2 40 X 40			
DIMENSI	400 X 400	400 X 400	400 X 400
TULANGAN LENTUR	8 D 16	8 D 16	8 D 16
SENGKANG	Ø8 - 80	Ø8 - 80	Ø8 - 80
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

B. Kolom Tipe K2

➤ Data – data perencanaan:

Tipe kolom = K2 lantai 1

B kolom = 500 mm

H kolom = 500 mm

Tinggi kolom = 6000 mm

Kuat tekan beton (F_c) = 30 MPa

Modulus elastisitas beton (E_c) = $4700 \sqrt{F_c}$

Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000

Kuat leleh tulangan lentur (F_y lentur) = 400 MPa

Kuat leleh tulangan geser (F_y geser) = 240 MPa

Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 9 mm

Diameter tulangan geser (\emptyset) = 8 mm

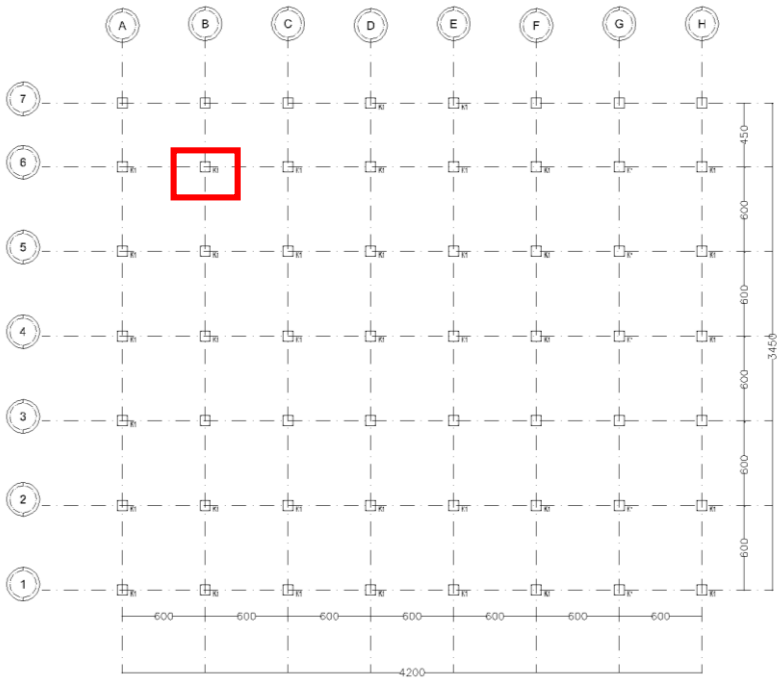
Tebal selimut (decking) = 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

Jarak spasi antar tulangan sejajar =

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)

Faktor β_1	= 0,85
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)</i>	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)</i>	
Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)</i>	



Gambar 5. 9 Denah kolom yang ditinjau

➤ Perhitungan penulangan kolom:

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 500 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d = 439,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d' = 60,5 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 210,5$$

$$d'' = 189,5 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil output SAP2000 frame 100 didapatkan diagram analisa sebagai berikut:



Kombinasi : 1,4D
Nilai aksial : 937219,60N



Kombinasi : 1,2D + 1,6L
Nilai aksial : 1093422,8 N



Kombinasi : $1,2D + 0,3Ex + 1,0Ey + 1L$

Nilai aksial : 121406,62 N



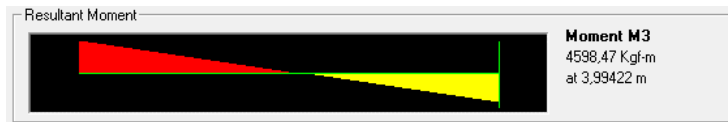
Kombinasi : $1,2D + 1,0Ex + 0,3Ey + 1L$

Nilai aksial : 1214486,60 N

Momen akibat pengaruh beban gravitasi

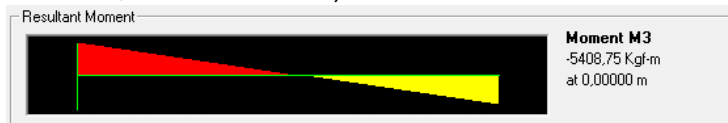
Akibat kombinasi 1D + 1L :

Momen arah sumbu x



Kombinasi : 1D + 1L

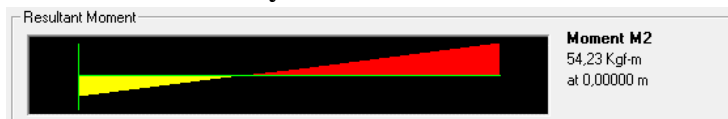
Nilai M_{1ns} : 45984700,00 N



Kombinasi : 1D + 1L

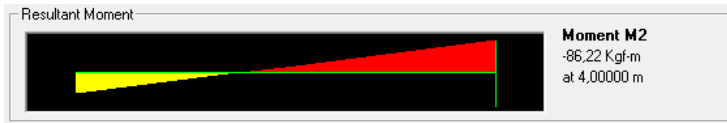
Nilai M_{2ns} : 54087500,00 N

Momen arah sumbu y



Kombinasi : 1D + 1L

Nilai M_{1ns} : 542300,00 N



Kombinasi : 1D + 1L

Nilai M_{2ns} : 862200,00 N

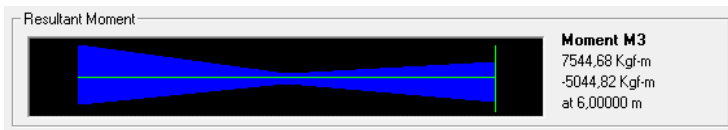
Momen akibat pengaruh beban gravitasi:

M_{1ns} adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung trfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping. (SNI 01-2847-2013)

M_{2ns} adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung trfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping. (SNI 01-2847-2013)

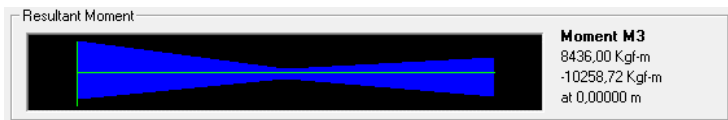
Momen akibat pengaruh gaya gempa:

Momen arah sumbu x



Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

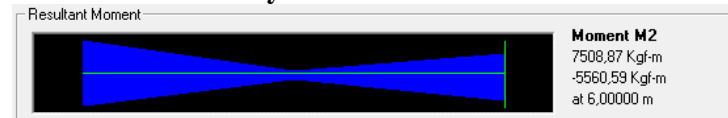
Nilai M_{1ns} : 75446800,00 N



Kombinasi : 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

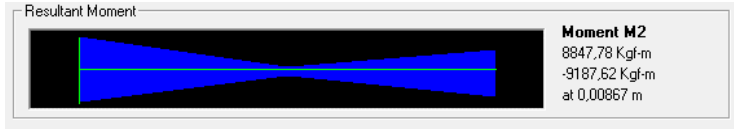
Nilai M_{2ns} : 84360000,00 N

Momen arah sumbu y



Kombinasi : 1D + 03Ex + 1Ey + 1L

Nilai M_{1ns} : 75087000,00N



Kombinasi : 1D + 0,3 Ex + 1Ey + 1L
 Nilai M_{2ns} : 88477800,00N

Momen akibat pengaruh beban gempa:

M_{1ns} adalah momen akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang terkecil dalam satuan Nmm. (SNI 01-2847-2013)

M_{2ns} adalah momen akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang terbesar dalam satuan Nmm. (SNI 01-2847-2013)

Syarat gaya aksial pada kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi dari persamaan $A_g \cdot F_c' / 10$, bila P_u lebih besar maka perhitungan menggunakan SRPMM.

$$\frac{A_g \cdot F_c'}{10} < P_u$$

$$\frac{500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 30 \text{ MPa}}{10} < 383508,0 \text{ N}$$

$$750000 \text{ N} < 1093422,80 \text{ N}$$

- **perhitungan tulangan lentur**

menghitung kontrol kelangsingan kolom

$$\beta d = \frac{P_u(\text{akibat beban gravitasi})}{P_u(\text{akibat beban gempa})}$$

Keterangan :

βd = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

Maka :

$$\beta d = \frac{P_u(\text{akibat beban gravitasi})}{P_u(\text{akibat beban gempa})}$$

$$\beta d = \frac{P_{max}(1,4)}{P_{max}(\text{gempa})}$$

$$\beta d = \frac{1093422,80}{1214486,60} = 0,9$$

Kolom (50 x 50) mm²

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Elk = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 50 \cdot 50^3\right)}{1 + 0,9}$$

$$Elk = 28222223009 \text{ Kg. cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Balok induk memanjang (30/40) mm²

$$Elb = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 40^3\right)}{1 + 0,91422368}$$

$$Elb = 8606880540 \text{ Kg. cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Balok sloof (30/40) mm²

$$Els = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$Els = \frac{0,4 \times 4700 \sqrt{30} \times \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 40^3\right)}{1 + 0,91422368}$$

$$Els = 8606880540 \text{ Kg. cm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

$$\psi_a = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) \text{ kolom atas}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1}}$$

$$\psi_a = \frac{\sum \left(\frac{28222223009 \text{ Kg. cm}^2}{6000 \text{ mm}}\right) \text{ kolom atas}}{\left(\frac{9303663817 \text{ Kg. cm}^2}{6000 \text{ mm}}\right)}$$

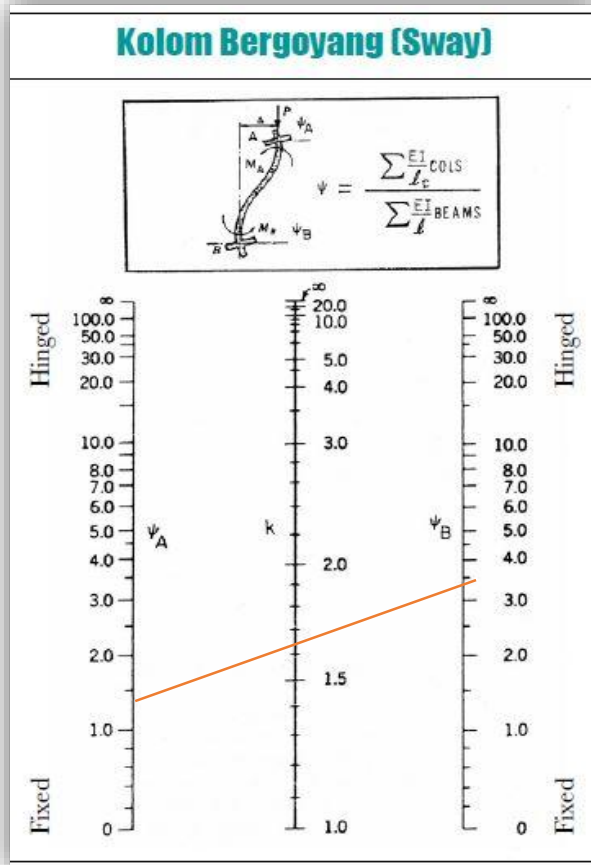
$$\psi_a = 1,63$$

Kekakuan kolom bawah

$$\psi_b = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) \text{ kolom atas}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{B1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{S1}}$$

$$\psi_b = \frac{28222223009}{9303663817} = 3,255$$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom (k)



Dari nomogram diatas didapatkan nilai $k = 1,61$
 Menghitung jari-jari inersia (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1}{12} \times 500 \times 500^3}$$

$$r = 144,38 \text{ mm}$$

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \text{ (pengaruh kelangsingan diabaikan)}$$

$$\lambda = \frac{1,3 \cdot 6000}{115,47} \leq 22$$

$$\lambda = 67,55 \leq 22$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 10.10 maka kolom termasuk kolom langsing.

Peninjauan kolom akibat momen arah X (M33)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP2000 diperoleh hasil gaya dalam arah X sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L)

$$M_{1s} = 75446800 \text{ N}$$

$$M_{2s} = 84360000 \text{ N}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1D + 1L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 45984700 \text{ N}$$

$$M_{2ns} = 54087500 \text{ N}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot l_u^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 28222223009}{1,3 \cdot 600^2}$$

$$P_c = 480963,51 \text{ N}$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 56 \times 480963,51 \times 10$$

$$\sum P_c = 269339563 \text{ Kg}$$

$$\sum P_u = n \times P_u$$

$$\begin{aligned}\sum P_u &= 56 \times 109342,2 \\ \sum P_u &= 61231676,8 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{61231676,8}{0,75 \times 269339563}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,43496749 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,44$ yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah X (M33)

Pembesaran momen arah X (M33):

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

$$M_1 = 45984700 + 1,44 \cdot 75446800$$

$$M_1 = 154248405,4 \text{ Nmm}$$

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

$$M_2 = 54087500 + 1,44 \cdot 88477800$$

$$M_2 = 175141357,6 \text{ Nmm}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 175141357,6 Nmm

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom dignakan diagram interaksi berdasarkan buku grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{57,5}{500} = 0,115$$

Sumbu vertikal :

$$v = \frac{P_u}{\emptyset \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$

$$v = \frac{1093420,2}{0,65 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

$$v = 0,264$$

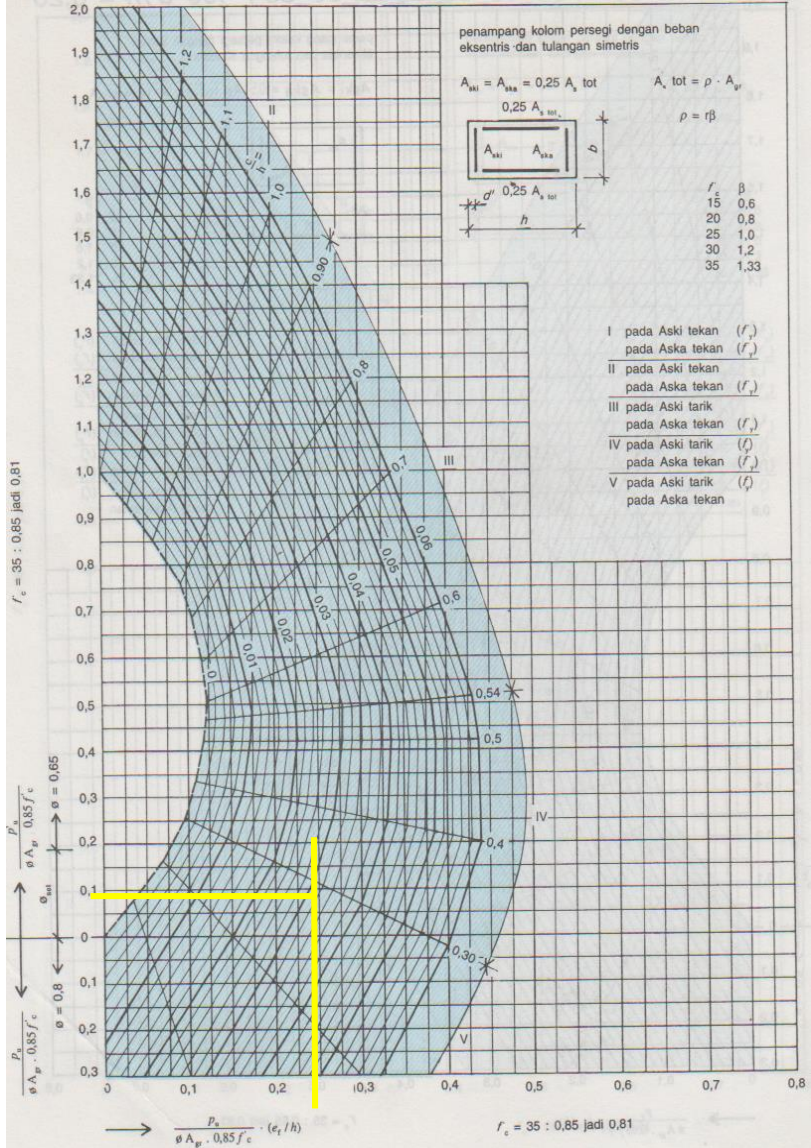
Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$

$$h = \frac{175141357,6}{0,65 \cdot 500 \cdot 500^2 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

$$h = 0,08236943$$

15_20_25_30_35 / 400 $d''/h = 0,10$



Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 0,03$

Selanjutnya dihitung Luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times h$$

$$A_{s\ perlu} = 0,03 \times 500 \times 500$$

$$A_{s\ perlu} = 7500 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D25, maka Luas tulangan :

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2$$

$$\text{Luas tulangan} = 490,625 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{\text{Luas tulangan D25}}$$

$$n = \frac{7500 \text{ mm}^2}{490,625 \text{ mm}^2}$$

$$n = 15,29 \sim 16 \text{ buah}$$

Luas tulangan lentur pasang :

$$A_{s\ pasang} = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 16 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 7850 \text{ mm}^2$$

Kontrol tulangan :

$$A_{s\ pasang} > A_{s\ perlu}$$

$$7850 \text{ mm}^2 > 7500 \text{ mm}^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Mencari e_{\min} dan e_{perlu}

$$P_n = \frac{P_u}{0,65}$$

$$P_n = \frac{1093420,2}{0,65} = 1682188,92 \text{ N}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,65}$$

$$M_n = \frac{175141357,6 \text{ Nmm}}{0,65} = 269448242,5 \text{ N}$$

$$e_{perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{perlu} = \frac{269448242,5 \text{ N}}{1682188,92 \text{ N}}$$

$$e_{perlu} = 160,1777159 \text{ mm} = 16,02 \text{ cm}$$

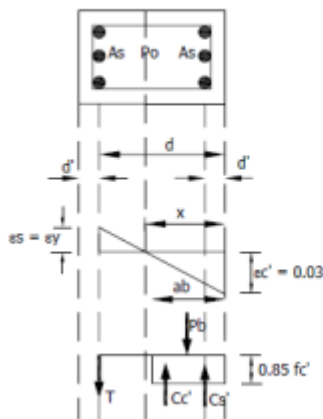
$$e_{min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03 \cdot 500)$$

$$e_{min} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

Cek kondisi balance



Syarat :

$$e_s = e_y \quad \rightarrow \quad f_s = f_y$$

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 500 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d = 439,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d' = 60,5 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 210,5$$

$$d'' = 189,5 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} \cdot d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \cdot 439,5$$

$$X_b = 263,7 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$A_b = 0,85 \cdot 263,7 \text{ mm}$$

$$A_b = 224,145 \text{ mm}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 7850 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 2941316,122 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 X_b$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 263,7$$

$$C'_c = 2857848,75 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 7850 \cdot 400$$

$$T = 3141592,654 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P_b = C'_c + C'_s - T$$

$$P_b = 2857848,75 + 2941316,122 \text{ N} - 3141592,654 \text{ N}$$

$$P_b = 2657572,218 \text{ N}$$

$$M_b = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$M_b$$

$$= 2857848,75 \text{ N}(439,5$$

$$- 189,5 - 1/2 \cdot 224,145) + 2941316,122 (439,5 - 189,5 - 60,5)$$

$$+ 3141592,654 \cdot 439,5 = 1546887146 \text{ Nmm}$$

$$M_b = 1546887146 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{1546887146}{2657572,218}$$

$$e_b = 582,07$$

Kontrol kondisi :

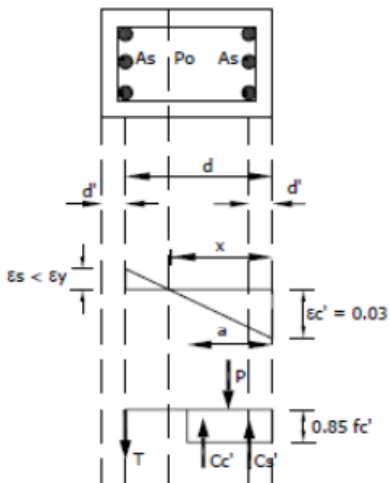
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (Tekan menentukan)

Maka $e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (Tarik menentukan)

$30,24 < 160,02 < 582,07$ (tekan menentukan)

Kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi tekan menentukan



syarat :

$$e < e_b$$

$$160,02 < 582,07$$

$$P > P_b$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 \cdot x = 0,54 \cdot 439,5$$

$$x = 279,21 \text{ mm}$$

Mencari nilai a

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 x \\
 &= 0,85 \cdot 279,21 \\
 &= 237,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= \left(\frac{439,5}{279,21} - 1 \right) \cdot 0,003 \\
 &= 0,0017
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= \left(\frac{439,5}{279,21} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 344,44 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_y &= \left(\frac{f_y}{E_s} \right) \\
 &= \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ MPa}} \right) \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &< \varepsilon_y \\
 0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\
 f_s &< f_y \\
 344,44 \text{ MPa} &< 400 \text{ MPa (OK)}
 \end{aligned}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 7850 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 2941316,122 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 x$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 279,21$$

$$C'_c = 3025957,5 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 7850 \cdot 400$$

$$T = 3141592,654 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P = C'_c + C'_s - T$$

$$P = 3025957,5 \text{ N} + 2941316,122 \text{ N} - 3141592,654 \text{ N}$$

$$P = 2825680,968 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > P_b$$

$$2825680,968 > 2657572,218 \quad (\text{OK})$$

$$Mn_{\text{Terpasang}} = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$Mn_{\text{Terpasang}}$$

$$= 3025957,5 \text{ N}(439,5$$

$$- 189,5 - 1/2 \cdot 224,145) + 2941316,122 (439,5 - 189,5 - 60,5)$$

$$+ 3141592,654 \cdot 439,5 = 1570073966 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{Terpasang}} = 1570073966 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{Terpasang}} > Mn$$

$$1570073966 \text{ Nmm} > 269448242,5 \text{ Nmm}$$

Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP2000 diperoleh hasil gaya dalam arah X sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa (1D + 0,3Ex + 1Ey + 1L)

$$M_{1s} = 75087000,00 \text{ N}$$

$$M_{2s} = 88477800,00 \text{ N}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi (1D + 1L + 0,5Lr)

$$M_{1ns} = 542300,00 \text{ N}$$

$$M_{2ns} = 862200,00 \text{ N}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot l_u^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 28222223009}{1,3 \cdot 600^2}$$

$$P_c = 480963,5053 \text{ N}$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$\sum P_c = 56 \times 480963,5053 \times 10$$

$$\sum P_c = 26933956,3 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\sum P_u &= n \times P_u \\ \sum P_u &= 56 \times 1093422,8 \\ \sum P_u &= 6123167,68 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{21476448}{0,75 \times 21476448}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,44 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,44$ yang digunakan dalam perhitungan pembesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah Y (M22):

$$\begin{aligned}M_1 &= M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \\ M_1 &= 542300 + 1,44 \cdot 75087000,00\text{N} \\ M_1 &= 153732104,1 \text{ Nmm} \\ M_2 &= M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \\ M_2 &= 862200 + 1,44 \cdot 88477800,00\text{N} \\ M_2 &= 181050266,79 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Dalam 2 perhitungan pembesaran momen diatas digunakan hasil terbesar yaitu 181050266,79 Nmm

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi berdasarkan buku grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah:

$$\frac{d'}{h} = \frac{60,5}{500} = 0,121$$

Sumbu vertikal :

$$v = \frac{1093422,8}{\emptyset \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$

$$v = \frac{510060,70}{0,65 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

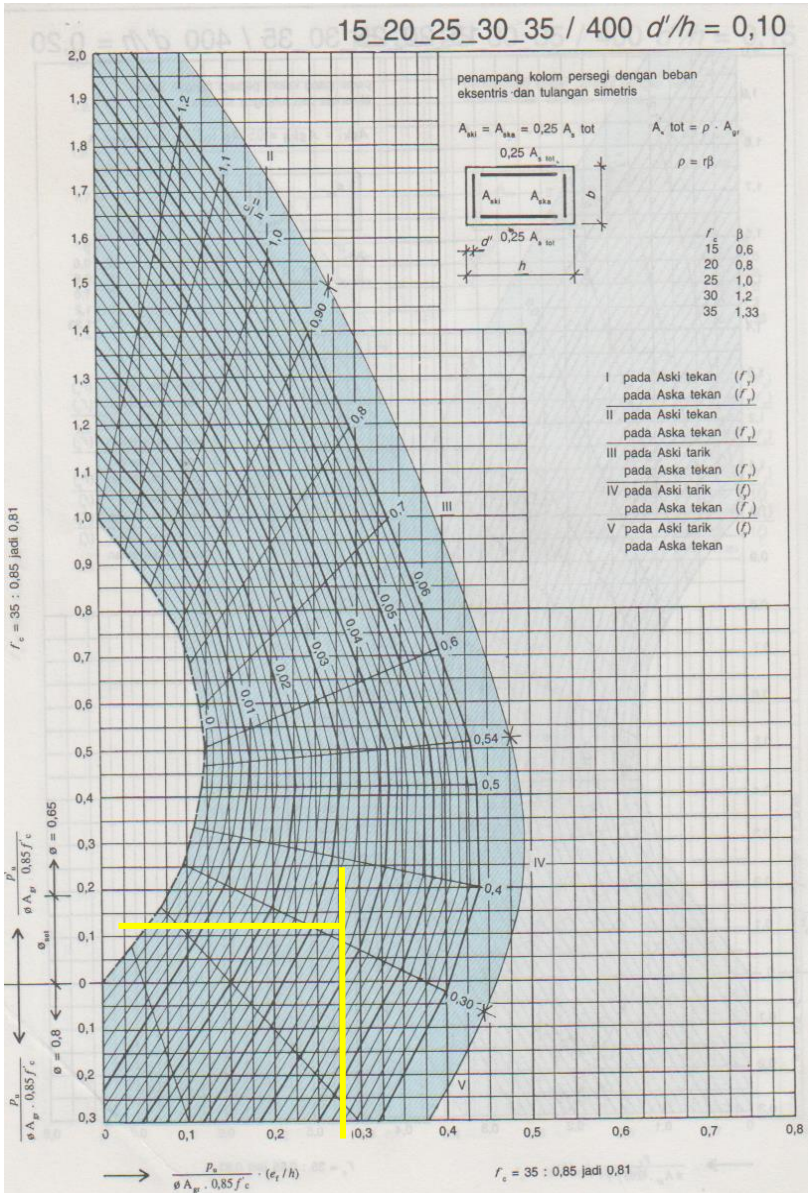
$$v = 0,264$$

Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot F_c'}$$

$$h = \frac{181050266,79}{0,65 \cdot 400 \cdot 400^2 \cdot 0,85 \cdot 30}$$

$$h = 0,08738474$$



Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 0,03$

Selanjutnya dihitung Luas tulangan lentur yang dibutuhkan.

$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \times b \times h$$

$$A_{s\ perlu} = 0,03 \times 500 \times 500$$

$$A_{s\ perlu} = 7500 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D25, maka Luas tulangan :

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2$$

$$\text{Luas tulangan} = 283,528737 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{\text{Luas tulangan D16}}$$

$$n = \frac{7500 \text{ mm}^2}{283,528737 \text{ mm}^2}$$

$$n = 14,1079 \sim 16 \text{ buah}$$

Luas tulangan lentur pasang :

$$A_{s\ pasang} = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 16 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \right)$$

$$A_{s\ pasang} = 7853,9816 \text{ mm}^2$$

Kontrol tulangan :

$$A_{s\ pasang} > A_{s\ perlu}$$

$$7853,9816 \text{ mm}^2 > 7500 \text{ mm}^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Mencari e_{\min} dan e_{perlu}

$$P_n = \frac{P_u}{0,65}$$

$$P_n = \frac{1093422,8}{0,65} = 1682188,92 \text{ N}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,65}$$

$$M_n = \frac{181050266,79 \text{ Nmm}}{0,65} = 278538872 \text{ N}$$

$$e_{perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{perlu} = \frac{278538872 \text{ N}}{1682188,92 \text{ N}}$$

$$e_{perlu} = 165,581 \text{ mm} = 16,56 \text{ cm}$$

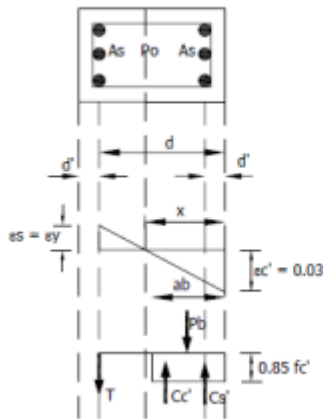
$$e_{min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$e_{min} = (15,24 + 0,03 \cdot 500)$$

$$e_{min} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

Cek kondisi balance



Syarat :

$$e_s = e_y \quad \rightarrow \quad f_s = f_y$$

$$d = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d = 500 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d = 439,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur}$$

$$d' = 40 + 8 - \frac{1}{2} \cdot 25$$

$$d' = 60,5 \text{ mm}$$

$$d'' = b - \text{decking} - \text{Øsengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tulangan lentur} - 1/2 b$$

$$d'' = 400 - 210,5$$

$$d'' = 189,5 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} \cdot d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \cdot 439,5$$

$$X_b = 263,7 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$A_b = 0,85 \cdot 263,7 \text{ mm}$$

$$A_b = 224,145 \text{ mm}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 7853 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 2941316,122 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 X_b$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 263,7$$

$$C'_c = 2857848,75 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 7853 \cdot 400$$

$$T = 3141592,654 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P_b = C'_c + C'_s - T$$

$$P_b = 2857848,75 \text{ N} + 2941316,122 \text{ N} - 3141592,654 \text{ N}$$

$$P_b = 2657572,218 \text{ N}$$

$$M_b = C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$M_b$$

$$= 2857848,75 \text{ N}(439,5$$

$$- 189,5 - 1/2 \cdot 224,145) + 2941316,122 (439,5 - 189,5 - 60,5)$$

$$+ 3141592,654 \cdot 439,5 = 1546887146 \text{ Nmm}$$

$$M_b = 380315991,9 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{380315991,9 \text{ N}}{2657572,218 \text{ N}}$$

$$e_b = 582,06777$$

Kontrol kondisi :

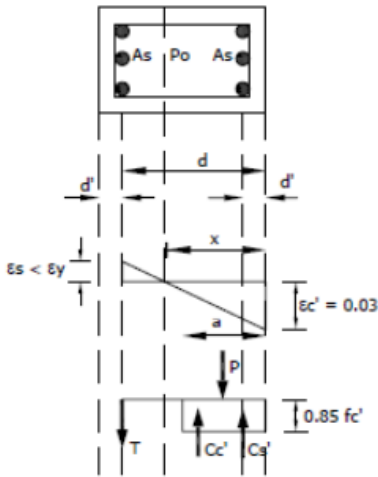
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (Tekan menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (Tarik menentukan)

$30,24 > 165,581 < 582,06777$ (tekan menentukan)

Kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi tekan menentukan



syarat :

$$e < e_b$$

$$165,581 < 582,06777$$

$$P > P_b$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 d$$

$$0.85 \cdot x = 0,54 \cdot 439,5$$

$$x = 279,21 \text{ mm}$$

Mencari nilai a

$$a = 0,85 x$$

$$= 0,85 \cdot 279,21$$

$$= 237,33 \text{ mm}$$

Syarat $\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{439,5}{279,21} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= 0,0017\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 600 \\ &= \left(\frac{439,5}{279,21} - 1\right) \cdot 600 \\ &= 344,44 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \left(\frac{f_y}{E_S}\right) \\ &= \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ MPa}}\right) \\ &= 0,002\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &< \varepsilon_y \\ 0,0017 &< 0,002 \text{ (OK)} \\ f_s &< f_y \\ 344,44 \text{ MPa} &< 400 \text{ MPa (OK)}\end{aligned}$$

$$C'_s = A'_s \cdot (F_y - 0,85 F'_c)$$

$$C'_s = 7853 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30)$$

$$C'_s = 2941316,122 \text{ N}$$

$$C'_c = 0,85 F'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$$

$$C'_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 279,21$$

$$C'_c = 3025957,5 \text{ N}$$

$$T = A'_s \cdot F_y$$

$$T = 7853 \cdot 400$$

$$T = 3141592,654 \text{ N}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow P = C'_c + C'_s - T$$

$$P = 3025957,5 \text{ N} + 2941316,122 \text{ N} - 3141592,654 \text{ N}$$

$$P = 2825680,968 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{array}{rcl}
 P & > & P_b \\
 2825680,968 \text{ N} & > & 2657572,218 \text{ N} \quad (\text{OK})
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{Terpasang}} &= C'_c(d - d'' - 1/2 ab) + C'_s(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 Mn_{\text{Terpasang}} &= 3025957,5 \text{ N}(439,5 \\
 &\quad - 189,5 - 1/2 \cdot 224,145) + 3025957,5 (439,5 - 189,5 \\
 &\quad - 60,5) + 3141592,654 \cdot 439,5 \\
 &= 1570073966 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$Mn_{\text{Terpasang}} = 1570073966 \text{ Nmm}$$

Syarat :

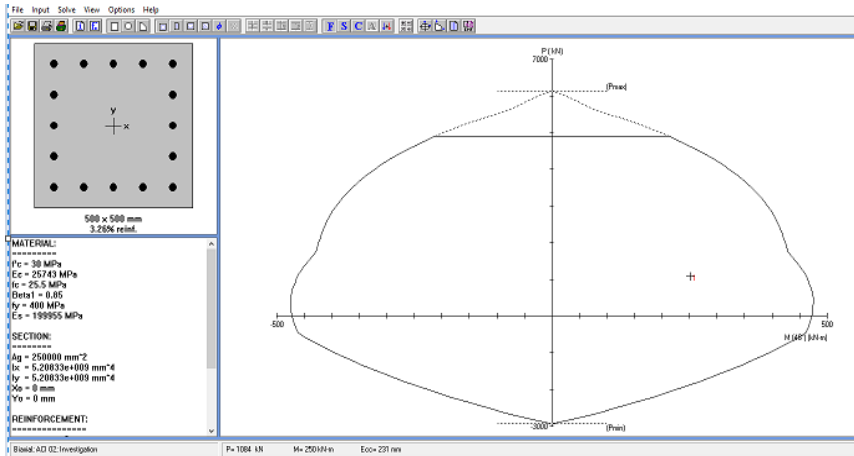
$$\begin{array}{rcl}
 Mn_{\text{Terpasang}} & > & Mn \\
 1570073966 \text{ Nmm} & > & 278538872 \text{ Nmm}
 \end{array}$$

Berdasarkan peninjauan momen kolom arah X dan arah Y, maka di gunakan lentur terbesar sesuai peninjauan momen kolom arah Y atau arah X sebesar **16D25**

Cek dengan program *PcaColoumn*

Semua output mngnai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis *PcaColoumn*.

Mutu beton (F_c')	= 30 MPa
Mutu baja tulangan (F_y')	= 400 MPa
Modulus elastisitas	= 200.000 N/mm ²
βl	= 0,85
B kolom	= 500 mm
H kolom	= 500 mm
M_{nt}	= 64000000 Nmm
M_{nb}	= 64000000 Nmm
P_u (kombinasi ultimate)	= 1093422,8 N = 1093,423 kN
Tulangan kolom pasang	= 16D25



Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	P _u kN	M _{ux} kN-m	M _{uy} kN-m	fM _{nx} kN-m	fM _{ny} kN-m	fM _n /M _u
1	1093.0	175.0	181.0	321.4	332.4	1.836

Berdasarkan *output* dari PcaColumn

$$M_{ux} = 175 \text{ Kn-m} < M_{nx} = 321,4 \text{ kN-m}$$

$$M_{uy} = 181,1 \text{ Kn-m} < M_{ny} = 332,4 \text{ kN-m}$$

Maka perencanaan dipasang tulangan kolom sebanyak **16D25**

Presentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= 16 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ &= 7853,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

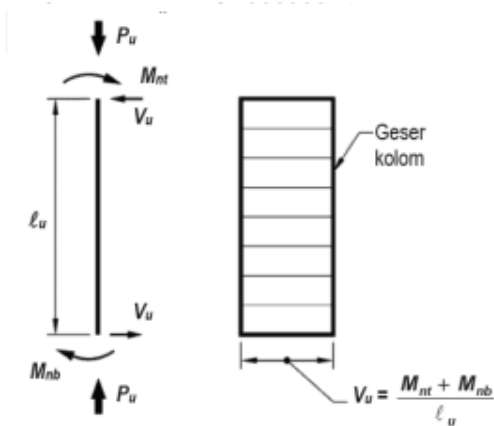
Cek persyaratan :

$$\begin{aligned} \% \text{ tulangan} &= \frac{\text{Luas tulangan terpasang}}{\text{Luas bruto penampang kolom}} \times 100\% \\ &= \frac{7853,98 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 3,142 \% < 8 \% \end{aligned}$$

Kesimpulan : Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh program analisis PcaColumn lebih besar dibandingkan momen ultimate Perhitungan SAP 2000, maka perhitungan kebutuhan tulangan

kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

Perhitungan tulangan geser



$$M_{nt} = 252000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 252000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} : Momen nominal atas kolom

M_{nb} : Momen nominal bawah kolom

$$\varphi M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\emptyset}$$

$$\varphi M_{nt} = \frac{252000000 \text{ Nmm}}{0,85}$$

$$\varphi M_{nt} = 296470588,2$$

$$\varphi M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\emptyset}$$

$$\varphi M_{nb} = \frac{252000000 \text{ Nmm}}{0,85}$$

$$\varphi M_{nb} = 296470588,2$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

$$V_u = \frac{296470588,2 + 296470588,2}{6000}$$

$$V_u = 98823,52943$$

Syarat kuat tekan beton

Nilai $\sqrt{F'_c}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa sesuai dengan peraturna SNI 03-2847-2013.

$$\sqrt{F'_c} \leq \frac{25}{3} N/mm^2$$

$$\sqrt{30} \leq \frac{25}{3} N/mm^2$$

$$5,477225575 \leq 8,333333333 N/mm^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{1093,423}{14 \cdot 500 \cdot 500} \right) \cdot 1 \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 439,5$$

$$V_c = 204679,378$$

Kuat geser tulangan geser:

$$V_{S \min} = \frac{1}{3} x b x d$$

$$V_{S \min} = \frac{1}{3} x 500 x 439,5$$

$$V_{S \min} = 73250 N$$

$$V_{S \max} = \frac{1}{3} x \sqrt{F'_c} x b x d$$

$$V_{S \max} = \frac{1}{3} x \sqrt{30} x 500 x 439,5$$

$$V_{S \max} = 401206,773$$

$$2 V_{S \max} = \frac{2}{3} x \sqrt{F'_c} x b x d$$

$$2 V_{S \max} = \frac{2}{3} x \sqrt{30} x 500 x 439,5$$

$$2 V_{S \max} = 802413,547 N$$

Cek kondisi:

Kondisi 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \cdot \phi V_c$$

$$98823,52943 \text{ N} \leq 85256,4 \text{ N}$$

(TIDAK MEMENUHI)

Kondisi 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \cdot \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$85256,4 \text{ N} \leq 98823,52943 \text{ N} \leq 170512,9 \text{ N}$$

(MEMENUHI)

Maka perencanaan penulangan geser kolom menggunakan kondisi 2 yaitu memerlukan geser tulangan minimum.

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq \frac{439,5}{4} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq 109,875 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum **120 mm**

Luas tulangan geser minimum

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot F_y'}$$

$$A_{v \min} = \frac{500 \cdot 120}{3 \cdot 400}$$

$$A_{v \min} = 50 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser minimum Ø8 dengan 2 kaki, maka Luas penampungan yang diperlukan yaitu:

$$A_{v \min} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_{v \min} = \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times 2$$

$$A_{v \min} = 100,48 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_v \leq A_{v \min}$$

$$50 \text{ mm}^2 \leq 100,48 \text{ mm}^2 \quad (\text{MEMENUHI})$$

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan geser kolom

1. Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2 spasi (S_o) sepanjang (l_o) diukur dari muka joint. Spasi (S_o) tidak boleh melebihi beberapa persyaratan berikut:

a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi.

$$S_o \leq 8 \times \phi_{\text{lentur}}$$

$$120 \leq 8 \times 16$$

$$120 \leq 128 \quad (\text{MEMENUHI})$$

b. 24 kali diameter batang tulangan begel

$$S_o \leq 24 \times \phi_{\text{lentur}}$$

$$120 \leq 24 \times 16$$

$$120 \leq 384 \quad (\text{MEMENUHI})$$

c. Setengah dimensi penampang kolom terkecil

$$S_o \leq \frac{1}{2} \times b_w$$

$$120 \leq \frac{1}{2} \times 500$$

$$80 \leq 250 \quad (\text{MEMENUHI})$$

d. $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$120 \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{MEMENUHI})$$

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi, dan Spakai menggunakan 120 mm . Maka dipakai sebesar $\emptyset 8 - 120 \text{ mm}$

2. Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 120\text{mm} = 60 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok-kolom.

3. Spasi senggang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 80 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$.

Sehingga dipasang senggang sebesar Ø8-120 mm sejarak 650 mm dari muka hubungan balok-kolom

Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times F_y' \times d_b$, untuk $F_y' = 400 \text{ MPa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$\begin{aligned} 0,071 \times F_y' \times d_b &\geq 300 \text{ mm} \\ 0,071 \times 400\text{Mpa} \times 25 \text{ mm} &\geq 300 \text{ mm} \\ 710 &\geq 300\text{mm} \text{ (MEMENUHI)} \end{aligned}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3, panjang penyaluran untuk tulangan D25 harus ditentukan menggunakan persamaan:

$$\frac{l_d}{d_b} = \left(\frac{F_y'}{1,1\lambda\sqrt{F_c'}} \cdot \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right)$$

Keterangan :

- Ψ_t : bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan, $\Psi_t = 13$. Untuk situasi lainnya $\Psi_t = 1,0$
- Ψ_e : untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan spasi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3 d_b$, atau spasi bersih kuarang dari $6d_b$, $\Psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\Psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (di galvanis), $\Psi_e = 1,0$.

- Ψ_s : untuk batang tulangan atau kawat ulir D19 atau yang lebih kecil, $\Psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar, $\Psi_s = 1,0$.
- λ : Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika F_{ct} ditetapkan. Bila berat beton normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

Maka,

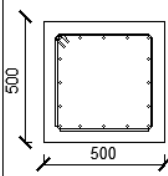
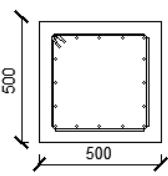
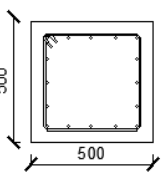
$$\frac{l_d}{d_b} = \left(\frac{F'_y}{1,1\lambda\sqrt{F'_c}} \cdot \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right)$$

$$\frac{l_d}{d_b} = \left(\frac{400}{1,1\cdot 1\cdot\sqrt{30}} \cdot \frac{1\cdot 1\cdot 1}{\left(\frac{46}{25}\right)} \right)$$

$$\frac{l_d}{d_b} = (39,5256) \times 25$$

$$l_d = 988,142 \approx 1000 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran sepanjang 1000 mm.

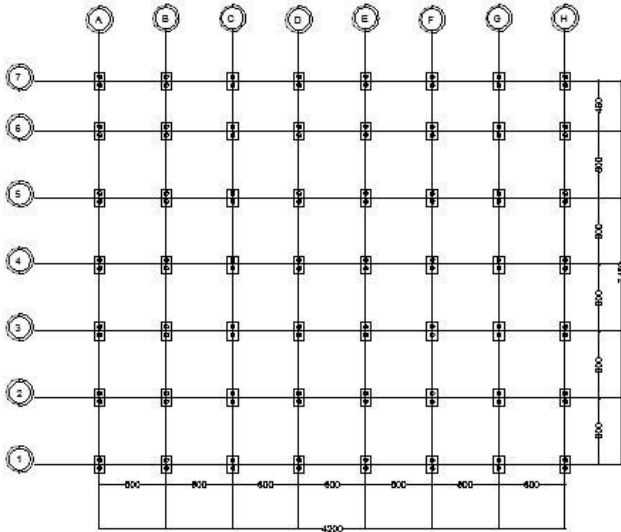
NOTASI	TUMPUAN ATAS	LAPANGAN	TUMPUAN BAWAH
KOLOM K2 50 X 50			
DIMENSI	500 X 500	500 X 500	500 X 500
TULANGAN LENTUR	16 D 25	16 D 25	16 D 25
SENGKANG	Ø8 - 120	Ø8 - 120	Ø8 - 120
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

5.5 Perhitungan Pondasi

Perencanaan pondasi tiang pancang meliputi daya dukung tanah, daya dukung pondasi, penentuan jumlah tiang pondasi, pile cap dan penulangannya.

Denah pondasi yang Ditinjau

Denah titik pondasi yang di tinjau adalah As D3 di tunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 5.10 Denah Pondasi Tiang Pancang

Pembebanan pada pondasi yang di direncanakan berasal dari beban kolom yang dimasukkan sebagai input data untuk program SAP 2000 v 14.2 yang menghasilkan *output* berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi (reaksi perletakan pada *joint* tumpuan).

Pekerjaan Penyelidikan Tanah

Uji bor : Berupa Grafik *bor log* beserta tabel data hasil pengujian berupa jenis lapisan tana, ketebalan masing-masing lapisan tanah, nilai SPT, dan kedalaman muka air tanah.

Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang

Perencanaan Pondasi tiang pancang menggunakan spesifikasi produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

Data klasifikasi pondasi tiang pancang yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 5. 4 Brosur tiang pancang

OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm ²)	CALCULATED BENDING MOMENT (T.M)		ALLOWABLE AXIAL LOAD (TON)	NOMINAL WEIGHT (kg/M)
				DIA (mm)	NOS		CRACK	ULT		
300	60	7-13	A	7	6	452	2.5	4.7	75	119
			B	7	12		3.5	7.0	70	
			C	7	16		4.0	9.0	65	
350	65	7-15	A	7	8	582	3.5	6.9	95	151
			B	7	14		5.0	9.6	90	
			C	7	20		6.0	13.5	85	
400	75	7-16	A	7	10	766	5.5	9.4	120	199
450	80	7-16	B	7	18	930	7.5	14.2	115	
			C	9	16		9.0	18.9	112	
			A	7	12		7.5	12.4	150	
500	90	7-16	B	7	24	1159	11.0	21.3	140	301
			C	9	20		12.5	26.0	135	
			A	7	14		10.5	15.7	185	
600	100	7-16	B	7	30	1571	15.0	29.5	175	408
			C	9	24		17.0	35.1	170	
			A	7	18		17.0	23.6	250	
600	100	7-16	B	9	26	1571	25.0	46.2	240	408
			C	9	34		29.0	60.2	230	

1. Pondasi Kelas = B
2. Diameter tiang pancang luar (DL) = 400 mm
3. Panjang tiang (H) = 8-10m
4. Luas penampang Beton (A_b) = $\frac{\pi}{4} d^2 = 0,126 \text{ m}$
5. Luas Selimut (A_p) = $\pi d H = 15,1 \text{ m}$
6. F_c' tiang pancang = K500 kg/cm = 41,5 Mpa
7. F_c' pile Cap = k350 kg/cm = 30 Mpa
8. F_y baja tulangan = 400 Mpa

Perhitungan Spesifikasi Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Bahan

$$Q_u = \frac{e_H \cdot W_R \cdot H}{S + C}$$

(Sumber: *ENR Formula, Foundation Analysis And Design:*
Joseph E. Bowles, RE., S.E)

dimana: e_H = efisiensi *hammer*.
 W_R = berat *hammer*.
 H = tinggi jatuh.
 S = penetrasi perpukulan.
 C = konstanta.

Untuk drop hammer → $C = 2,54$ cm.

Tabel 5.3 Tabel efisiensi hammer ENR

Type	Efficiency e_h
Drop hammers	0.75–1.00
Single-acting hammers	0.75–0.85
Double-acting or differential	0.85
Diesel hammers	0.85–1.00

(Sumber: *ENR Formula, Foundation Analysis And Design:*
Joseph E. Bowles, RE., S.E.)

diperoleh brosur tiang pancang sebagai berikut :

江苏东台巨 械有限公司
JIANGSU DONGTAI JUWEI MACHINERY CO., LTD.

主要技术参数 Technical Data

参数名称 Item Name	气缸体 重量 kg	气缸体 最大外 径(M)	最大冲 击能量 (理论值)(kN)	冲击 次数 (次/h)	气缸 孔径 mm	流量 行程 比	桩锤 总重量 kg	导轨 型式	导轨 中心距 mm	备注	
JWDD12	1200	2.1	46-60	35.2	4.5	250/441	15	2230	槽钢	330	可专配 圆管导轨
JWDD18	1800	2.1	40-60	37.8	9.8	290/540	15	3120	槽钢	330	可专配 圆管导轨
JWDD25	2500	2.3	42-55	57.5	10	370/500	22	4200	槽钢 圆管	330	可专配 圆管导轨
JWDD32	3200	2.6	40-50	65.0	12	410/595	22	5400	槽钢 圆管	330	可专配 圆管导轨
JWDD36	3600	3.0	40-50	108	13	450/595	22	6900	槽钢 圆管	330	可专配 圆管导轨
JWDD40	4000	3.0	38-50	120	14	450/585	22	7200	槽钢 圆管	330	
JWDD53-1	5300	3.0	35-50	165	15	490/625	22	8800	圆管	330	
JWDD53-2	5300	3.0	35-50	165	18	510/630	22	9000	圆管	330	
JWDD53A	5300	3.0	35-50	155	18	510/530	22	10600	圆管	330	
JWDD63-1	6300	3.0	35-50	165	18	520/705	22	11400	圆管	330	
JWDD63-2	6300	3.0	35-50	195	18	550/700	22	12000	圆管	330	
JWDD65A	6300	3.0	35-50	186	20	530/705	22	11900	圆管	330	
JWDD73-1	7300	3.0	35-50	210	18	565/725	22	13500	圆管	330	
JWDD73-2	7300	3.0	35-50	230	22	580/785	22	14000	圆管	330	
JWDD73A	7300	3.0	35-50	210	23	565/780	22	14000	圆管	330	
JWDD83	8300	3.0	35-50	244	28	590/785	22	15200	圆管	330	
JWDD83A	8300	3.0	35-50	244	26	590/785	22	19800	圆管	330	A代表 多杆式
JWDD103	10300	3.0	35-50	313	28	640/900	22	19800	圆管	330	多杆式 柴油打
JWDD126	12600	3.0	35-50	505	38	680/1050	22	25000	圆管	330	

JWDD103	10300	3.0	35-50	313	28	640	900	22	19800	圆管	330	多杆式 multi-rod 柴油打
---------	-------	-----	-------	-----	----	-----	-----	----	-------	----	-----	-------------------------

Sehingga dapat diperoleh nilai :

eH = 0,85 (tabel 5.3)

WR = 18,8 T

H = 0,585 m

S = 0,5 m (dari data tanah N-SPT)

C = 0,0254 m

$Q_{up} = 115 \text{ Ton}$ (brosur tiang pancang kelas B)

$$Q_u = \frac{0,85 \cdot 18,8 \text{ T} \cdot 0,585 \text{ m}}{0,5 \text{ m} + 0,0254 \text{ m}} = 91,025 \text{ T}$$

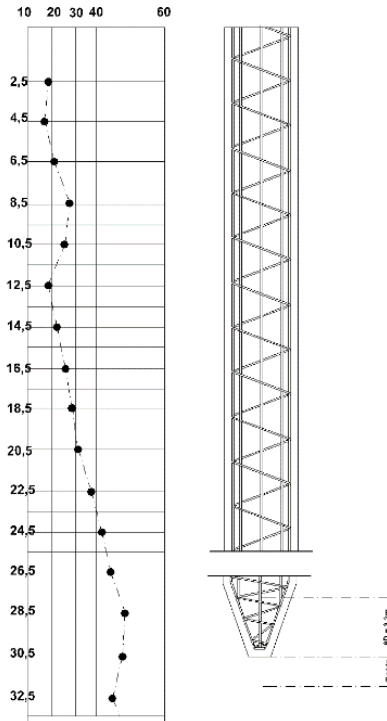
Q_{up}	>	Q_u
115 T	>	91,025 T

Sehingga allowable axial load oleh tiang pancang kelas B masih memenuhi dan aman, apabila dilakukan proses pemancangan menggunakan *hammer* dengan tipe JWDD 103

Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Penghitungan daya dukung tiang pancang tunggal ditinjau berdasarkan kekuatan bahan, N-SPT.

- Daya dukung berdasarkan Kekuatan Bahan
Berdasarkan spesifikasi pondasi tiang pancang dari WKA Beton, didapatkan daya dukung tiang, $P_{max} = 115 \text{ ton}$ dengan nilai $M_{max} = 14,2 \text{ ton.m}$
- Daya Dukung Berdasarkan Hasil Bor Log (N-SPT)
Uji bor atau *Soil Penetration Test* (SPT) dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung ijin pondasi berdasarkan data nilai N-SPT dengan menggunakan metode Meyerhoof dan faktor keamanan (SF) sebesar 3. Data NSPT sampai kedalaman 30 meter di tunjukkan pada gambar berikut



Gambar 5. 11 Data NSPT sampai kedalaman 30 meter

Data nilai N-SPT dengan kedalaman tanah -30 meter adalah sebagai berikut.

$$N_1 = \text{nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 4D di bawah tiang.} \\ = (42+37)/2 = 39,5$$

$$N_2 = \text{nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 8D di atas tiang.} \\ = (42+43+40)/3 = 41,67$$

Harga N rata-rata =

$$\bar{N}_{p/s} = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{39,5 + 41,67}{2} = 40,585$$

Daya dukung ultimit

$$R_a = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

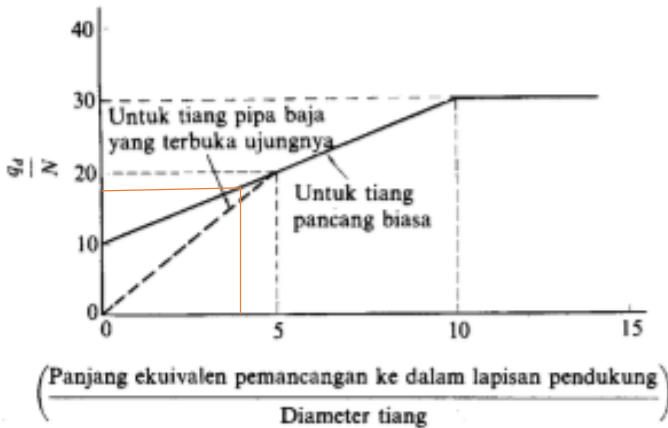
R_a = Daya dukung vertikal yang di iijinkan (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

n = Faktor keamanan

$$R_a = q_d \times A$$



$$\frac{(\text{Panjang Ekuivalen})}{\text{Diameter tiang}} = \left(\frac{8D}{2}\right) = \left(\frac{8 \times 40 \text{ cm}}{2}\right) = \frac{160 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 4$$

Maka di dapatkan dari grafik nilai $\frac{q_d}{N} = 18$

$$q_d = 18N \times 40,5 = 729 \text{ ton/m}^2$$

$$R_a = q_d \times A = 729 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi D^2}{4} = 91,4 \text{ ton}$$

$$R_f = U \times \Sigma \text{ li. fi}$$

$$= 3,14 \times 0,4 \times 158,8$$

$$= 199,5 \text{ ton}$$

No	Depth	Ketebalan lapisan li (m)	Karakteristik tanah	N	fi (ton/m ²)	li.fi (t/m)
1	0	0	-	0	0	0
2	2	2	Lanau berlempung	13	6	12
3	2m - 10m	8	Pasir Berlanau	16,75	3,35	26,8
6	10m - 30 m	20	Lanau berlempung	26,8	6	120
Σ		30				158,8

Maka :

$$R_a = \frac{1}{n} (R_a + R_F)$$

$$R_a = \frac{1}{3} (91,4 + 199,5)$$

$$R_a = 96,97 \text{ ton}$$

Perbandingan hasil hitungan nilai daya dukung tiang pancang (Kuat bahan dan NSPT) diambil nilai daya dukung yang terkecil (berdasarkan N-SPT) yaitu $Q_{all} = 96,97 \text{ ton}$

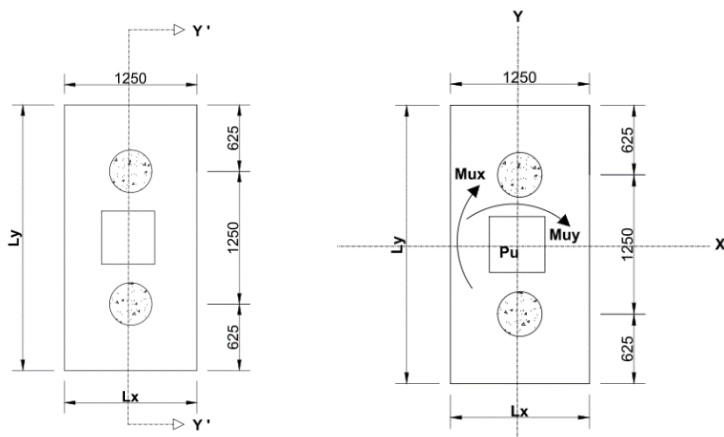
Perhitungan Tiang Pancang dan Pile cap

A. PERHITUNGAN TIANG PANCANG

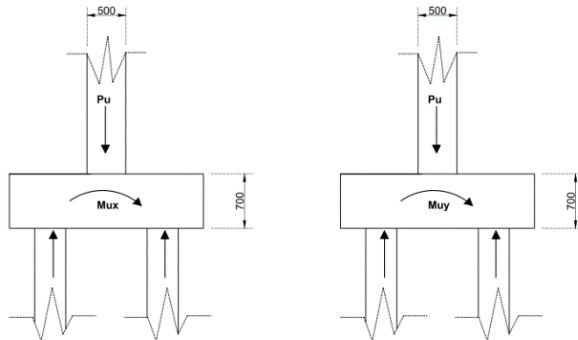
Struktur pondasi direncanakan mampu menahan berbagai pembenan berupa beban mati, hidup, dan gempa dengan kondisi maksimum. Gaya-gaya yang diterima pondasi untuk beberapa kombinasi terbesar di tunjukan pada tabel

Tabel 5. 5 aya-gaya Terfaktor output SAP 2000 v 14.2

NO	Kombinasi pembebanan	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)
1	1D + 1L	101,1053	1,71961	1,17317
2	1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	159,85	2,07338	13,73778
3	1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	148,34	5,04512	8,89282



Gambar 5. 12 Denah tiang pancang



Gambar 5. 13 Gaya yang bekerja pada Pondasi Tiang Pancang

Perkiraan kebutuhan tiang tanpa efisiensi

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{159,85}{96,97} = 1,65 \approx \text{Dipakai 2 Tiang}$$

Jarak antar as tiang pancang kelompok (*pile group*) adalah :

a. Syarat jarak tiang (jarak antar as tiang)

$$2,5D < s < 4D$$

$$2,5 \times 400 < s < 4 \times 400$$

$$1000 \text{ mm} < s < 1600 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $s = 1250 \text{ mm}$

b. Syarat jarak as tiang ke tepi

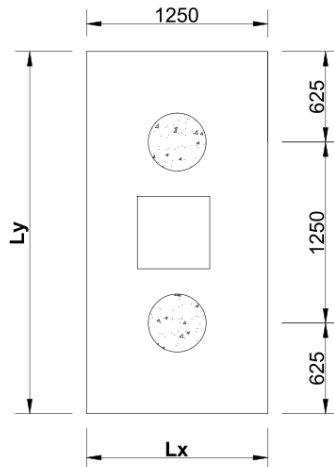
$$s > 1,25D$$

$$s > 1,25 \times 400$$

$$s > 500$$

maka di ambil 625 mm

konfigurasi struktur pondasi tiang pancang yang ditinjau ditunjukkan pada gambar aa. Sebagai berikut



Dari perhitungan sebelumnya, direncanakan dimensi penampang *pile cap* pada gambar yaitu

$$p = 2500 \text{ mm}$$

$$l = 1250 \text{ mm}$$

$$t = 700 \text{ mm}$$

Berat sendiri *pile cap* adalah : $W1 = \gamma_b \cdot V_p = 2,4 \times 2,5 \times 1,25 \times 0,7 = 5,25 \text{ Ton}$

Berat sendiri tiang adalah : $W2 = \gamma_b \cdot V_t = 2,4 \times 0,1256 \times 30 = 9,04 \text{ ton}$

A. Kontrol Gaya yang Bekerja pada Tiang Pancang

$$P_u = 159,95 \text{ Ton}$$

$$\sum P_v = P_u + w_1 + w_2 = 159,95 \text{ ton} + 5,25 \text{ Ton} + 9,04 \text{ ton} = 179,40$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\phi}{90^\circ} \left(\frac{(a-1)x b + (b-1)x a}{a x b} \right)$$

Keterangan

$$a = \text{jumlah tiang dalam satu 1 kolom} = 1$$

$$b = \text{jumlah tiang dalam 1 baris} = 2$$

$$D = \text{diameter tiang pancang} = 400 \text{ mm}$$

$$S = \text{jarak antar tiang} = 1500 \text{ mm}$$

$$\phi = \text{arc tan } \frac{D}{S} = \text{arc tan } \left(\frac{400}{1500} \right) = 14,93^\circ$$

Maka :

$$\text{Eff} = 1 - \frac{14,93^\circ}{90^\circ} \left(\frac{(1-1)x 2 + (2-1)x 2}{1 x 2} \right) = 0,966$$

$$P \text{ ijin} = P \text{ all} = \text{Eff} \times Q \text{ all} = 0,834 \times 96,97 = 93,71 \text{ ton}$$

$$P \text{ group} = 2 \times 93,71 \text{ ton} = 187,43 \text{ ton}$$

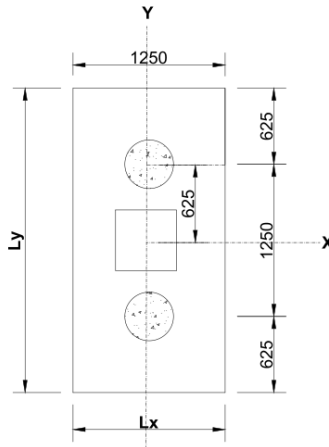
Kontrol Keamanan :

$$P \text{ group} \geq \sum P_v$$

$$187,43 \text{ ton} \geq 179,40 \text{ ton} \text{ (Aman)}$$

B. Kontrol Beban Maksimum (Pmaks) Tiang Pancang

Kontrol beban maksimum yang bekerja pada pondasi berupa gaya aksial dan momen untuk arah x dan y. Detail struktur pondas tiang pancang yang ditinjau ditunjukkan pada gambar.



Gambar 5. 14 Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang

SUSUNAN TIANG TERHADAP TITIK PUSAT PENAMPANG

Banyak tiang (n)	= 2
Banyak tiang dalam satu kolom (a)	= 1
Banyak tiang dalam satu baris (b)	= 2
Jarak As kolom ke as pondasi arah y (Y_{maks})	= 0,625 m
Jarak As kolom ke as pondasi arah x (X_{maks})	= 0,625 m
$\sum y^2 = (-0,625^2 + 0,625^2)$	= 0,4 m
$\sum x^2 = (-0^2 + 0^2)$	= 0 m

Perhitungan gaya P_{maks} dan P_{min} pada pondasi tiang adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\sum Y^2}$$

Kondisi maksimum akibat kombinasi $(1,2D+1,6L+1Q_x+0,3Q_y)$

$$P_{tekan maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \times X}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{159,85 \text{ ton}}{2} + \frac{13,73 \text{ ton} \times 0}{0} + \frac{2,073 \text{ ton} \times 0,625}{0,4}$$

$$P_{\text{tekan maks}} = 80,25$$

$$P_{\text{tekan min}} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2}$$

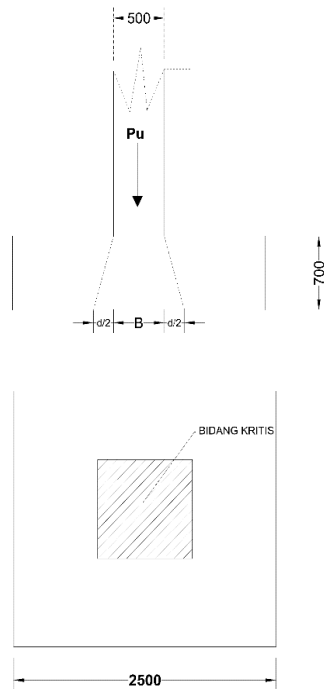
$$= \frac{159,85 \text{ ton}}{2} - \frac{13,73 \text{ ton} \times 0}{0} - \frac{2,073 \text{ ton} \times 0,625}{0,4}$$

$$P_{\text{tekan min}} = 76,73$$

$$P_{\text{max}} = 76,825 + 1,67 + 6,865 = 80,25 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 93,71 \text{ (Aman)}$$

C. Cek terhadap Geser Pons dari kolom

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Bidang kritis untuk perhitungan geser pons dapat dianggap tegak lurus pelat yang terletak pada jarak $0,5d$ dari keliling beban reaksi terpusat tersebut, dimana d adalah tinggi efektif pelat. Tegangan geser pons pada *pile cap* yang terjadi di sekitar beban terpusat (bidang kritis) ditunjukkan pada gambar berikut



Bedasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari tiga persamaan berikut :

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

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

$$V_C = 0,33 \lambda \sqrt{F_C'} b_o d$$

Dimana :

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = Keliling dari penampang kritis pada *Pile cap*

$\alpha_s = 40$, untuk kolom tengah

$$\beta_c = \frac{500}{500} = 1$$

$$\begin{aligned}
 d &= H - t_s \\
 &= 700 - 75 - (1/2 \times 19) = 616,5 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (B + d) \\
 &= 2 \times (500 + 650,5) = 4462 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$V_C = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \times \sqrt{30} \times 4462 \times 616,5 = 7671643,74 \text{ N}$$

$$2. V_C = 0,083 \left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{FC'} b_o d$$

$$\begin{aligned}
 V_C &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 650,5}{4602} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4462 \times 616,5 \\
 &= 223312619 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$3. V_C = 0,33 \lambda \sqrt{FC'} b_o d$$

$$V_C = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4462 \times 616,5 = 430239767,4 \text{ N}$$

Maka nilai V_C terkecil yang diambil = 223312619 N

Beban maksimum yang diperhitungkan untuk geser pons dari kolom ke pilecap adalah kombinasi maksimum. Besarnya gaya dalam yang bekerja pada titik yang ditinjau A_s
Gaya-gaya Terfaktor Output SAP 2000 pada Pilecap Pondasi.

NO	Kombinasi pembebanan	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)
1	1D + 1L	101,1053	1,71961	1,17317
2	1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	159,85	2,07338	13,73778
3	1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	148,34	5,04512	8,89282

Persitiwa geser pons dapat dicegah dengan dipenuhinya persyaratan :

$$P_U \leq \phi V_C$$

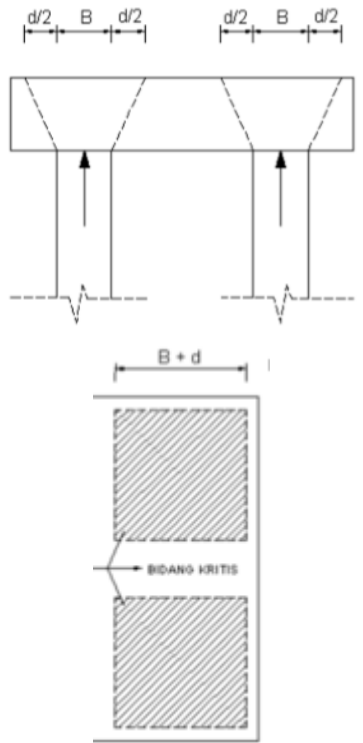
$$1598500 \leq 0,75 \times 223312619 \text{ N}$$

$$1598500 \leq 167484464,3\text{N (Aman)}$$

Maka ketebalan dan ukuran *pile cap* mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial kolom.

D. Cek Terhadap Geser Pons dari Tiang Pancang

Bidang kritis untuk perhitungan geser pons dapat dianggap tegak lurus bidang pelat yang terletak pada jarak $0,5d$ dari keliling beban reaksi terpusat dari tiang pancang, dimana d adalah tinggi efektif pelat. Tegangan geser pons pada *pile cap* yang terjadi di sekitar beban terpusat (bidang kritis) ditunjukkan pada gambar berikut .



Gambar 5.15 Bidang kritis akibat pons dari tiang pancang ke pile cap

$$\beta_c = \frac{400}{400} = 1$$

$$d = H - t_s = 700 - 75 - (1/2 \times 19) = 616,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2 \times (1/4 \pi D \times d) = 2 \times (1/4 \times \pi \times 400 \times 616,5) = 386730,1 \text{ mm}$$

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

$$V_C = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 x \sqrt{30} x 386730,1 x 616,5 = 664916004,2N$$

$$2. V_C = 0,083 \left(\frac{\alpha s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{FC'} b_o d$$

$$V_C = 0,083 \left(\frac{40 x 616,5}{386730,1} + 2\right) x 1 x \sqrt{30} x 386730,1 x 616,6 \\ = 223312619 N$$

$$3. V_C = 0,33 \lambda \sqrt{FC'} b_o d$$

$$V_C = 0,33 x 1 \sqrt{30} x 386730,1 x 616,5 = 430239767,4 N$$

Maka nilai V_C terkecil yang diambil = 223312619 N

Beban maksimum yang diperhitungkan untuk geser pons dari tiang ke pilecap adalah P_{MAX} dari tiang pancang. Peristiwa geser pons dapat dicegah dengan dipenuhinya persyaratan :

$$P_U \leq \phi V_C$$

$$1598500 \leq 0,75 x 223312619$$

$$1598500 \leq 167484464,3 N \text{ (Aman)}$$

Maka ketebalan dan ukuran *pile cap* mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial dari pilecap.

B. PERHITUNGAN PILE CAP

Direncanakan :

$$P = 2500 \text{ mm} \quad t_s = 75 \text{ mm} \quad f_c' = 30 \text{ MPA}$$

$$L = 2500 \text{ mm} \quad D_{TULANGAN} = 19 \text{ mm} \quad f_y = 400 \text{ MPA}$$

$$T = 700 \text{ mm} \quad A_p = 0,125 \text{ m}^2$$

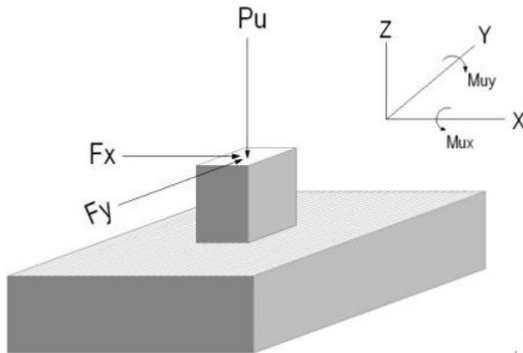
$$E = 4700 x \sqrt{f_c} = 25742,96 \text{ Mpa.}$$

$$dx = 700 - 75 - (1/2 x 19) = 615,5 \text{ mm}$$

$$dy = 700 - 75 - 19 - (1/2 x 19) = 596,5 \text{ mm}$$

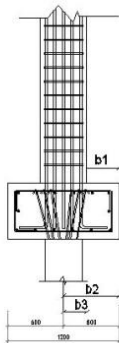
Detail Elemen Pile cap

Gaya yang bekerja pada pile cap dalam menerima beban kombinasi di tunjukkan sebagai berikut.



Gambar 5. 16 Gaya yang bekerja pada Pile Cap

Pembebanan yang terjadi pada pilecap adalah :
Pile cap arah X



$$b_1 = 375 \text{ mm}$$

$$b_2 = 625 \text{ mm}$$

$$b_3 = 250 \text{ mm}$$

Penulangan Pilecap Arah X

$$\begin{aligned} qu &= \text{berat pilecap} = 1,25\text{m} \times 0,7\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,5\text{m} \\ &= 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ max beban tiang} \\ &= 80250\text{kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$\begin{aligned} Mu &= -Mq \\ &= -qu \times \frac{1}{2} \times b l \\ &= -5250 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \times 0,375 \text{ m} \\ &= 984,375 \text{ kgm} = 9843750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi} = \frac{9843750}{0,9} = 109375000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw d^2} = \frac{109375000}{1250 \times 615,5^2} = 0,23 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fcr} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

a) Mencari Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (15,686) (0,23)}{400}} \right]$$

$$\rho = 0,00075$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \left(\frac{0,85 \times fcr' \times \beta}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,835}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,053 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ maks} = 0,75 \times \rho b = 0,75 \times 0,0325 = 0,04$$

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

0,0035 < 0,000745 < 0,024 (tidak memenuhi), maka digunakan adalah $\rho \text{ min} = 0,0035$

b) Luas tulangan yang dibutuhkan

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

$$= 0,0035 \times 1250 \times 615,5$$

$$= 2692,81 \text{ mm}^2$$

c) Jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{AS \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 19^2 \times 1250}{2692,81} = 132 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-100mm

Penulangan Pilecap Arah Y

$$\text{qu} = \text{berat pilecap} = 1,25 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 5250 \text{ kg}$$

P max beban tiang

$$= 159850 \text{ kg}$$

$$b_1 = 1250 \text{ mm} - 250 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

$$b_2 = 625 \text{ mm}$$

$$b_3 = 1000 \text{ mm} - 625 \text{ mm} = 375 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada pilecap adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= (-M_q + M_p) \\ &= [-(\text{qu} \times \frac{1}{2} b_1) + (P \times b_3)] \\ &= [-(2625000 \text{ kgmm}) + (59943750 \text{ kgmm})] \\ &= 62568750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u \times \phi}{\phi} = \frac{62568750}{0,9} = 695208333,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b_w d^2} = \frac{695208333,3}{1250 \times 615,5^2} = 1,47 \text{ N/mm}^2$$

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

a) Mencari Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,686)(1,47)}{400}} \right]$$

$$\rho = 0,0038$$

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

$$\begin{aligned} \rho b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,835}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,053 \end{aligned}$$

$\rho \text{ maks} = 0,75 \times \rho b = 0,75 \times 0,0325 = 0,04$
 $\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ maks}$
 $0,0035 < 0,0038 < 0,024$ (memenuhi), maka digunakan
 adalah $\rho = 0,0038$

b) Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0038 \times 1250 \times 615,5 \\
 &= 2910,085 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c) Jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 19^2 \times 1250}{2910,085} = 122 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-100mm

Kontrol Displacement

Data perencanaan :

$$F_c' = 425 \text{ MPa} / \text{K500}$$

$$F_y' = 400 \text{ MPa}$$

$$F_{ys}' = 240 \text{ MPa}$$

$$E = 302776,32 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4$$

$$I = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 0,4^4 = 0,001256 \text{ m}^4$$

$$K = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-\frac{3}{4}}$$

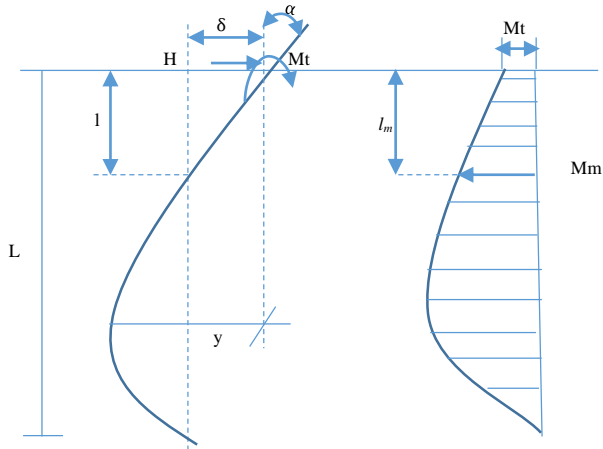
$$K = 0,2 \cdot 28 \text{ N} \cdot 0,4^{-\frac{3}{4}} = 0,2 \cdot 28 \cdot 40,585 \cdot 0,4^{-\frac{3}{4}}$$

$$= 14,28 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} = 0,0014 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{tarik}} = 76,73 \text{ Ton}$$

$$\beta = \sqrt[4]{K \cdot D / 4EI} = \sqrt[4]{14,28 \cdot 40 / 4 \cdot 302776,32 \cdot 126800}$$

$$\beta = 0,0078 \text{ cm}^{-1} = 0,78 \text{ m}^{-1}$$



$$y = \frac{H}{4 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3} \cdot e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

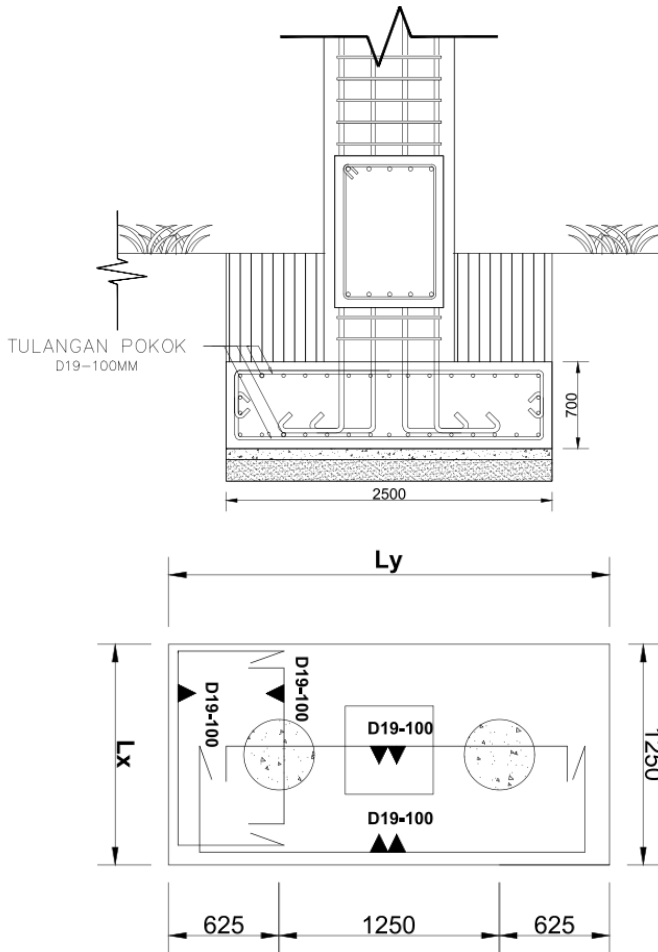
$$H = \frac{K \cdot P}{\beta} \cdot \delta_a \text{ , asumsi pergeseran normal } \delta = 1 \text{ cm}$$

$$H = \frac{14,28 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \cdot 76,73 \text{ Ton}}{0,0078 \text{ cm}} \cdot 1 = 13,7 \text{ Ton}$$

$$y = \frac{13,7 \text{ Ton}}{4 \cdot 302776,32 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \cdot 125600 \text{ cm}^4 \cdot 0,0078^3} \cdot e^{-0,0078 x} (\cos 0,0078 x + \sin 0,0078 x)$$

$$y = 0,1898 x e^{-0,0078}$$

$$y = 0,188 \text{ cm} < 1 \text{ cm (OK)}$$



Gambar 5. 17 Detail Penulangan dan potongan Pile cap

Dengan cara perhitungan diatas maka akan diperoleh perhitungan struktur pondasi seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5. 6 Perhitungan struktur pondasi

Qall	Joint	Kombinasi pembebanan	P (ton)	Mx	My	P max	Mx max	My max
91,9	352	1D + 1L	72,3736	0,03674	0,63747	89,5439	6,18857	7,97994
		1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	89,5439	3,6476	7,97994			
		1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	87,1926	6,18857	4,99309			
91,9	354	1D + 1L	121,0422	0,19795	0,35762	139,3617	6,03863	7,75427
		1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	139,2592	3,48474	7,75427			
		1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	139,3617	6,03863	4,73572			
91,9	355	1D + 1L	106,9472	1,11123	0,34994	132,7794	7,08026	7,78922
		1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	131,166	3,51781	7,78922			
		1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	132,7794	7,08026	4,7605			
91,9	356	1D + 1L	103,3959	0,50542	0,35701	121,1492	8,2136	7,88152
		1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	120,4472	4,63071	7,88152			
		1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	121,1492	8,2136	4,83663			
91,9	357	1D + 1L	120,3708	0,30768	0,01925	138,6417	8,52372	7,64553
		1,2D + 1EX + 0,3Ey + 1L	138,5882	4,77543	7,64553			
		1,2 D + 0,3Ex + 1Ey + 1L	138,6417	8,52372	4,65098			

My max	n	Jarak tiang	jarak tepi-as tiang	Dimensi (mm)	Muy (kgmm)	Mux (kgmm)
7,97994	2	1000	500	2500	120594472,5	54385742,5
		1300	600	1200		
		1800		70		
7,75427	2	1000	500	2500	184112167,5	83030977,5
		1300	600	1200		
		1800		70		
7,78922	2	1000	500	2500	175719735	79246155
		1300	600	1200		
		1800		70		
7,88152	2	1000	500	2500	160891230	72558790
		1300	600	1200		
		1800		70		
7,64553	2	1000	500	2500	183194167,5	82616977,5
		1300	600	1200		
		1800		70		

Penulangan arah x						
Mn	rn	m	pb	pmin	p	pmaks
604286027,8	1,195561477	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,003981200	0,039923438
922566416,7	1,82526952	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,004739341	0,039923438
880512833,3	1,742067788	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,004515058	0,039923438
806208777,8	1,59505948	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,004120835	0,039923438
917966416,7	1,816168561	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,004714767	0,039923438

Penulangan arah x				
p perlu	As perlu	s perlu	S pakai	As pakai
0,0039812	3100,558939	148	100	4561,592533
0,004739341	3690,999003	124	100	4561,592533
0,004515058	3516,326915	130	100	4561,592533
0,004120835	3209,30648	143	100	4561,592533
0,004714767	3671,860302	125	100	4561,592533
0,004691468	3653,715135	125	100	4561,592533

Penulangan arah y					
Mn	rn	m	pb	pmin	p
1339938583	2,651027624	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,00701335
2045690750	4,047336762	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,011081471
1952441500	3,862845965	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,01052613
1787680333	3,536871021	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,009558812
2035490750	4,027156373	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,011020441
2025816333	4,008015835	15,68627451	0,05323125	0,0035	0,01096262

Penulangan arah y					
pmaks	p perlu	As perlu	s perlu	S pakai	As pakai
0,039923438	0,00701335	5461,997037	84	50	9123,185066
0,039923438	0,011081471	8630,249911	53	50	9123,185066
0,039923438	0,01052613	8197,749965	56	50	9123,185066
0,039923438	0,009558812	7444,402749	62	50	9123,185066
0,039923438	0,011020441	8582,71935	54	50	9123,185066
0,039923438	0,01096262	8537,688712	54	50	9123,185066

Σ pv	Eff	P ijin	P group	kolom		
				3 Kondisi VC (N)	Vc min (N)	Ø VC
103,6316868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		
153,4494868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		
146,8671868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		
135,2369868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		
152,7294868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		
152,0465868	0,982517874	90,29339263	180,5867853	8332120,081	5391371,817	4043528,863
				10371306,19		
				5391371,817		

5.6 Kebutuhan Volume Pembesian (Bestat)

Berikut analisa hasil perhitungan volume pembesian:

Tulangan pile cap

SISI	TULANGAN				PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor buah			
	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Berat (kg/m)	Jumlah						
TULANGAN SISI ATAS										
X	D19	100	2,225565	25	15753,92	35061,37296	1313			
Y	D19	100	2,225565	25						
TULANGAN SISI BAWAH										
X	D19	100	2,225565	25						
Y	D19	100	2,225565	25						
TULANGAN PINGGANG										
	2 D19		1,58	2						

Tulangan Sloof

TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor Buah
Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
SLOOF 30 X 40					
TULANGAN UTAMA					248
D19	2,23	-	2970	6609,928	
TULANGAN SENGGANG					
Lapangan			6454,8	5730,313	538
Ø12	0,88776	150			
Tumpuan					
Ø12	0,88776	120			

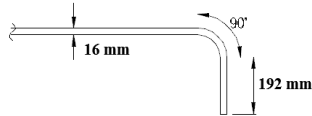
Tulangan kolom pendek

TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor Buah
Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
KOLOM 50X50(K2)					
TULANGAN UTAMA					
16 D25	3,85	-	2120	8168,625	177
TULANGAN SENGKANG					
Lapangan					
Ø8	0,39456	150	279,5	110,2795	53
Tumpuan					
Ø8	0,39456	120	349,375	137,8494	
KOLOM 40X40 (K1)					
TULANGAN UTAMA					
8 D16	1,58	-	215	339,3216	18
TULANGAN SENGKANG					
Lapangan					
Ø8	0,39456	150	34	13,41504	7
Tumpuan					
Ø8	0,39456	120	42	16,57152	

Tulangan Kolom

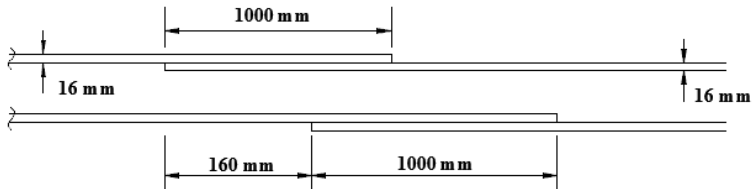
LANTAI	TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	TOTAL LONJOR (bh)
	Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
1	KOLOM 50X50(K2)					
	TULANGAN UTAMA					
	16 D25	3,85	-	5720	22039,875	477
	TULANGAN SENKANG					
	Lapangan					632
	Ø8	0,39456	150	3368	1328,87808	
	Tumpuan					
	Ø8	0,39456	120	4210	1661,0976	
	KOLOM 40X40 (K1)					
	TULANGAN UTAMA					
	8 D16	1,58	-	647	1021,12128	54
	TULANGAN SENKANG					
Lapangan					76	
Ø8	0,39456	150	405	159,7968		
Tumpuan						
Ø8	0,39456	120	506	199,64736		
2-5	KOLOM 50X50(K2)					
	TULANGAN UTAMA					
	16 D25	3,85	-	16480	63499,5	1374
	TULANGAN SENKANG					
	Lapangan					1185
	Ø8	0,39456	150	6315	2491,6464	
	Tumpuan					
	Ø8	0,39456	120	7894	3114,65664	
	KOLOM 40X40 (K1)					
	TULANGAN UTAMA					
	8 D16	1,58	-	910	1436,1984	76
	TULANGAN SENKANG					
Lapangan					32	
Ø8	0,39456	150	379	149,53824		
Tumpuan						
Ø8	0,39456	120	474	187,02144		

- Panjang penjangkaran kolom memakai 12D SNI 2847-2013 Pasal 12.5.1
 $= 12 \times D = 12 \times 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$



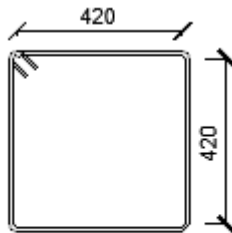
Detail panjang penjangkaran kolom

- Panjang lewatan kolom memakai $1 l_d = 1000 \text{ mm}$ pada perhitungan sebelumnya. Syarat SNI 2847-2013 Pasal 12.15.1



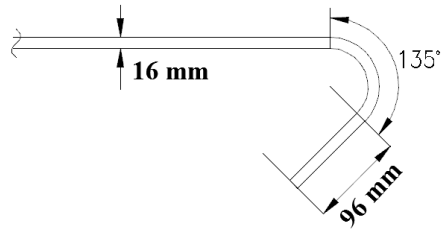
Sambungan Lewatan Tulangan Kolom

- Panjang sengkang kolom dengan tebal selimut 40 mm, maka untuk kolom K2 50 x 50 diperoleh panjang sisi sengkang = $500 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 420 \text{ mm}$



Detail Sengkang Kolom

- Panjang kait sengkang kolom adalah 6D SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.1, diperoleh $6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$



Panjang kait sengkang kolom

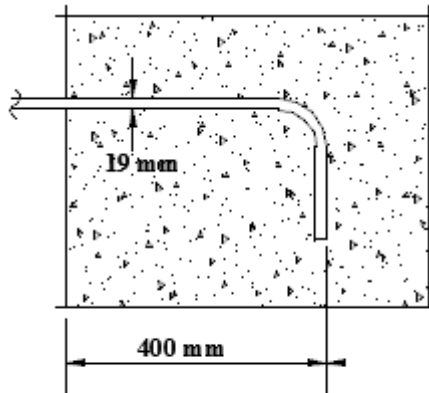
Tulangan balok induk

TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor Buah
Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
Balok bentang 6 meter					
TULANGAN UTAMA					
D19	2,23	-	14720,752	24860,574	1227
TULANGAN SENKANG					
Lapangan			24906,4	22911,029	2076
Ø12	0,88776	150			
Tumpuan					
Ø12	0,88776	120			
Balok bentang 4,5 meter					
TULANGAN UTAMA					
D19	2,23	-	373,52	24860,574	32
TULANGAN SENKANG					
Lapangan			845,632	22911,029	71
Ø12	0,88776	150			
Tumpuan					
Ø12	0,88776	120			

Tulangan Balok Anak

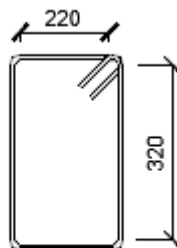
TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor Buah
Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
Balok bentang 6 meter					
TULANGAN UTAMA					
D19	2,23	-	11353,04	24860,574	947
TULANGAN SENKANG					
Lapangan			6960,8	22911,029	581
Ø12	0,88776	150			
Tumpuan					
Ø12	0,88776	120			
Balok bentang 4,5 meter					
TULANGAN UTAMA					
D19	2,23	-	373,52	24860,574	32
TULANGAN SENKANG					
Lapangan			845,632	22911,029	71
Ø12	0,88776	150			
Tumpuan					
Ø12	0,88776	120			

- Panjang penyaluran balok berkait diperoleh dari perhitungan sebelumnya yakni l_{dh} 400 mm dengan panjang kait = $12 D = 12 \times 19 = 228$ mm



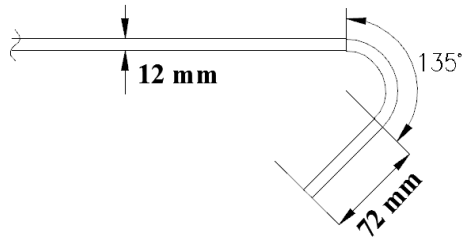
Panjang Penyaluran berkait

- Panjang sengkang balok induk dengan ketebalan selimut 40 mm, diperoleh $300 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 220$ mm ; $400 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 320$ mm



Detail Sengkang Balok

- Panjang kait sengkang kolom adalah 6D SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.1, diperoleh $6 \times 12 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$



Panjang kait sengkang balok

Tulangan pelat tangga dan pelat bordes

TULANGAN (mm)			PANJANG TOTAL (m)	BERAT TOTAL (KG)	Lonjor Buah
Diameter	Berat (Kg/m)	Jarak			
pelat tangga dan pelat bordes					
TULANGAN UTAMA					
Ø12	0,89	-	31349,92	27831,205	2613
Ø8	0,39456	-	326,54	128,83962	28

Tulangan Pelat Lantai

PELAT LANTAI 2

Tipe Plat	Berat Total	panjang total		Jumlah Lonjor	
	kg	Ø12	Ø8	Ø12	Ø8
Plat A	33431,29	1508	84,125	126	8
Plat B	5361,212	208,5	124,6625	18	11
Plat C	1292,013	73,6	53	7	5

Tipe A

PELAT LANTAI 3

Tipe Plat	Berat Total	panjang total		Jumlah Lonjor	
	kg	Ø12	Ø8	Ø12	Ø8
Plat A	33431,29	1508	84,125	126	8
Plat B	5361,212	208,5	124,6625	18	11
Plat C	1292,013	73,6	53	7	5

PELAT LANTAI 4

Tipe Plat	Berat Total	panjang total		Jumlah Lonjor	
	kg	Ø12	Ø8	Ø12	Ø8
Plat A	33431,29	1508	84,125	126	8
Plat B	5361,212	208,5	124,6625	18	11
Plat C	1292,013	73,6	53	7	5

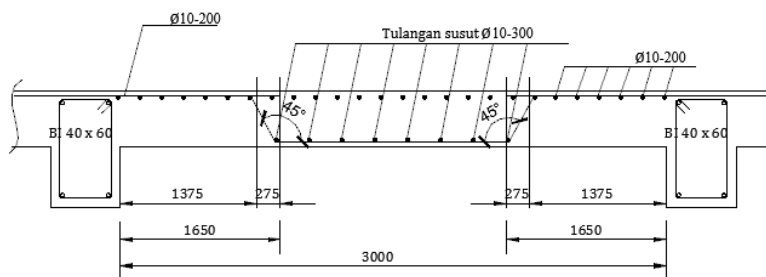
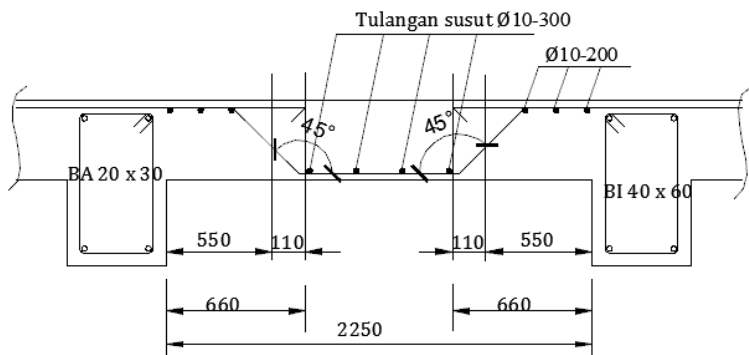
PELAT LANTAI 5

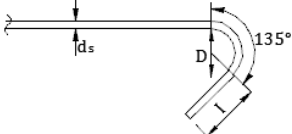
Tipe Plat	Berat Total	panjang total		Jumlah Lonjor	
	kg	Ø12	Ø8	Ø12	Ø8
Plat A	33431,29	1508	84,125	126	8
Plat B	714,8282	27,8	124,6625	3	11
Plat C	1292,013	73,6	53	7	5

PELAT LT ATAP

Tipe Plat	Berat Total	panjang total		Jumlah Lonjor	
	kg	Ø12	Ø8	Ø12	Ø8
Plat A	33431,29	1508	84,125	126	8
Plat B	714,8282	27,8	124,6625	3	11

- Berikut detail tulangan pelat



KAIT PELAT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	10 mm	$4 d_s$ $= 4 \times 10$ $= 40 \text{ mm}$	75 mm

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 6

KESIMPULAN dan SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan struktur gedung *bernofarm pharmaceutical company* ini struktur gedung dengan kategori resiko II dan kelas situr SD termasuk kedalam kategori desain seismik C dapat dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
2. Dari keseluruhan pembahasan perhitungan struktur gedung yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

- Komponen pelat

Pelat Lantai

Perencanaan dimensi pelat lantai beton bertulang dengan tebal 12 cm

TIPE	L_x	L_y	$\frac{L_y}{L_x}$	Tumpuan		Lapangan		Suhu dan Susut
				X	Y	X	Y	
	(m)	(m)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	3	3	1,00	10-200	10-200	10-200	10-200	-
2	2,25	6	2,67	10-200	10-200	10-200	10-200	10-300
3	1,5	4,7	3,13	10-200	10-200	10-200	10-200	10-300

Pelat Atap

Perencanaan dimensi pelat atap beton bertulang dengan tebal 9 cm

TIPE	L_x	L_y	$\frac{L_y}{L_x}$	Tumpuan		Lapangan		Suhu dan Susut
				X	Y	X	Y	
	(m)	(m)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	3	3	1,00	10-200	10-200	10-200	10-200	-
2	2,25	6	2,67	10-200	10-200	10-200	10-200	10-300

- Komponen tangga

Tangga Utama

Perencanaan dimensi pelat tangga utama dengan tebal $t=15$ cm dan pelat bordes tangga dengan tebal $t=12$ cm, berikut perencanaan penulangan tangga utama:

Pelat Tangga	Arah X	$\emptyset 12-100$ mm
	Arah Y	$\emptyset 12-100$ mm
	Susut	$\emptyset 10-300$ mm
Pelat Bordes	Arah X	$\emptyset 12-100$ mm
	Arah Y	$\emptyset 16-100$ mm

Tangga Darurat

Perencanaan dimensi pelat tangga darurat dengan tebal $t=15$ cm dan pelat bordes tangga dengan tebal $t=12$ cm, berikut perencanaan penulangan tangga utama:

Pelat Tangga	Arah X	$\emptyset 12-100$ mm
	Arah Y	$\emptyset 12-100$ mm
	Susut	$\emptyset 10-300$ mm
Pelat Bordes	Arah X	$\emptyset 12-100$ mm
	Arah Y	$\emptyset 16-100$ mm

- Komponen Balok

Berikut hasil perencanaan perhitungan untuk struktur balok:

Dimensi Balok	Tul. Lentur				Tulangan Geser	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
20 x 30	2D19	2D19	2D19	2D19	$\emptyset 12-80$	$\emptyset 12-150$
30 x 40	5D19	5D19	3D19	2D19	$\emptyset 12-100$	$\emptyset 12-150$
40 x 60	10D19	10D19	5D19	2D19	$\emptyset 12-100$	$\emptyset 12-150$

- Komponen Kolom
Berikut perencanaan penulangan kolom

Dimensi	Tul. Lentur	Tul. Geser
(cm)		
40 x 40	8D19	Ø8-80
50 x 50	16D25	Ø8-120

6.2 Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir terapan ini didapatkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam pengumpulan data yang diperlukan untuk perencanaan perhitungan, dibutuhkan data yang lengkap mulai dari gambar struktur dan gambar arsitek serta data – data pendukung lain.
2. Penentuan preliminary desain struktur harus mempertimbangkan efisiensi dari dimensi yang diunakan serta perhitungan penulangan utnuk elemen struktur harus mempertimbangkan kecukupan penampang.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR PUSTAKA

- Iman Satyarno, P. N. (2015). *Belajar SAP2000 Analisis Gempa*. Yogyakarta: Zamil Publishing .
- Iswandi Imran, F. H. (2010). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung : ITB.
- Iswandi Imran, F. H. (2014). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang* . Bandung : ITB.
- Sosrodarsono, D. S. (2000). *Meknika Tanah dan Teknik Pondasi* . Jakarta : PT Pradya Paramita.
- BSN. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional .
- BSN. (2013). *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* . Jakarta : Badan Nasional Indonesia .
- BSN. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847 2013*. Jakarta: Badan Nasional Indonesia .

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”




Penulis dilahirkan di Mojokerto, 02 Januari 1996, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis bernama lengkap Lutfhi Farid Khurnianto ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Trowulan, SDN 1 Trowulan, SMPN 1 Trowulan dan SMAN 1 Gondang. Setelah lulus dari SMAN 1 Gondang tahun 2014, Penulis mengikuti seleksi masuk DIII Reguler ITS tahun 2015 dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500082. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Pramuka ITS selama 2 periode yaitu menjadi Anggota Bidang Pengembangan Periode 2016/2017 dan Ketua Dewan Racana Putra (Wakil Ketua UKM Pramuka ITS) Periode 2017/2018.



Penulis dilahirkan di Tangerang Selatan, 04 April 1996, merupakan anak keempat dari delapan bersaudara. Penulis bernama lengkap Zaham Akbarilah ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Muhajirin Bintaro, MI Soeboeno Mantofani Bintaro, SDN 03 Bintaro dan SDSN 10 Pondok-Pinang Jakarta, SMPN 37 Jakarta dan SMAN 74 Jakarta. Penulis juga dinobatkan sebagai “The Best Student Delegation Senior High School” untuk wilayah SMA Negeri DKI Jakarta yang diselenggarakan oleh Universitas Indonesia. Setelah lulus dari SMAN 74 Jakarta tahun 2014, dengan keputusan Penulis mengikuti Tes Masuk DIII Reguler ITS dan diterima Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 1011110000086. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan selama 2 periode yaitu menjadi Sekretaris Departemen Syiar Jamaah Masjid Al-Azhar (JMAA) 2016/2017 dan Kepala Departemen Syiar Jamaah Masjid Al-Azhar (JMAA) 2017/2018.

Lampiran



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, (ρ) : 530 kg/m³
 Berat, jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
 Kuat tekan, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Konduktivitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

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, (ρ) : 530 kg/m³
 Field Density, (ρ) : 600 kg/m³
 Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



DINDING

◆ Plester D200

- Digunakan untuk pekejaan plester dan pasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak 9-12 $\text{m}^2/30 \text{ kg}$



◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak 9-11 $\text{m}^2/20 \text{ kg}$



◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok 200x10 cm)
- Cepat dalam pengejaannya



◆ Plester Ringan 1.6 S150

- Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi
- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\pm 4,5-8,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok 200x10 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekejaan



Khusus Bata Ringan

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropas pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar





30 x 30

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARAWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARAWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/-0.5	+/-0.8	%	(-0.2 -/+0.52)	(-0.3 -/+0.8)
Thickness Tolerance	%	+/-4.0	+/-5.0	%	+/-4.0	+/-10
Rectangularity	%	+/-0.4	+/-0.6	%	+/-0.3	+/-0.3
Straightness of sides	%	+/-0.4	+/-0.5	%	+/-0.3	+/-0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 -/+0.8)	(-0.2 -/+0.8)
b. Edge Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 -/+0.8)	(-0.2 -/+0.8)
c. Warpage	%	+/-0.3	+/-0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	mm 200	180	mm 150	mm 150	mm 150
Water Absorption	%	1-3	4<E>10	%	>10	>10
Cracking Resistance	Required	Required	Required	Required	Required	Required
	(5 bar)	(5 bar)	(5 bar)	(5 bar)	(5 bar)	(5 bar)

Arwana Ceramic Tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	MP/BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT. ARAWANA CITRAMULLA TBK
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
 Kebangsaan Selatan, Jakarta 11610
 Jakarta 11610
 Phn: +62 21 5830 2363
 Fax: +62 21 5830 2861
 E-mail: info@arawancitra.com
 Website: www.arawancitra.com

Sole Distributor
PT. PRAMAGRAHA KERAMINDO
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
 Kebangsaan Selatan, Jakarta 11610
 Phn: +62 21 5835 8118
 Fax: +62 21 5835 8008
 E-mail: info@pygl.arawancitra.com

Factories

PLANT I :
PT. ARAWANA CITRAMULLA (KCM)
 Jl. Raya Pasar Kemis
 Tangerang 15133, Banten
 Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
 Email: info@acm.arawancitra.com

PLANT II :
PT. ARAWANA NULUNSA KERAMIK (ANK)
 Jl. Raya Gorda, Desa Kibin Km 09
 Cikande - Serang, Banten
 Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
 Email: info@ank.arawancitra.com

PLANT III :
PT. SINAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)
 Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
 Desa Wringin Anom, Kt. Gresik
 Jawa Timur
 Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
 Email: info@kda.arawancitra.com



SPESIFIKASI *Table Type*

Bentuk Hoistway

SPESIFIKASI *Floor Type*

Bentuk Hoistway

Motor Unit

Motor Unit

Motor Unit

STANDARD SPESIFIKASI

No	Model/Type	Kapasitas (kg)	Kapasitas (lb)	Lebar Boks (mm)	Lebar Boks (in)	Pintu Boks	Pintu Luar	Ukuran Hoistway (mm)	Ukuran Hoistway (in)	Over Head (mm)	Over Head (in)	TI	Motor (kW)
		(kg)	(lb)	W x D x H	(in)			(mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(kW)
1	AW-50 S			550 x 500 x 150		Door Panel Slipping		800	750				0,75
2	AW-50 T	30								150	1500	700	
3	AW-50 P						Door Panel Slipping						
4	AW-100 S	25											
5	AW-100 T	100		700 x 700 x 900		Door Panel Slipping		1650	900				1,5
6	AW-100 P									990			

STANDARD SPESIFIKASI

No	Model/Type	Kapasitas (kg)	Kapasitas (lb)	Lebar Boks (mm)	Lebar Boks (in)	Pintu Boks	Pintu Luar	Ukuran Hoistway (mm)	Ukuran Hoistway (in)	Over Head (mm)	Over Head (in)	TI	Motor (kW)
		(kg)	(lb)	W x D x H	(in)			(mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(kW)
7	AW-200 S			700 x 1000 x 1200				1000	620				
8	AW-200 T	200						1150	1200	2000	2000	700	1,5
9	AW-200 P							1150	1500				
10	AW-300 S							1500	1350				
11	AW-300 T	300		800 x 1000 x 1200		Door Panel Slipping		1500	1300	2000	2000	700	1,5
12	AW-300 P							1500	1300				
13	AW-600 S							1550	1450				
14	AW-600 T	600		880 x 1000 x 1200				1550	1350	2000	2000	700	1,5
15	AW-600 P							1550	1550				

SPESIFIKASI *Cargo Type*

STANDARD SPESIFIKASI

No.	Model/Type	Kapasitas (kg)	Kapasitas (lb)	Lebar Boks (mm)	Lebar Boks (in)	Pintu Boks	Pintu Luar	Ukuran Hoistway (mm)	Ukuran Hoistway (in)	Over Head (mm)	Over Head (in)	TI	MOTOR (kW)	MOTOR (HP)
1	3000	8500 x 11500 x 1250	Biparting	1500	1300	2700	800	800	800	8,6	8,6	1,1		
2	5000	8500 x 11500 x 1250	Biparting	1500	1300	2700	800	800	800	6,2	6,2	1,1		
3	10000	10000 x 12500 x 1250	Vertical	500	3500	3000	1000	1000	1000	6,7	6,7	2,5		
4	20000	10000 x 12500 x 1800	Vertical	200	3500	3250	1150	1150	1150	2,6	2,6	2,5		
5	30000	10000 x 12500 x 1800	Vertical	200	3500	3250	1150	1150	1150	2,6	2,6	2,5		

Produksi dalam negeri



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG BERNOFARM PHARMACEUTICAL COMPANY DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP. 1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP. 1011150000086

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

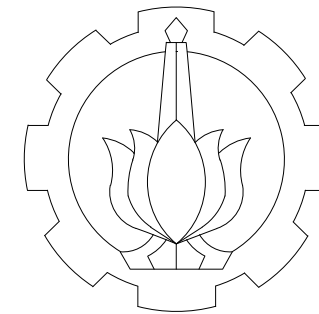
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

No.	Judul Gambar	Halaman	No.	Judul Gambar	Halaman
1	TAMPAK DEPAN	1	17	DENAH TANGGA 6 m	17
2	TAMPAK UTARA	2	18	POTONGAN TANGGA 6 m	18
3	TAMPAK SELATAN	3	19	DETAIL TULANGAN TANGGA	19
4	DENAH LANTAI 1	4	20	DENAH TANGGA 4 m	20
5	DENAH LANTAI 2	5	21	POTONGAN TANGGA 4 m	21
6	DENAH LANTAI 3	6	22	DETAIL TULANGAN TANGGA	22
7	DENAH LANTAI 4	7	23	DENAH TANGGA 4,5 m	23
8	DENAH LANTAI 5	8	24	POTONGAN TANGGA 4 m	24
9	DENAH LANTAI 6	9	25	DETAIL TULANGAN TANGGA	25
10	DENAH PELAT LANTAI 2	10	26	DENAH SLOOF	26
11	PENULANGAN PELAT LT.2	11	27	DENAH BALOK LT.2	27
12	PENULANGAN PELAT LT.2	12	28	DENAH BALOK LT.3	28
13	DENAH PELAT LANTAI 3,4,5	13	29	DENAH BALOK LT.4	29
14	PENULANGAN PELAT LT.3,4,5	14	30	DENAH BALOK LT.5	30
15	DENAH PELAT LANTAI ATAP	15	31	DENAH BALOK LT.6	31
16	PENULANGAN PELAT ATAP	16	32	POTONGAN STRUKTUR MELINTANG	32

DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

No.	Judul Gambar	Halaman
33	DETAIL BALOK	33
34	DETAIL BALOK	34
35	TABEL PENULANGAN BALOK SLOOF	35
36	TABEL PENULANGAN BALOK LT.2,3,4,5,6	36
37	TABEL PENULANGAN BALOK LIFT	37
38	DENAH PONDASI	38
39	DETAIL KOLOM	39
40	TABEL PENULANGAN KOLOM	40
41	DETAIL PONDASI	41



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

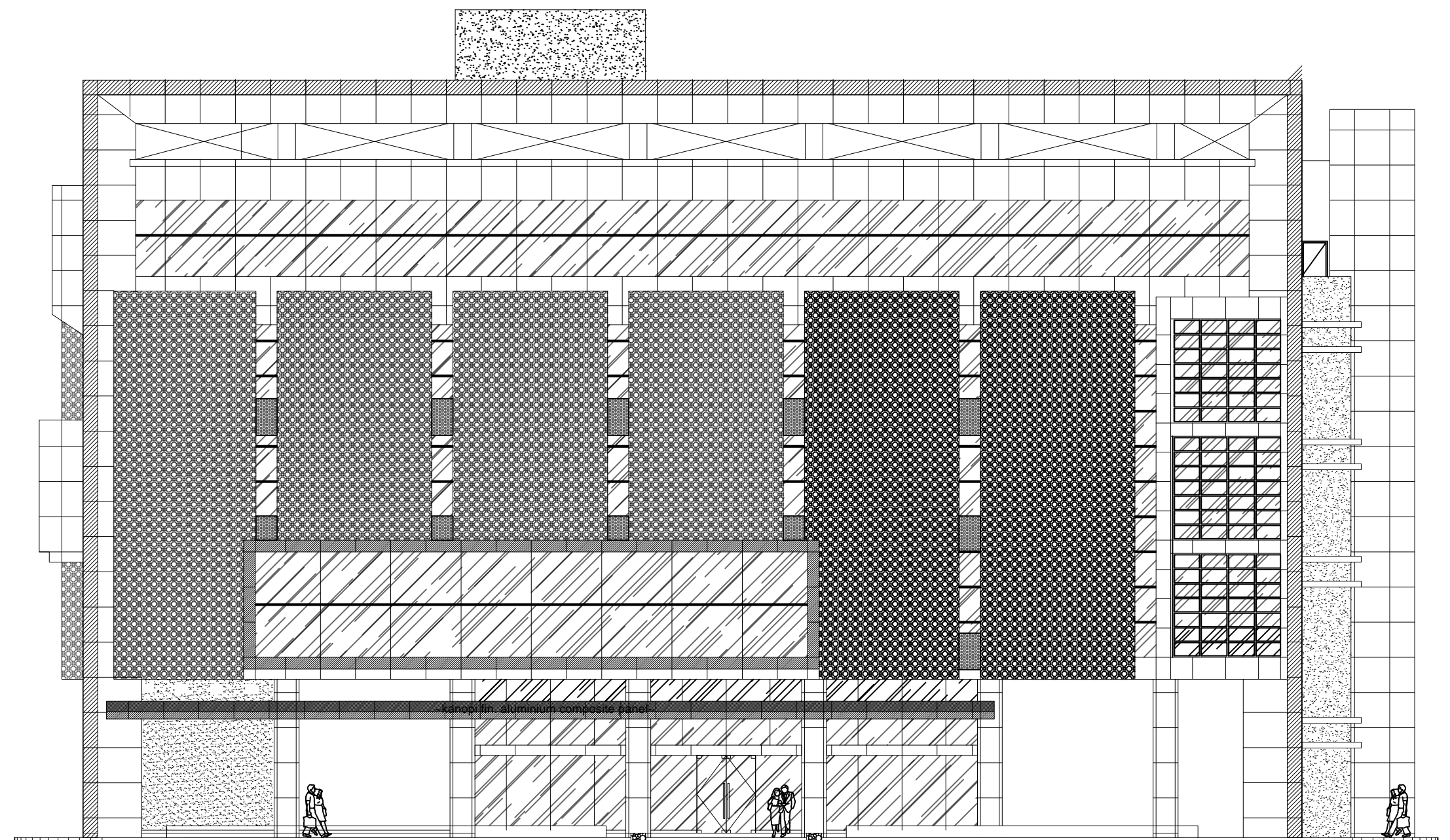
INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TAMPAK DEPAN
Skala 1 : 200

CATATAN

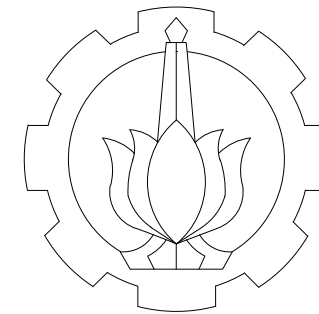


 **TAMPAK DEPAN**
SKALA 1 : 200

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

1

41



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

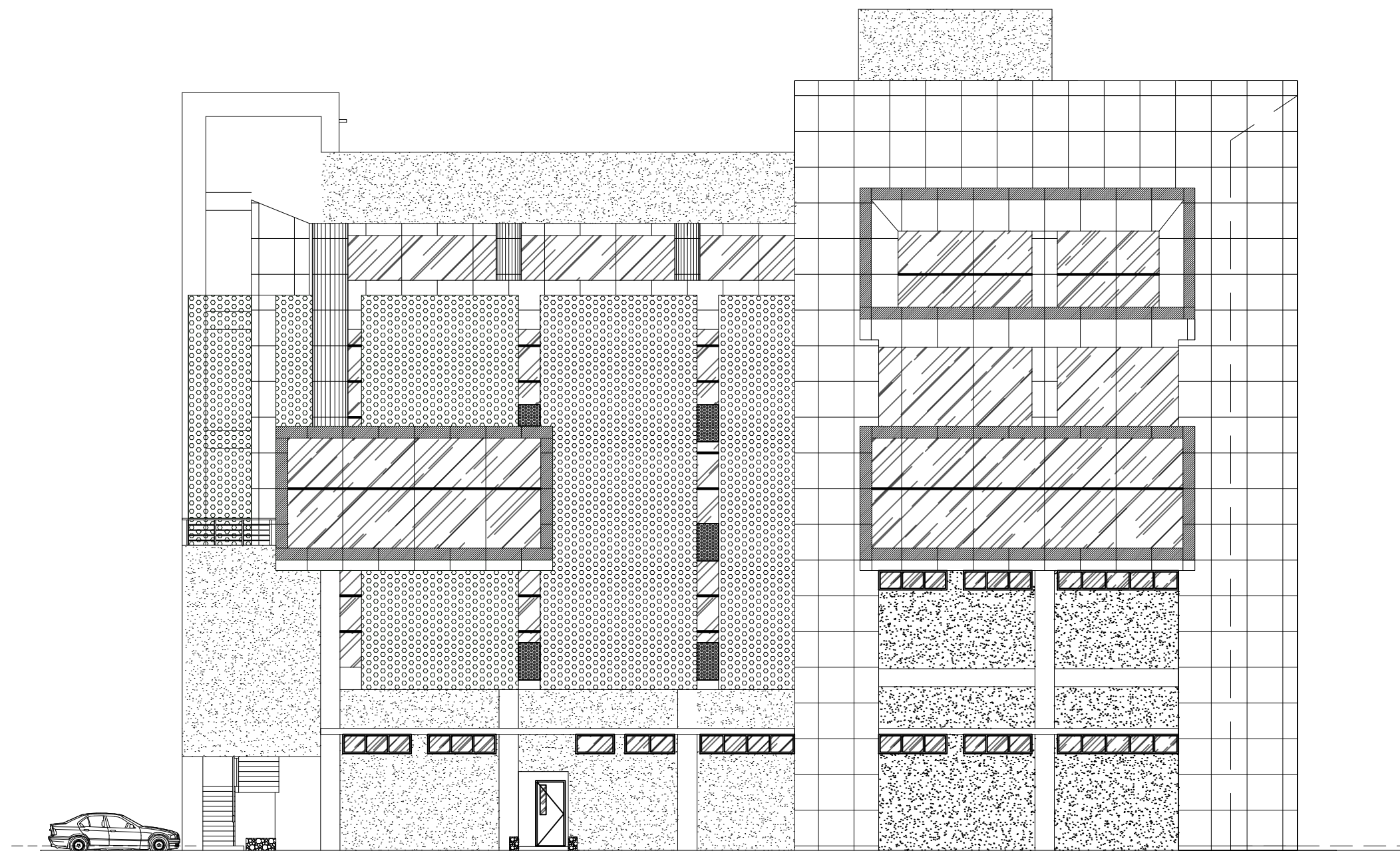
INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TAMPAK UTARA
Skala 1 : 200

CATATAN



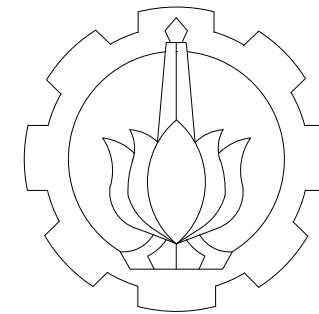
 **TAMPAK UTARA**
SKALA 1 : 200

NOMOR

2

JUMLAH

41



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

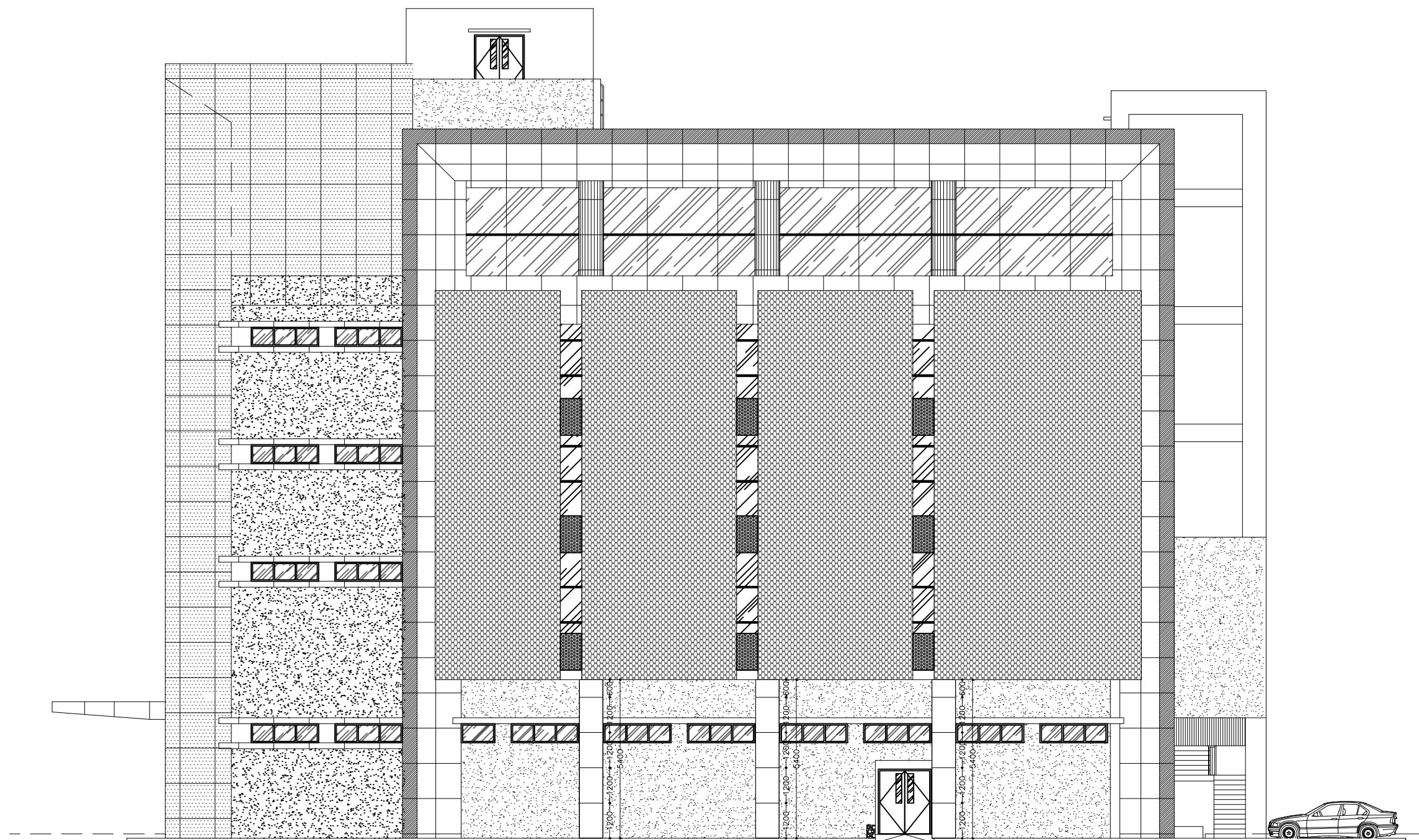
INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SELATAN
Skala 1 : 200

CATATAN



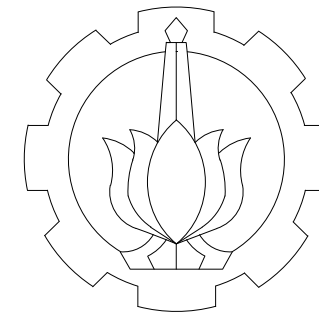
 **TAMPAK SELATAN**
SKALA 1 : 200

NOMOR

3

JUMLAH

41



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 MPa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

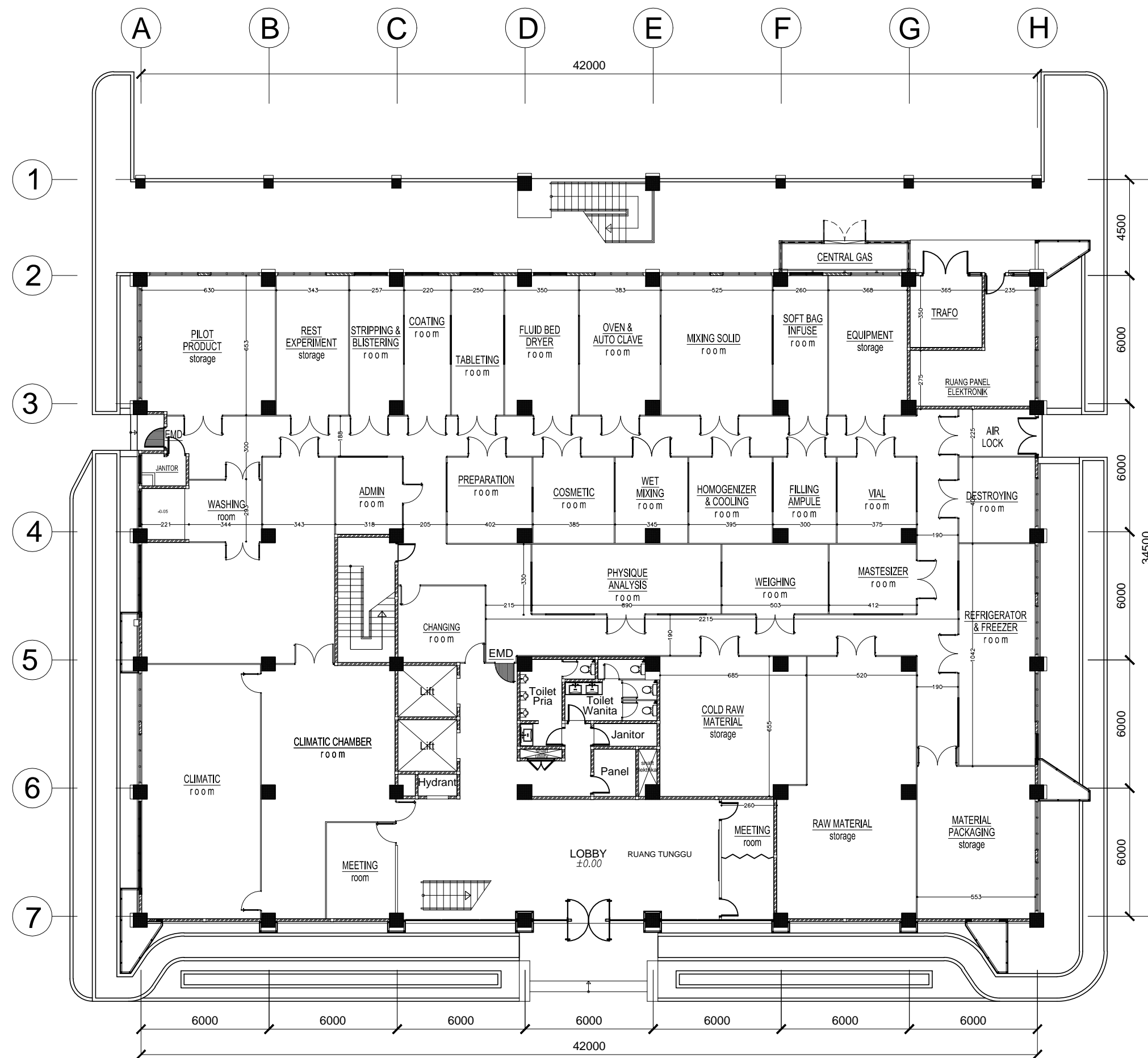
DENAH LANTAI 1
 Skala 1 : 200

CATATAN

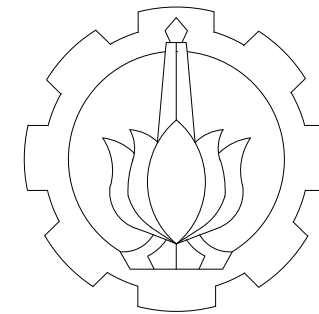
NOMOR	JUMLAH
4	41

4

41



 **DENAH LANTAI 1**
 SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

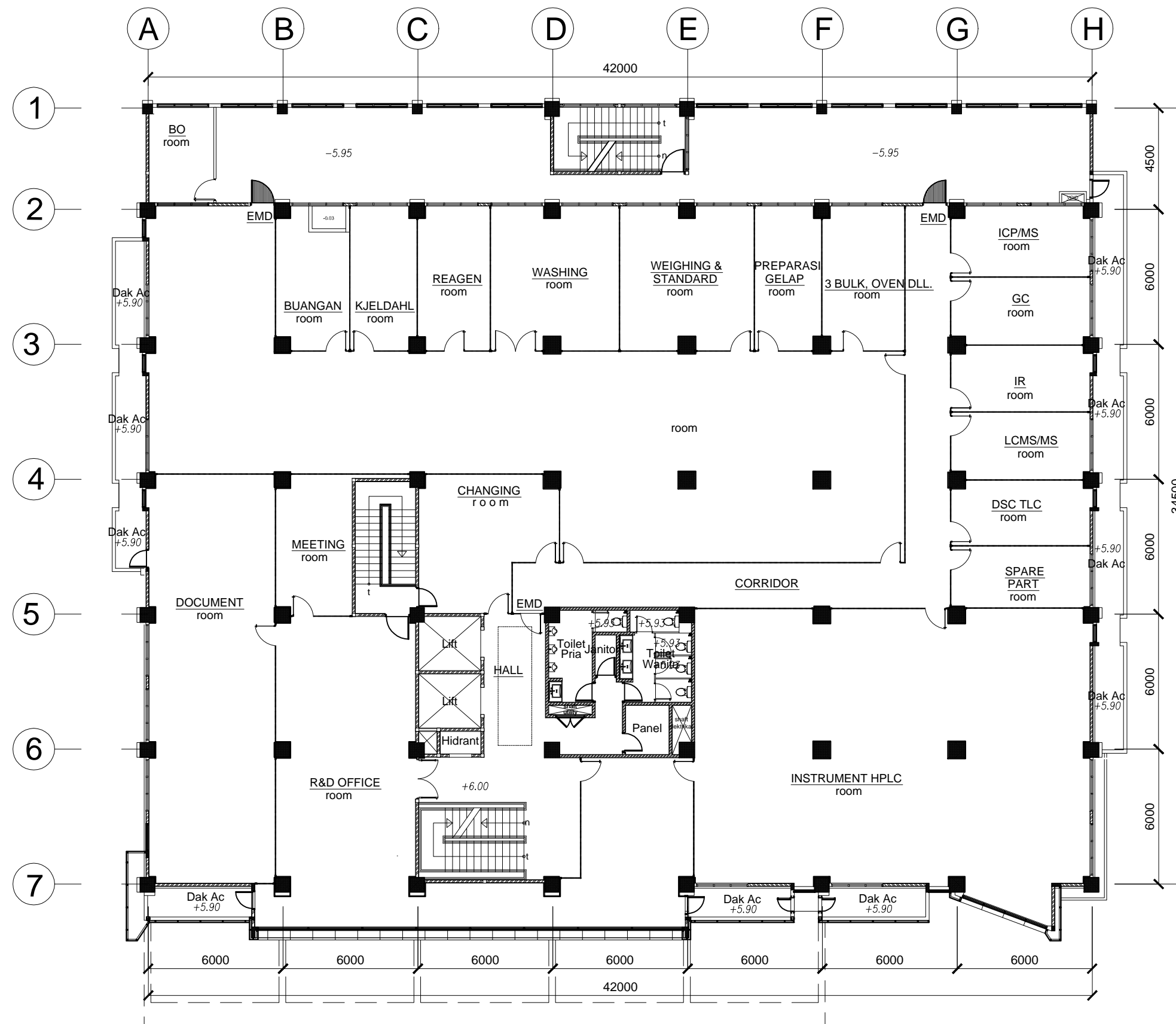
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 MPa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 2
 Skala 1 : 200

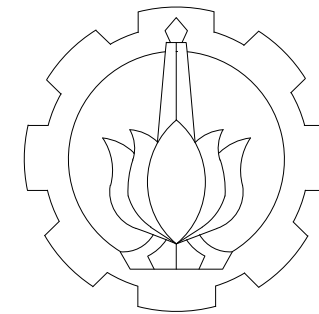
CATATAN

NOMOR	JUMLAH
5	41



DENAH LANTAI 2

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 MPa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 3
 Skala 1 : 200

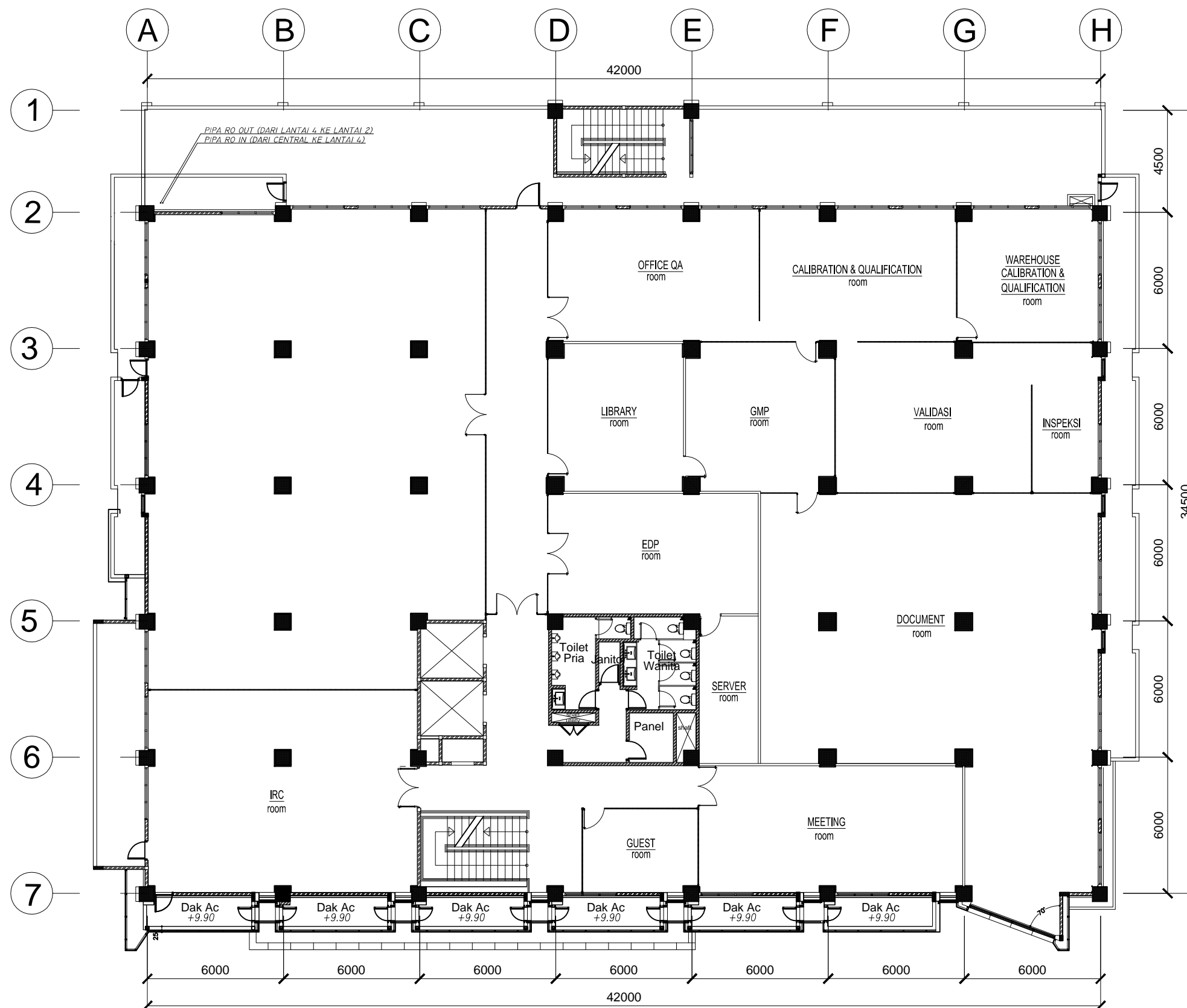
CATATAN

NOMOR

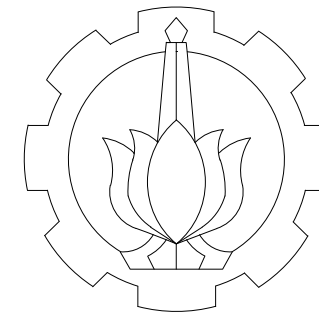
JUMLAH

6

41



 **DENAH LANTAI 3**
 SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

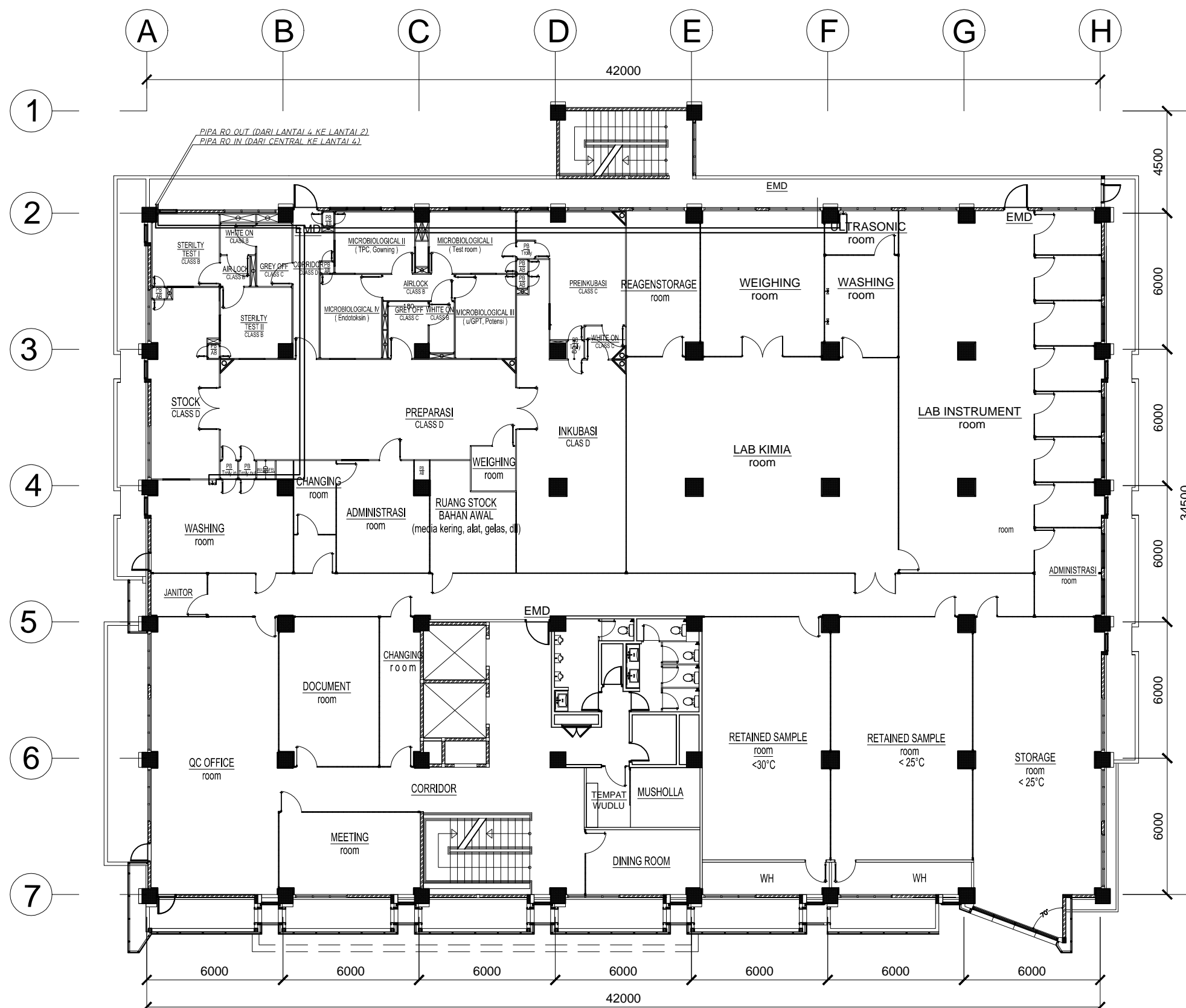
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 4
 Skala 1 : 200

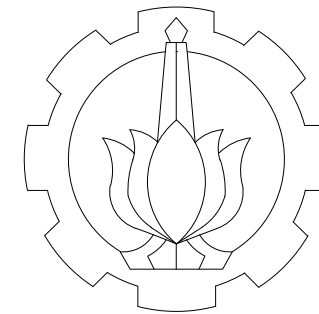
CATATAN

NOMOR	JUMLAH
7	41



DENAH LANTAI 4

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

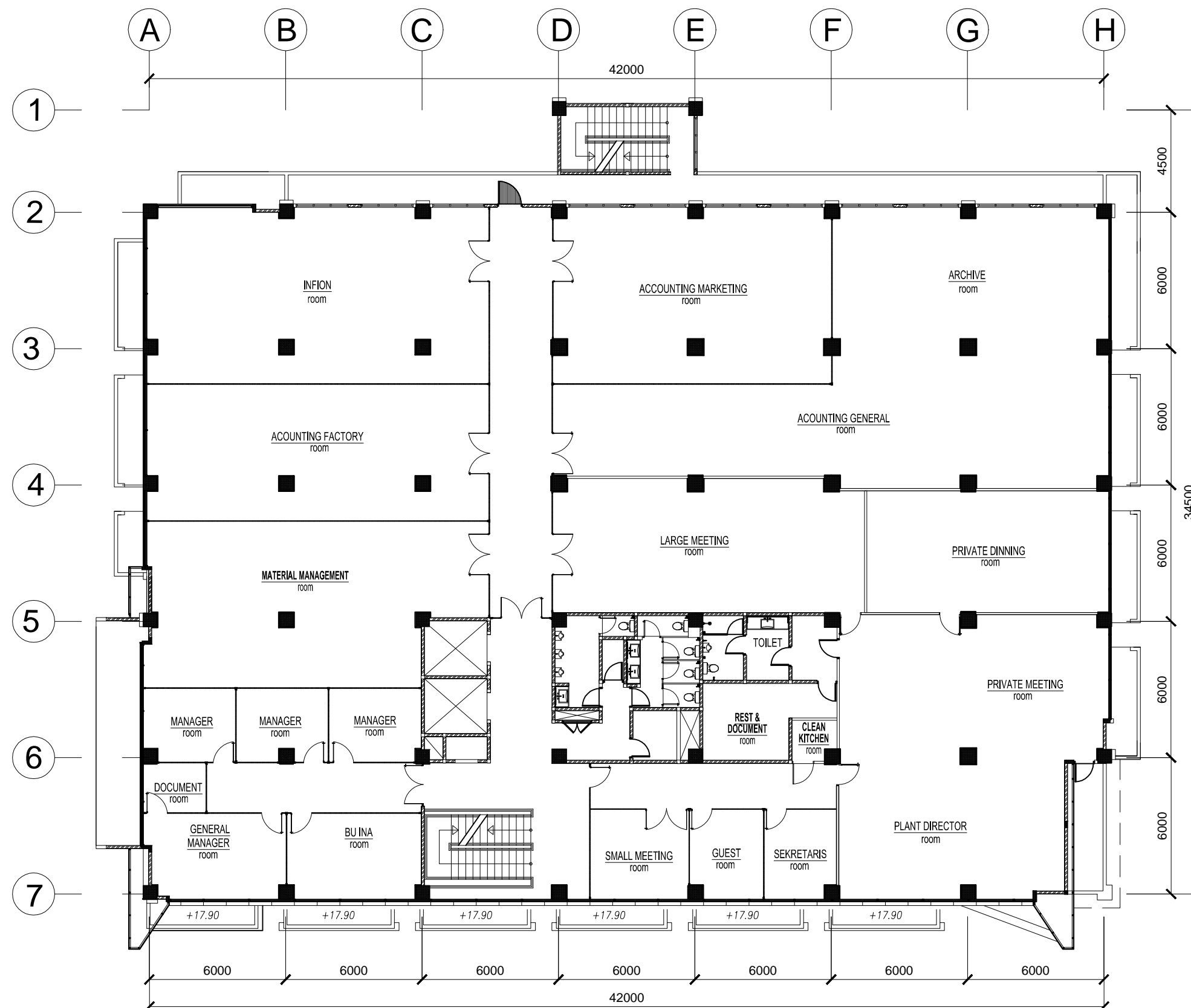
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

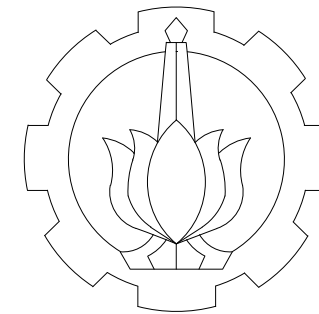
DENAH LANTAI 5
 Skala 1 : 200

CATATAN

NOMOR	JUMLAH
8	41



 **DENAH LANTAI 5**
 SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 6
 Skala 1 : 200

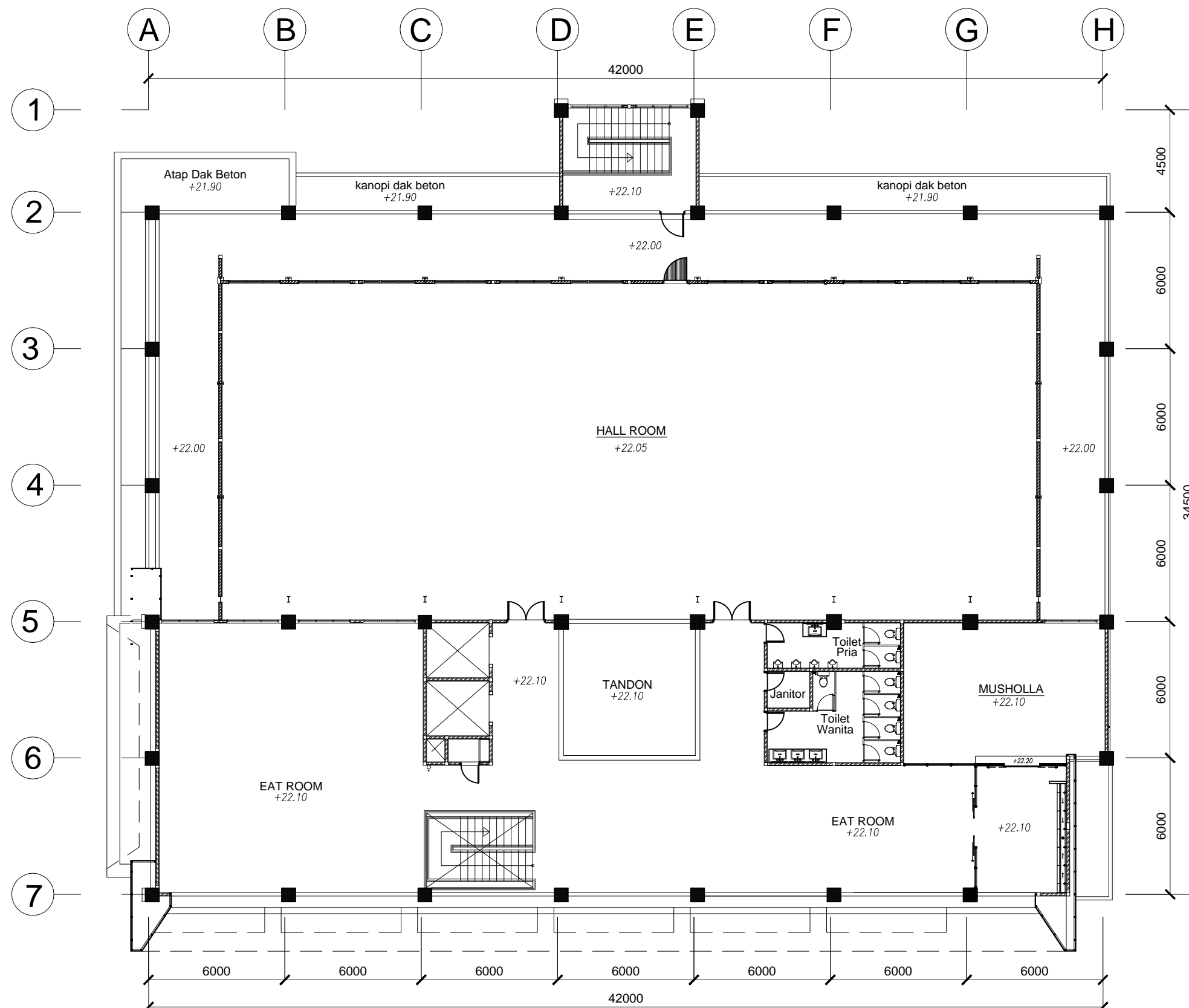
CATATAN

NOMOR

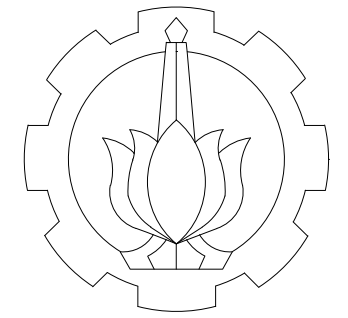
9

JUMLAH

41



 **DENAH LANTAI 6**
 SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 2
 Skala 1 : 200

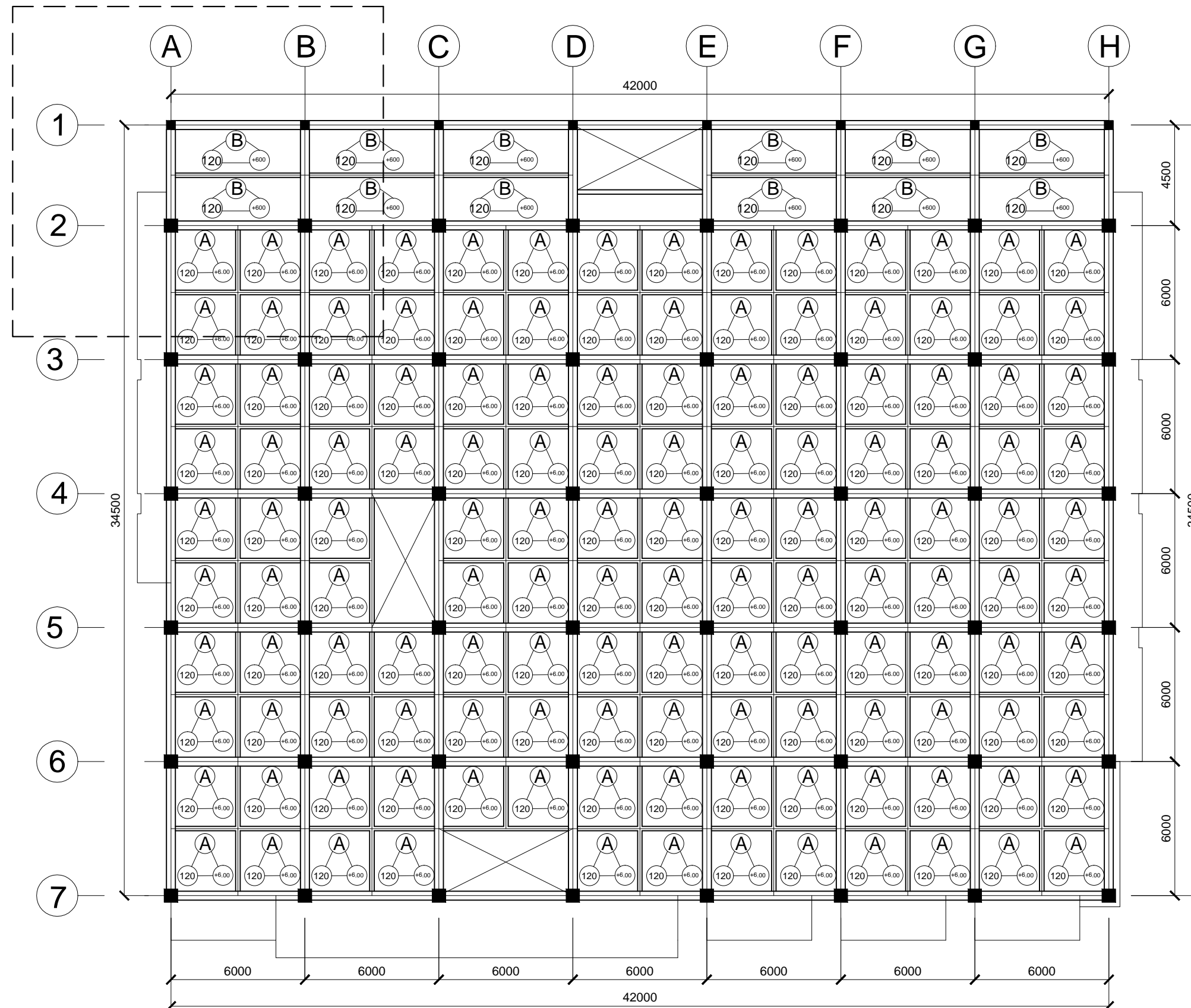
CATATAN

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

10

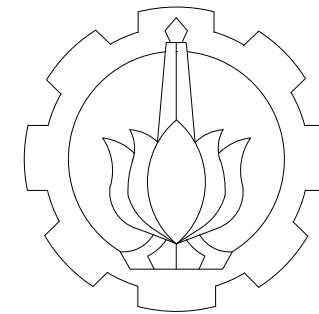
41

POTONGAN A-A



DENAH PELAT LT.2

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LT.2
Skala 1:20

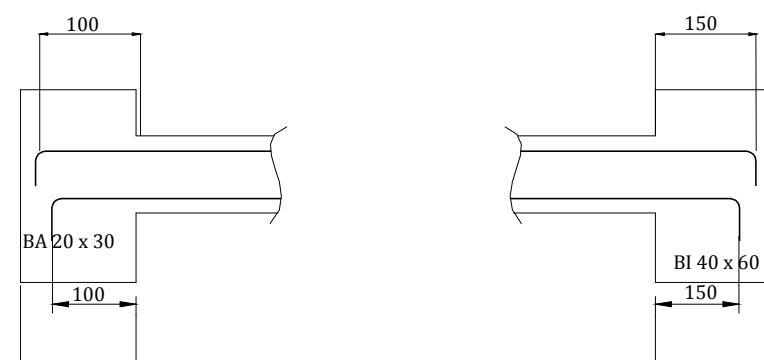
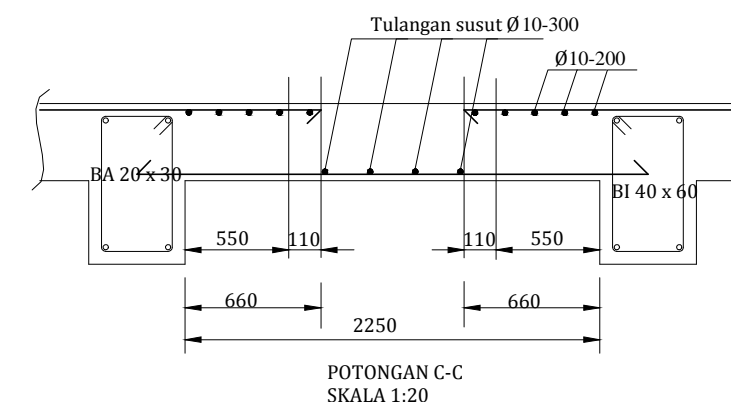
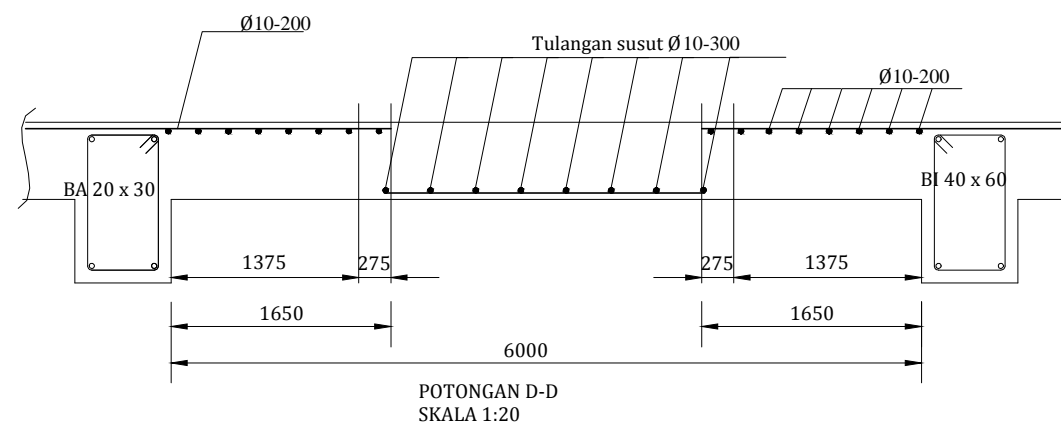
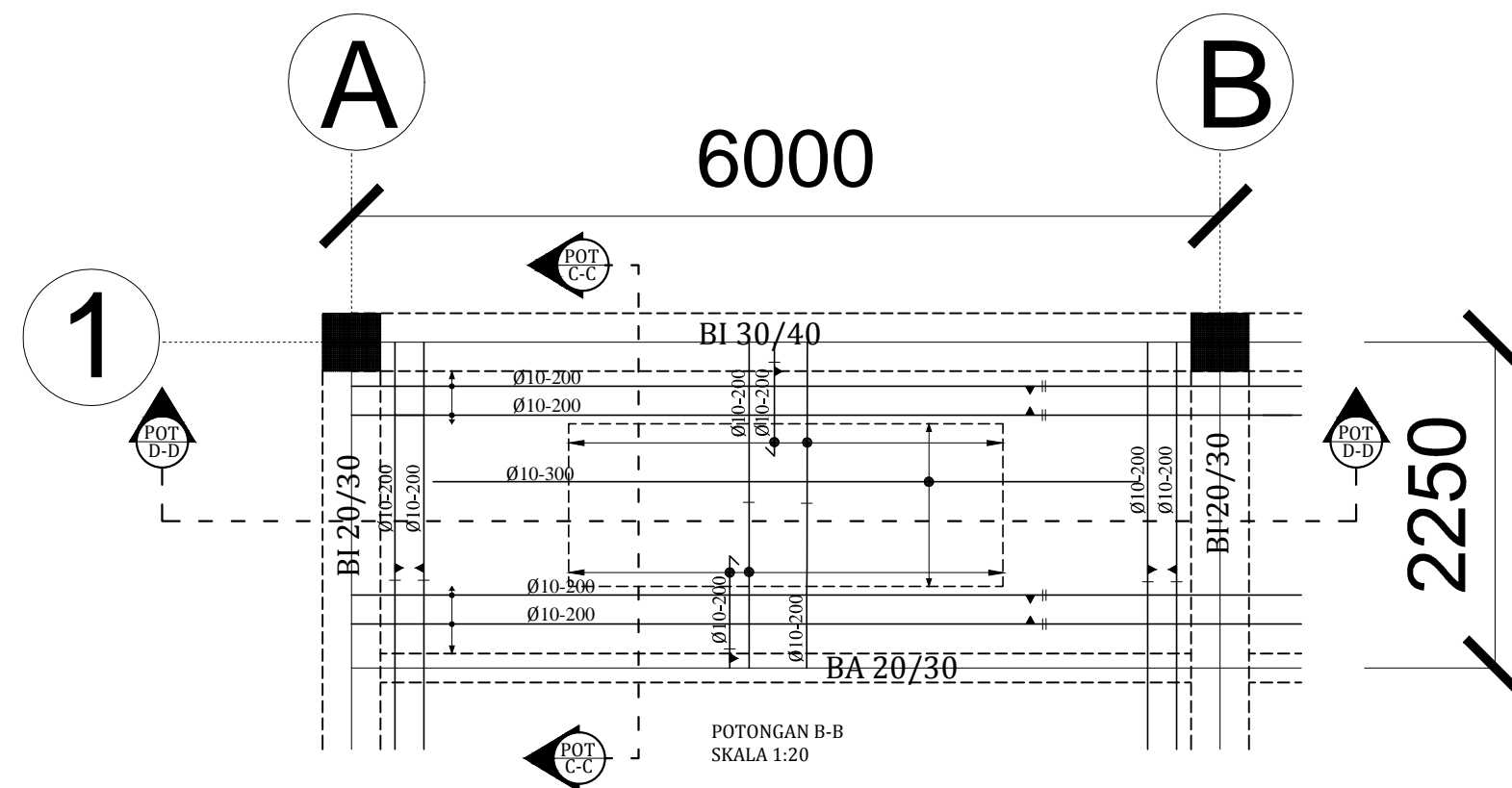
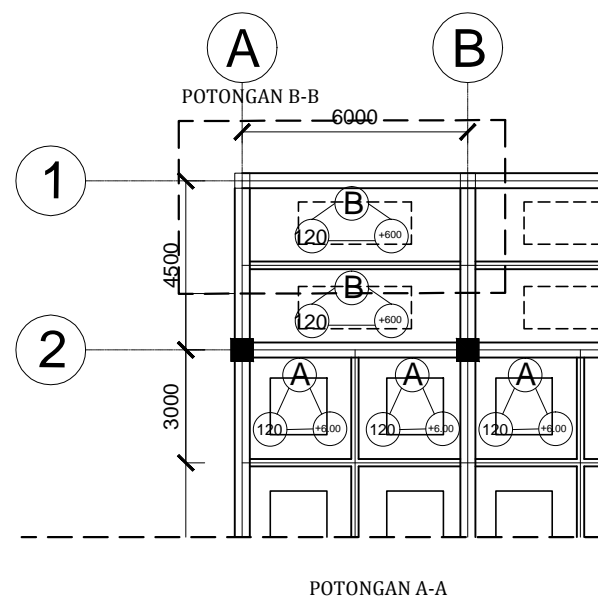
CATATAN

NOMOR

11

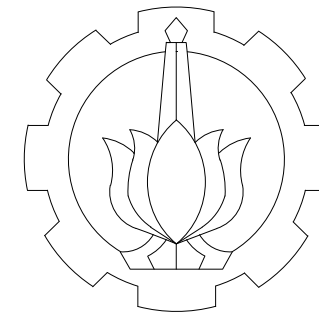
JUMLAH

41



KAIT PELAT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	10 mm	4 d_s = 4 x 10 = 40 mm	75 mm

PENULANGAN PELAT LT.2
SKALA 1:20



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LT.2
 Skala 1:20

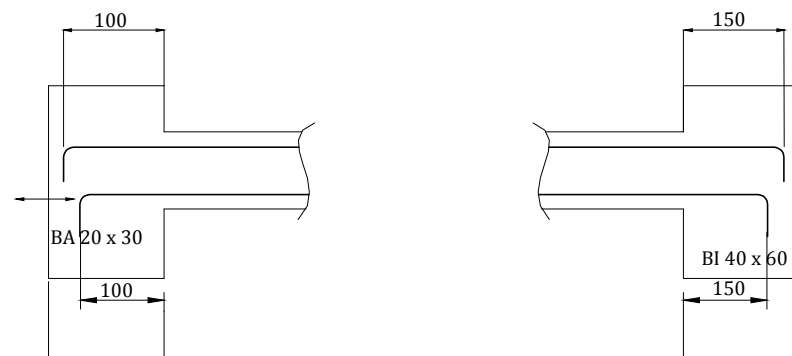
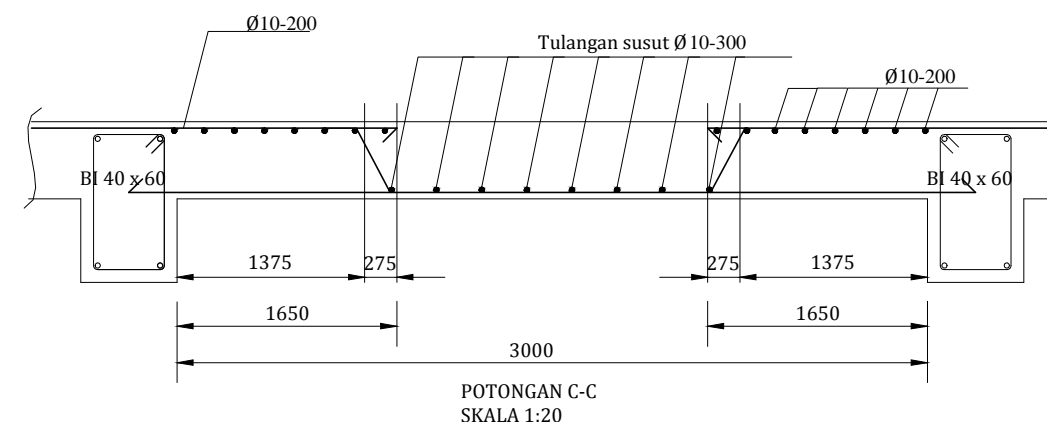
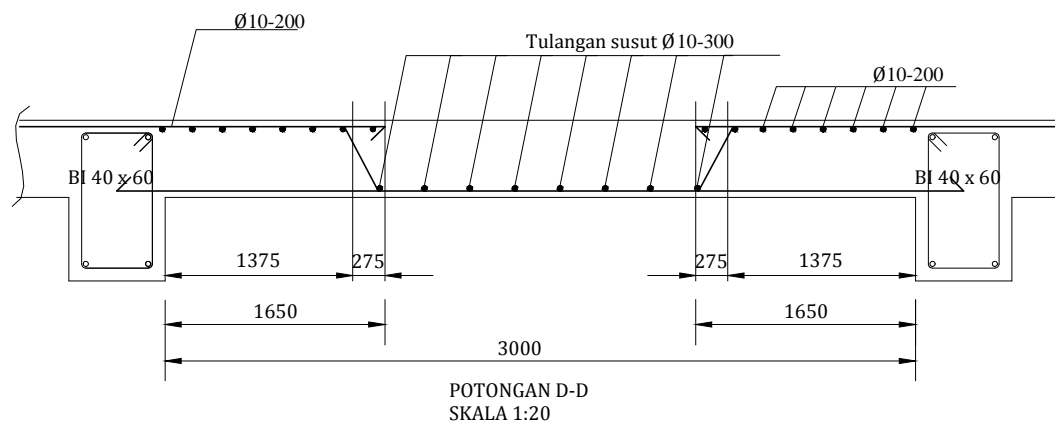
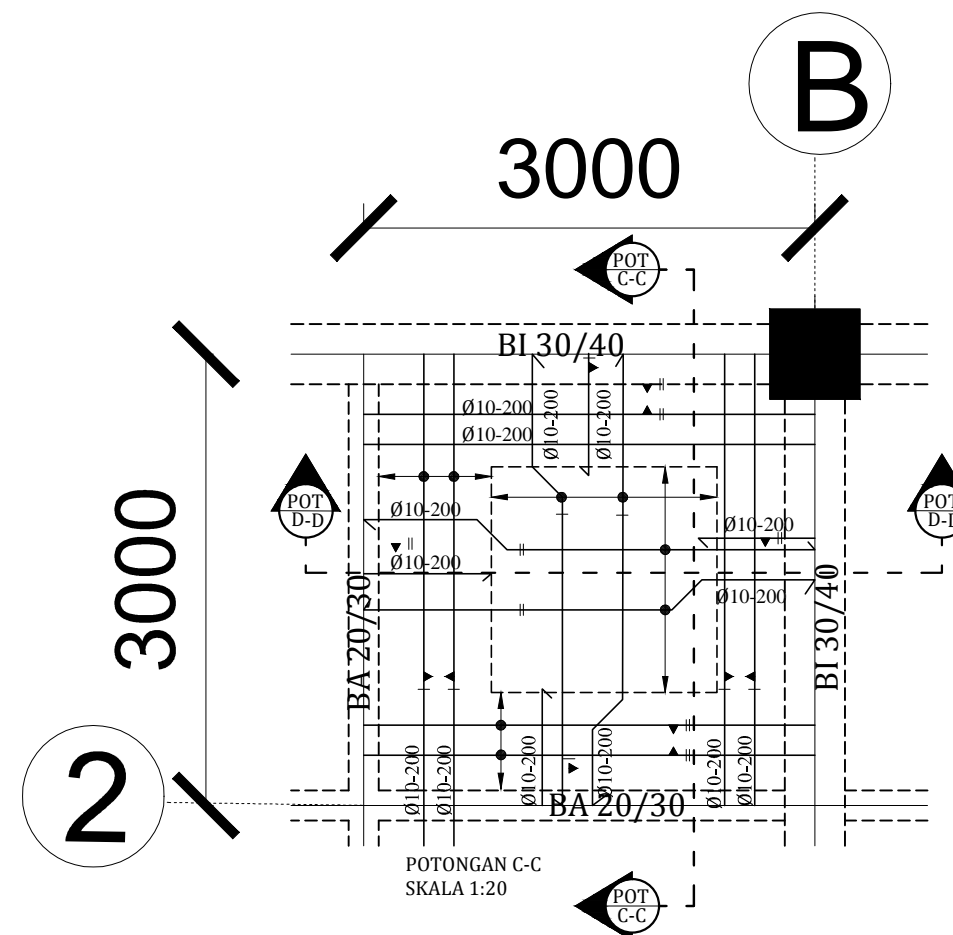
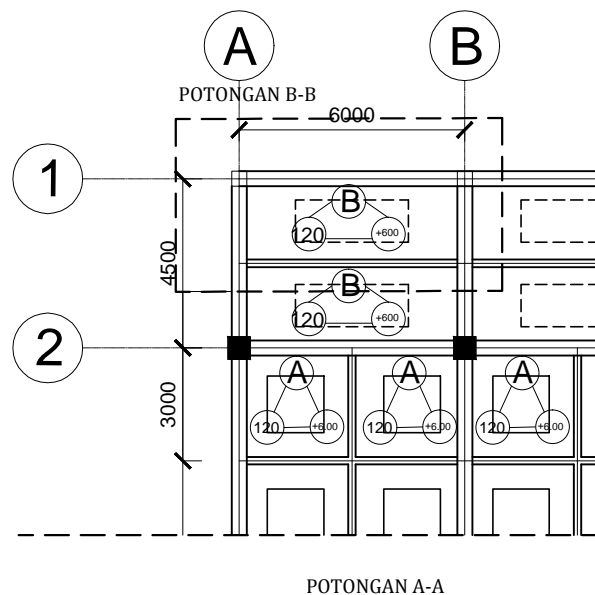
CATATAN

NOMOR

12

JUMLAH

41



PANJANG PENGAKHIRAN PENULANGAN PELAT

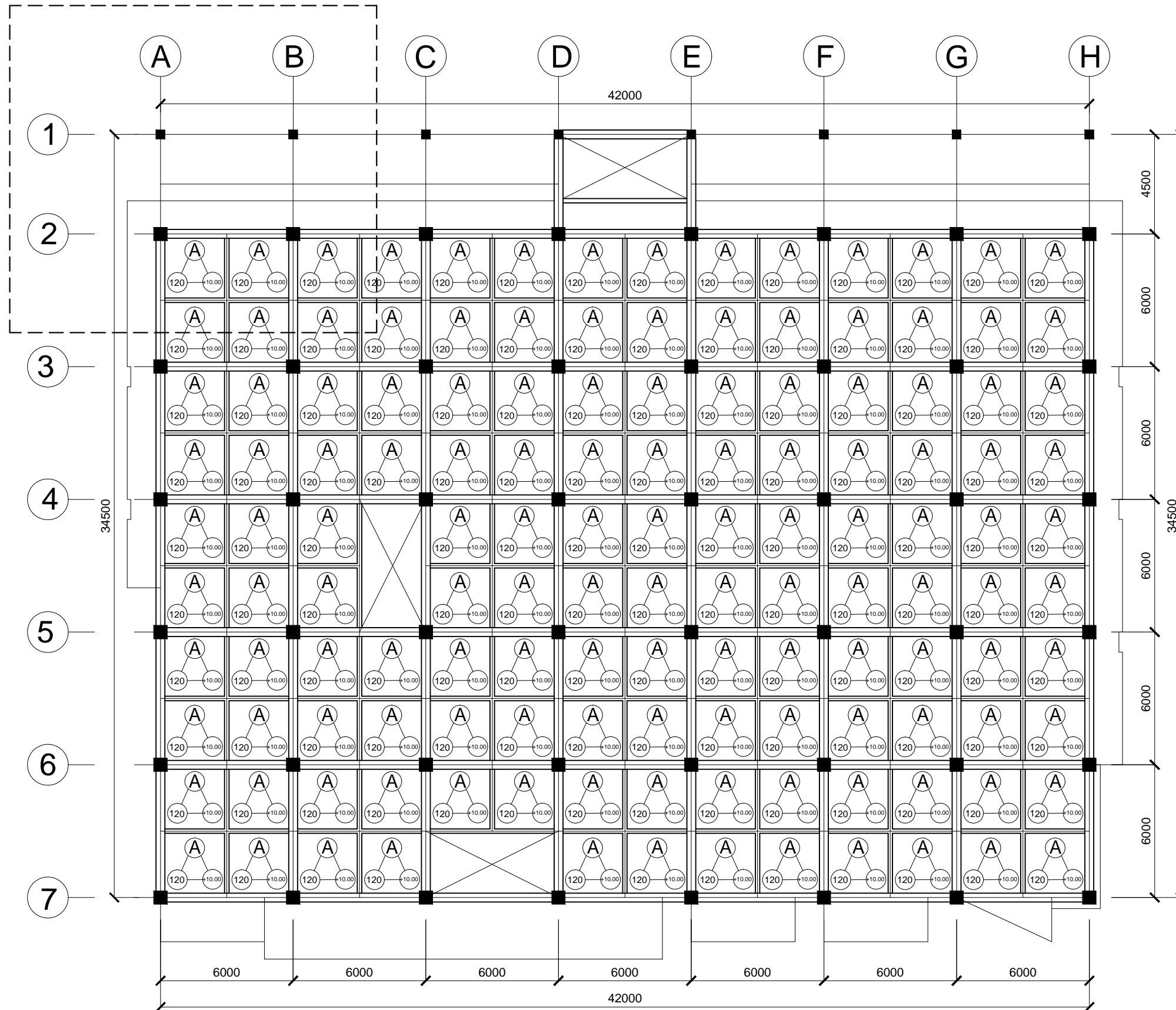
KAIT PELAT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	10 mm	4 d_s = 4 x 10 = 40 mm	75 mm



PENULANGAN PELAT LT.2

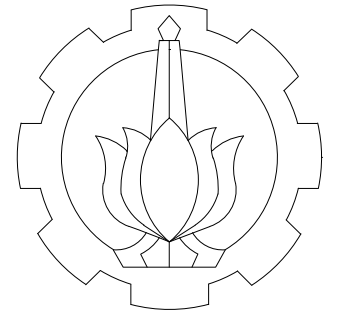
SKALA 1:20

POTONGAN A-A



DENAH PELAT LT.3,4,5 (Typical)

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT.3,4,5 (Typical)
Skala 1:200

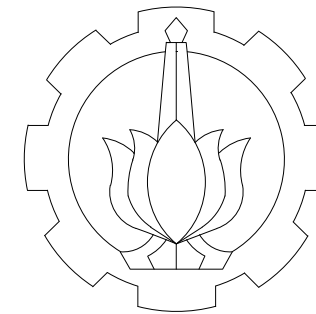
CATATAN

NOMOR

JUMLAH

13

41



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT 3X3 m
Skala NTS

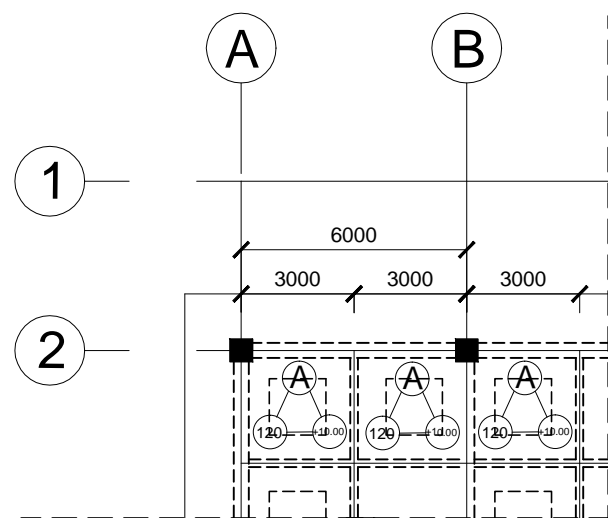
CATATAN

NOMOR

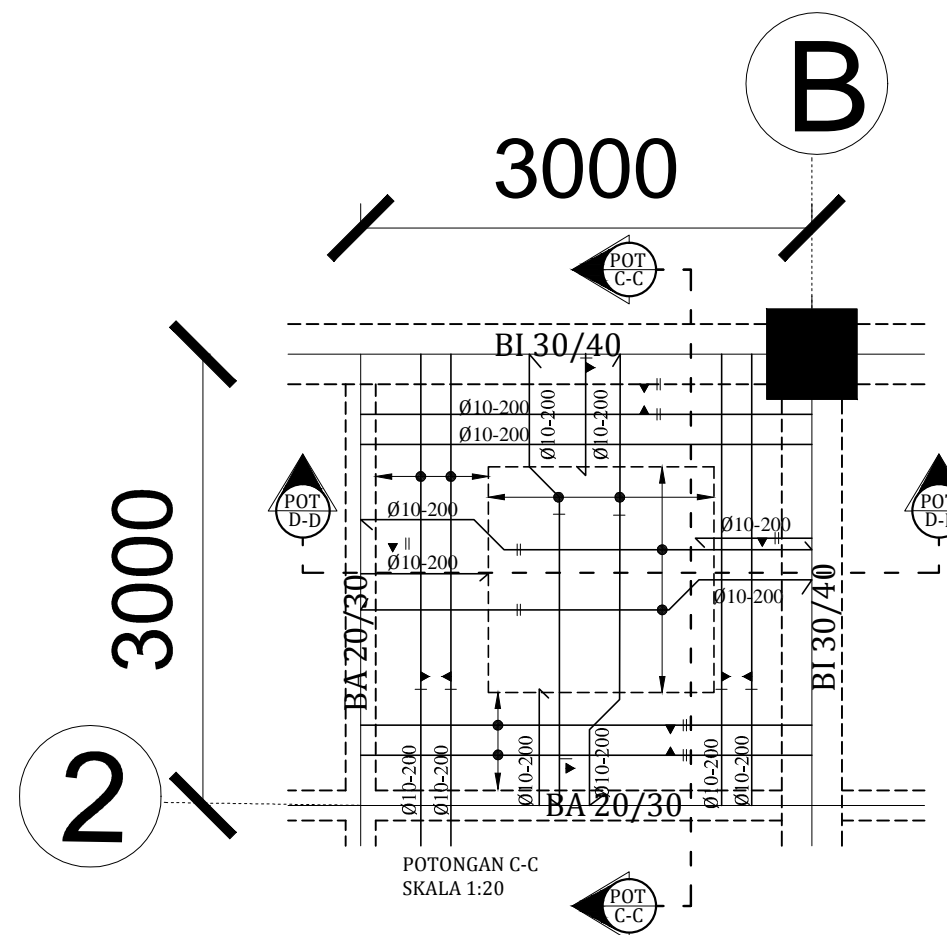
14

JUMLAH

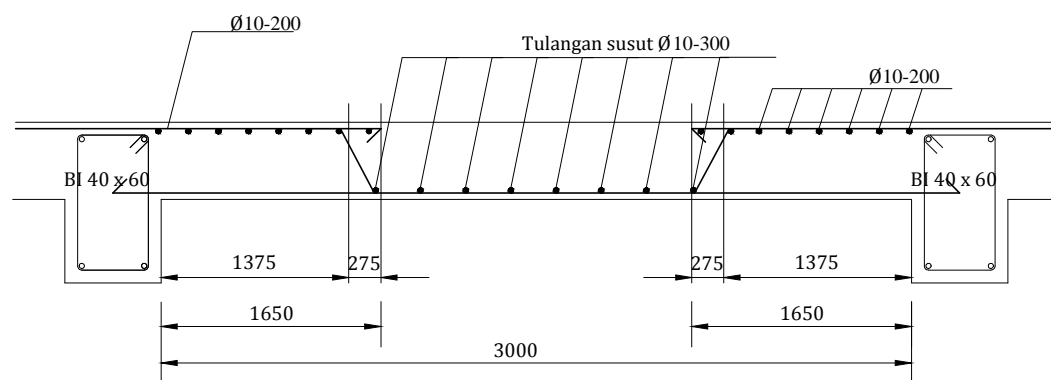
41



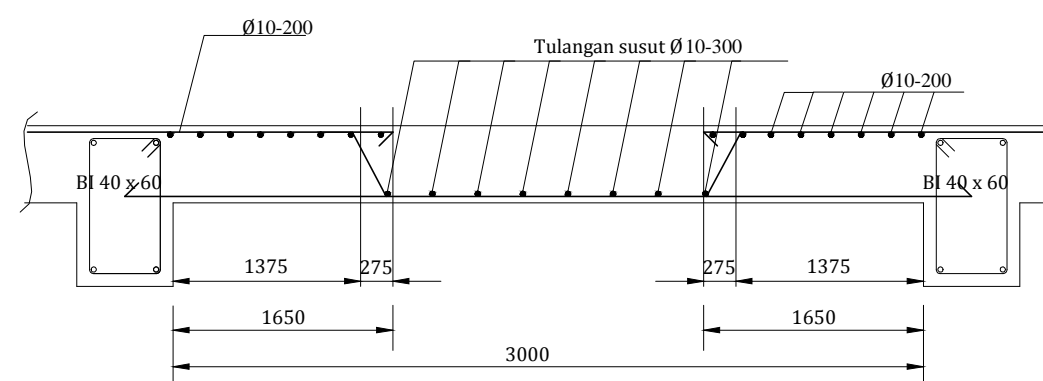
POTONGAN A-A



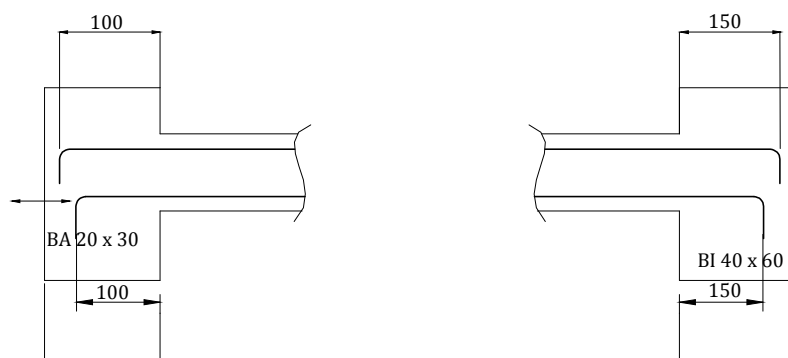
POTONGAN C-C
SKALA 1:20



POTONGAN D-D
SKALA 1:20



POTONGAN C-C
SKALA 1:20



PANJANG PENGAKHIRAN PENULANGAN PELAT

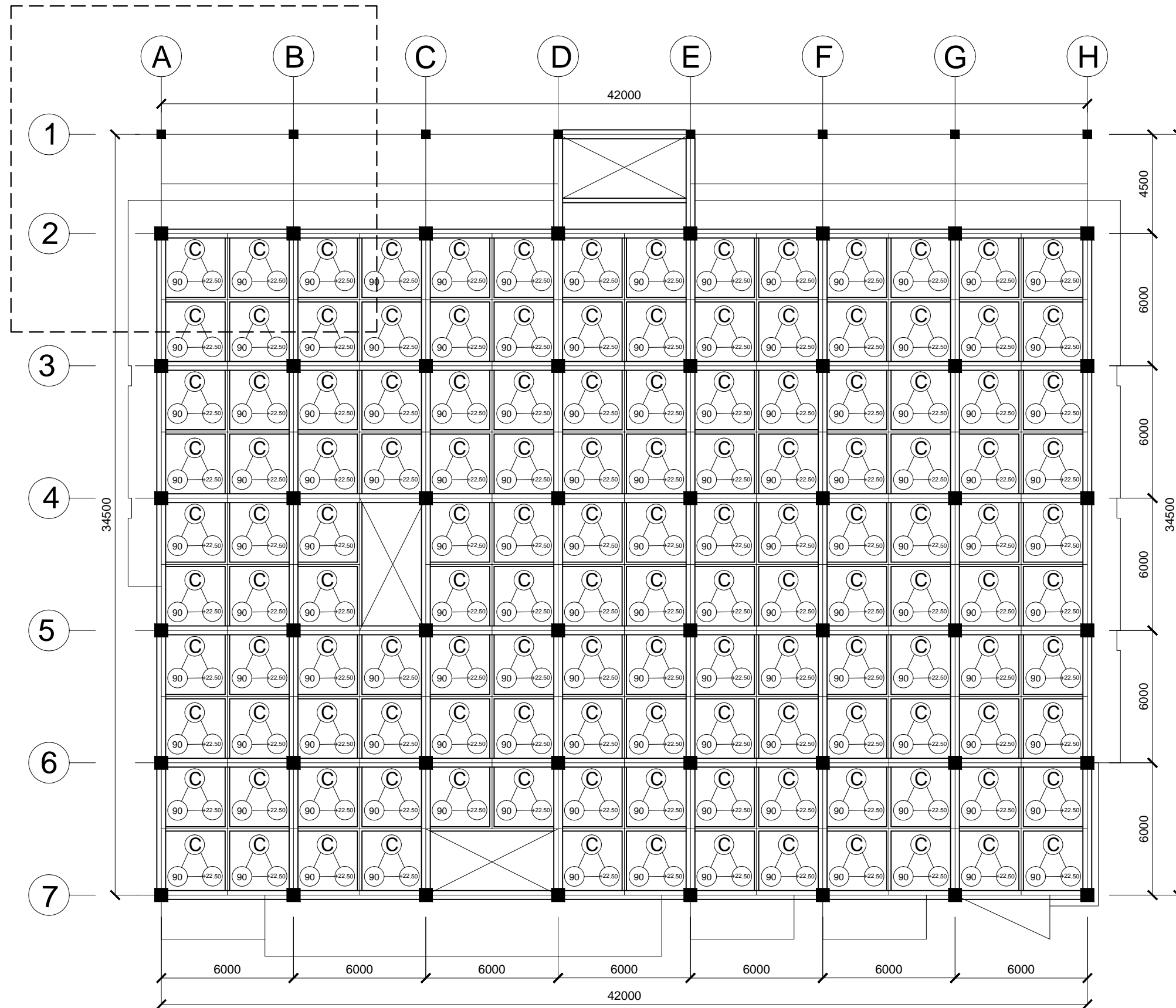
KAIT PELAT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	10 mm	4 d_s = 4 x 10 = 40 mm	75 mm



PENULANGAN PELAT LT.3,4,5 (Typical)

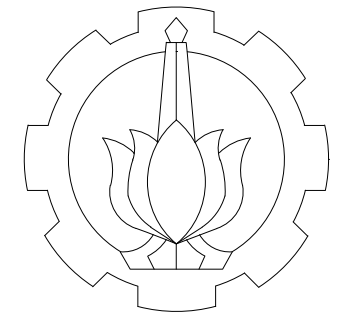
SKALA NTS

POTONGAN A-A



DENAH PELAT LT. ATAP

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LT. ATAP
Skala 1:200

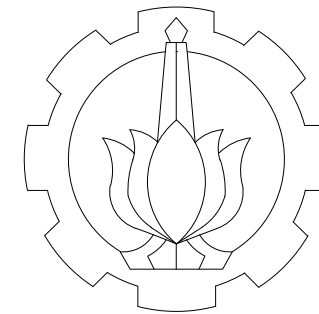
CATATAN

NOMOR

JUMLAH

15

41



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT 3X3 m
Skala NTS

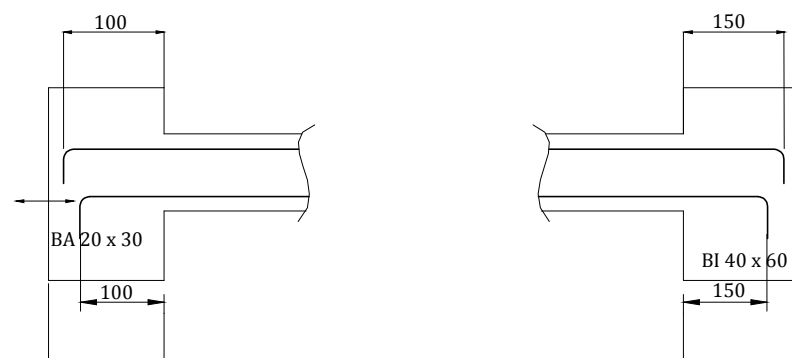
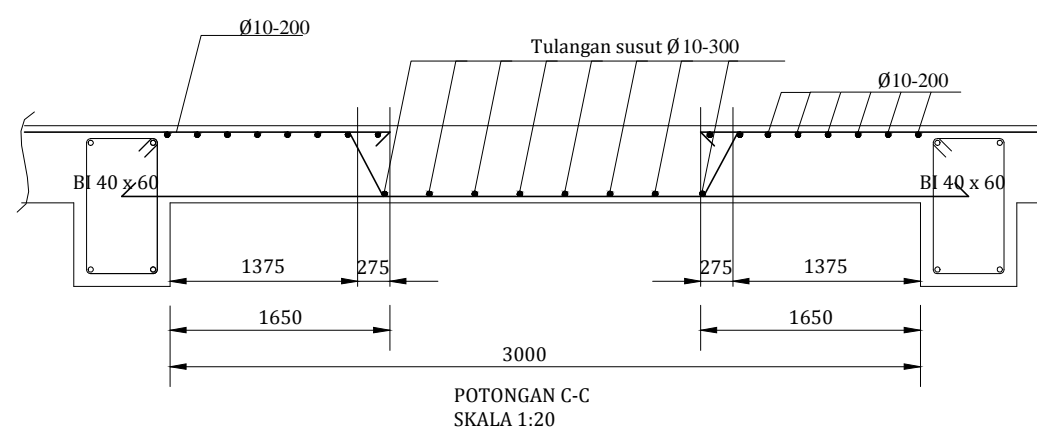
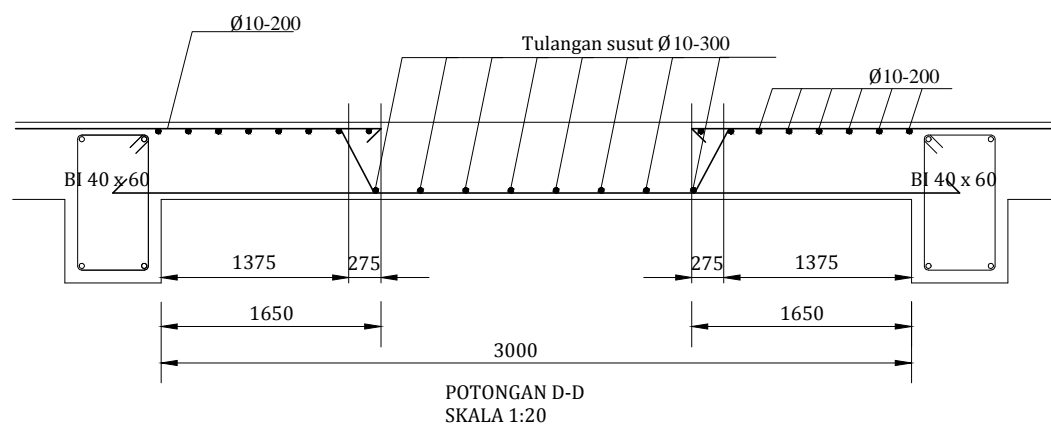
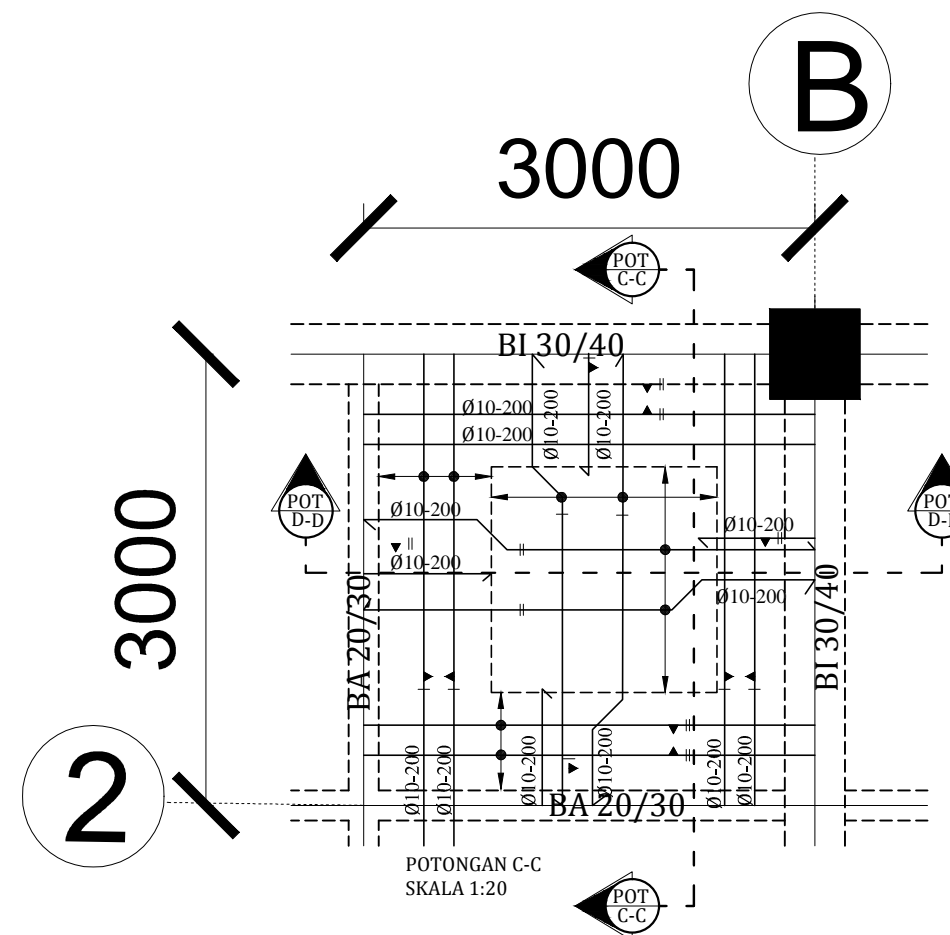
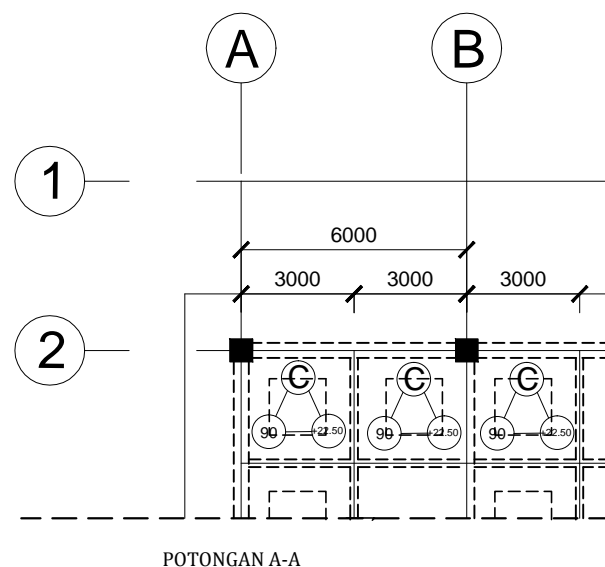
CATATAN

NOMOR

16

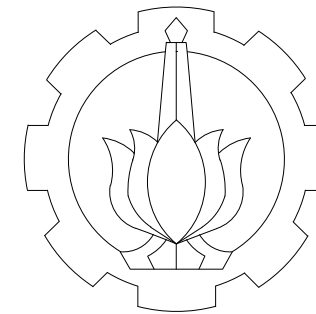
JUMLAH

41



KAIT PELAT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	10 mm	4 d_s = 4 x 10 = 40 mm	75 mm

PENULANGAN PELAT LT. Atap
SKALA NTS



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA 6 m
 Skala 1:20

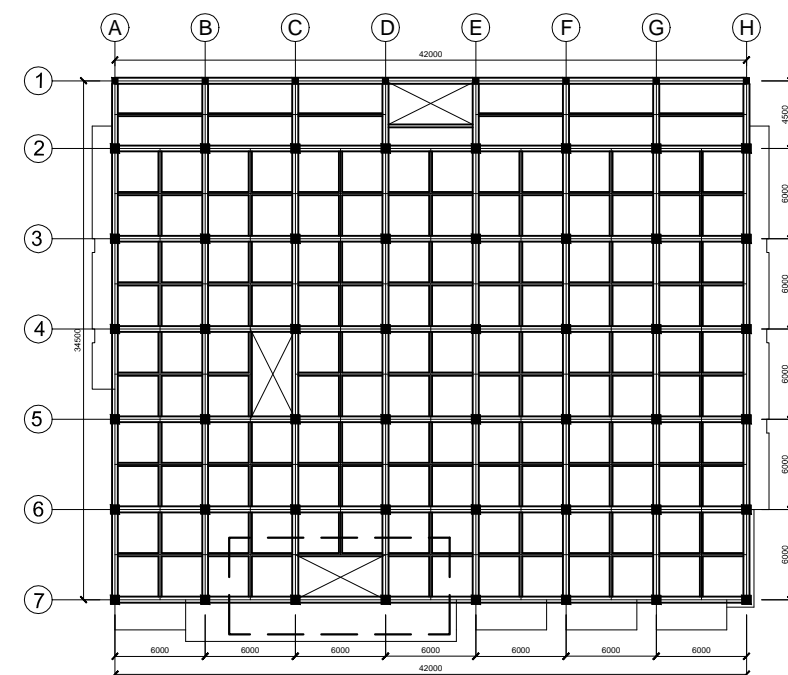
CATATAN

NOMOR

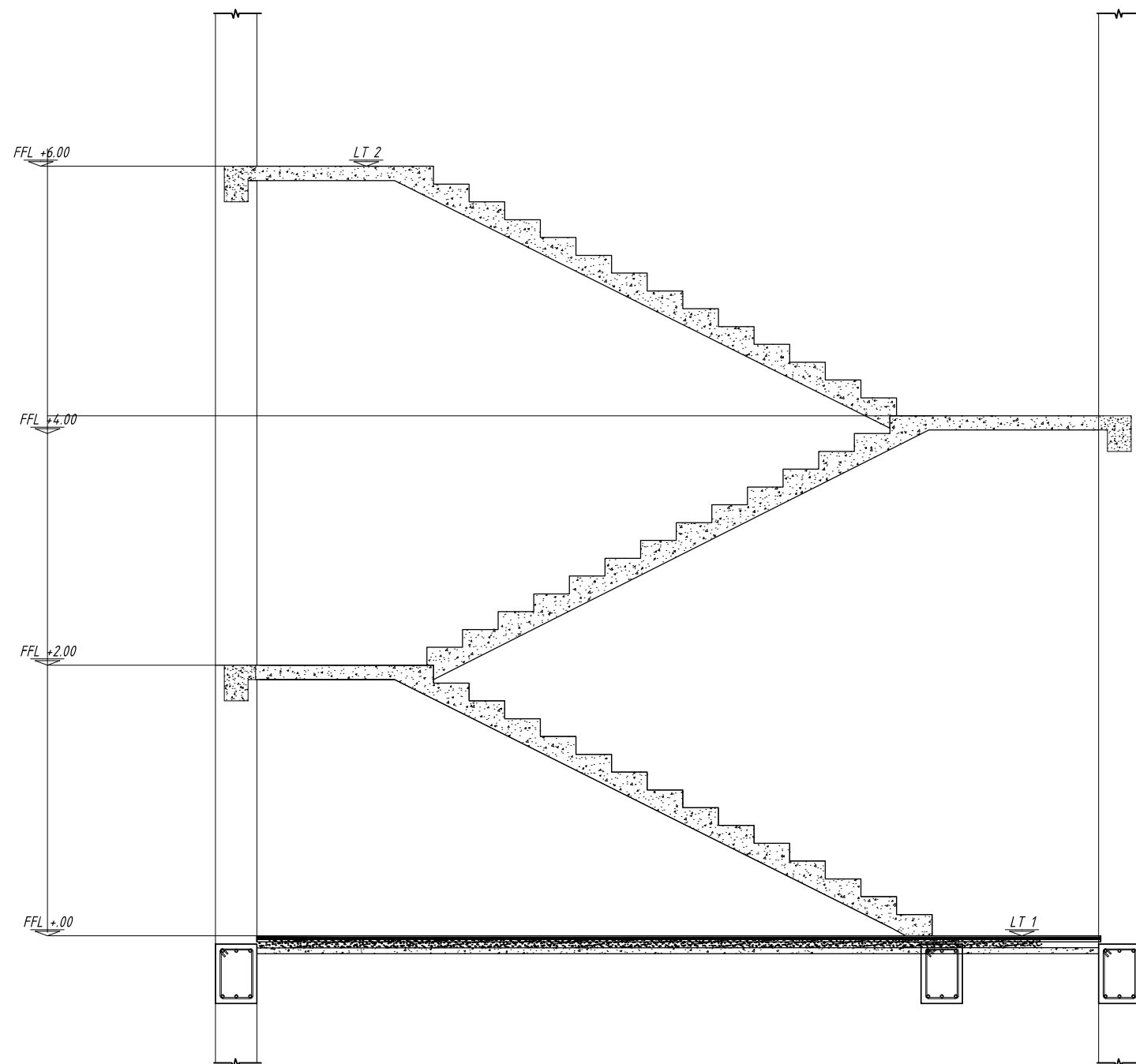
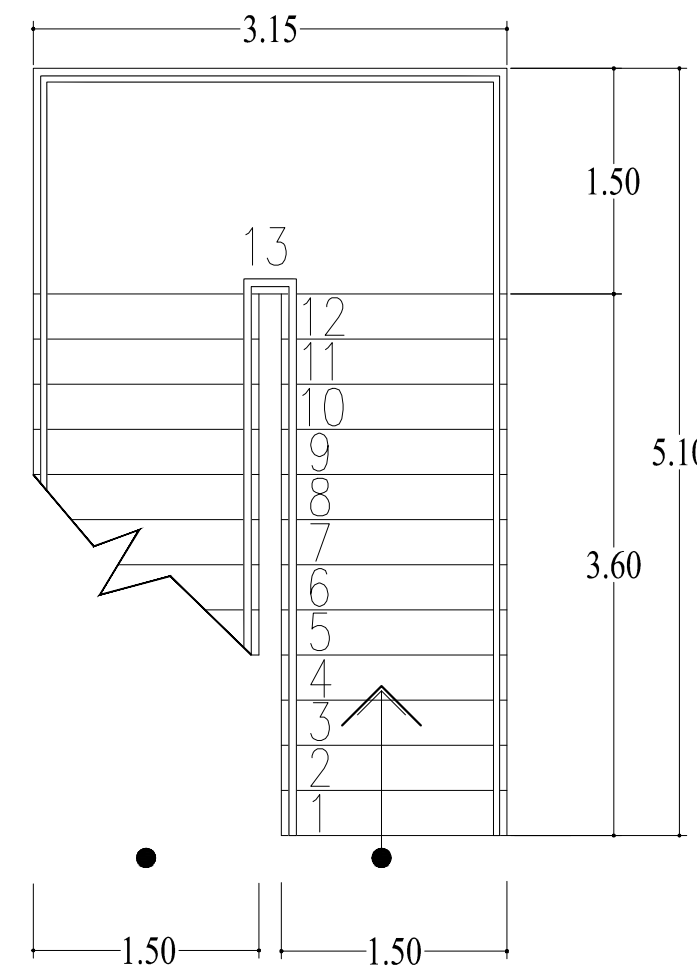
17

JUMLAH

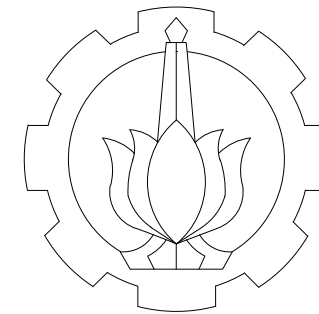
41



TANGGA YANG DITINJAU



 **DENAH TANGGA 6 m**
 SKALA 1:20



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

POTONGAN TANGGA 6 m
 Skala 1:20

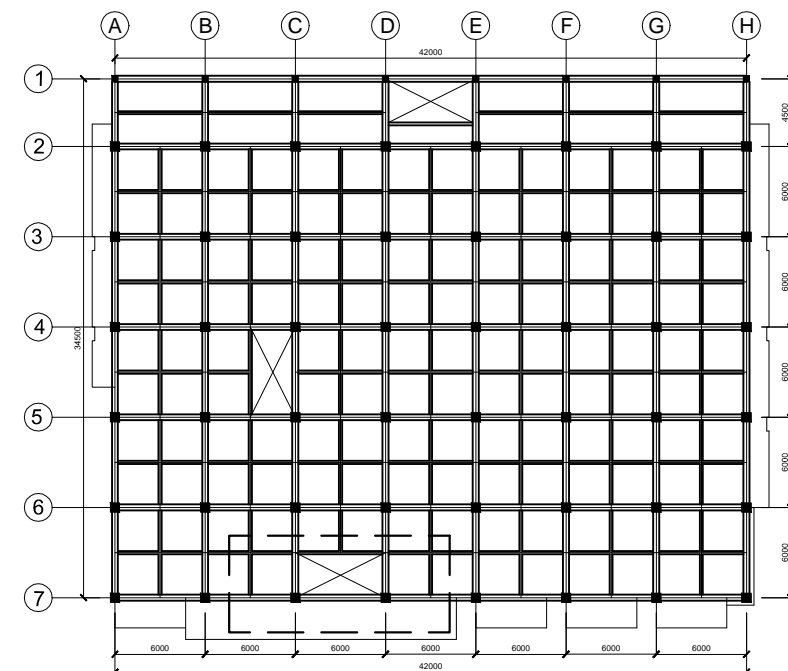
CATATAN

NOMOR

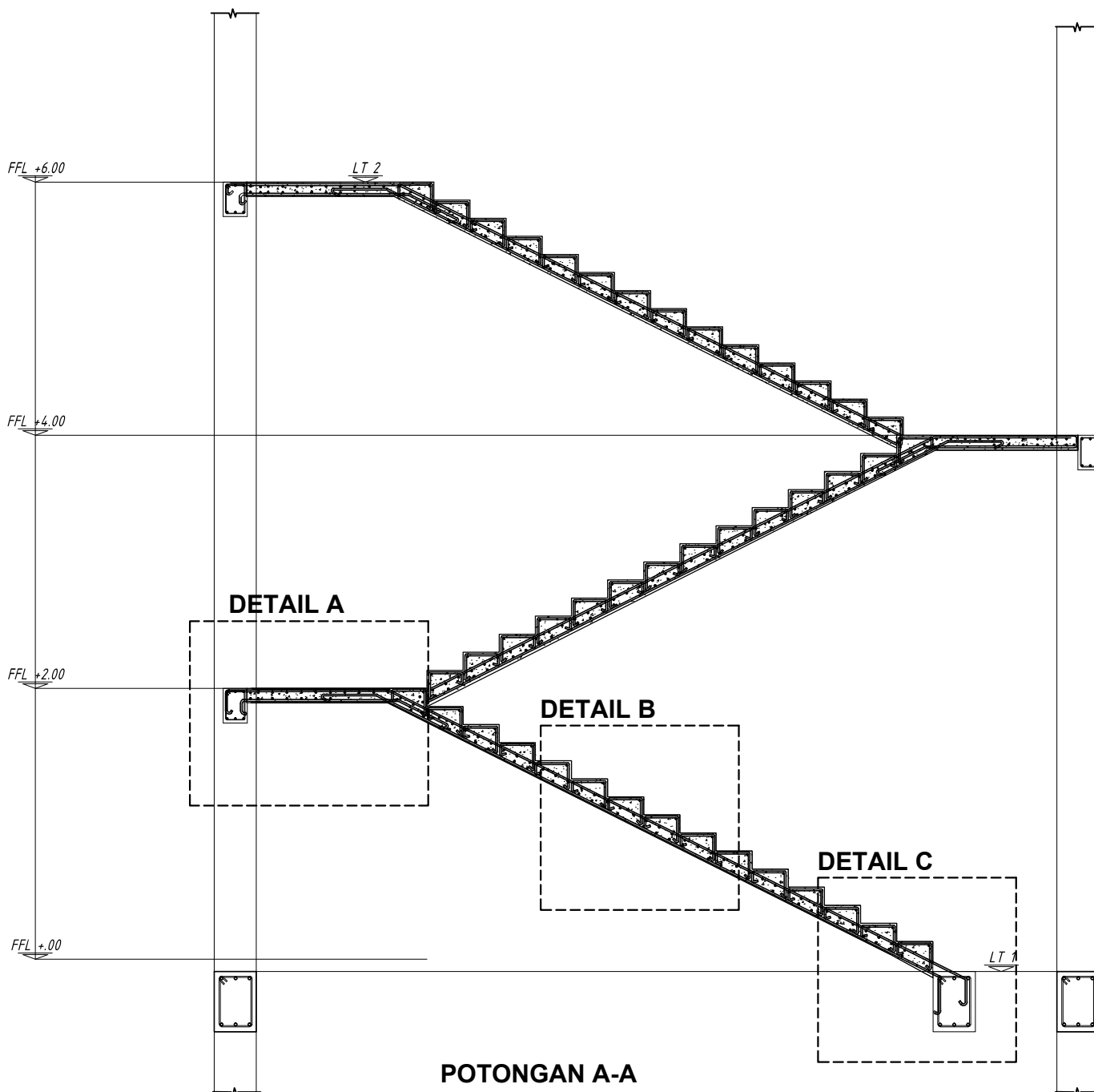
18

JUMLAH

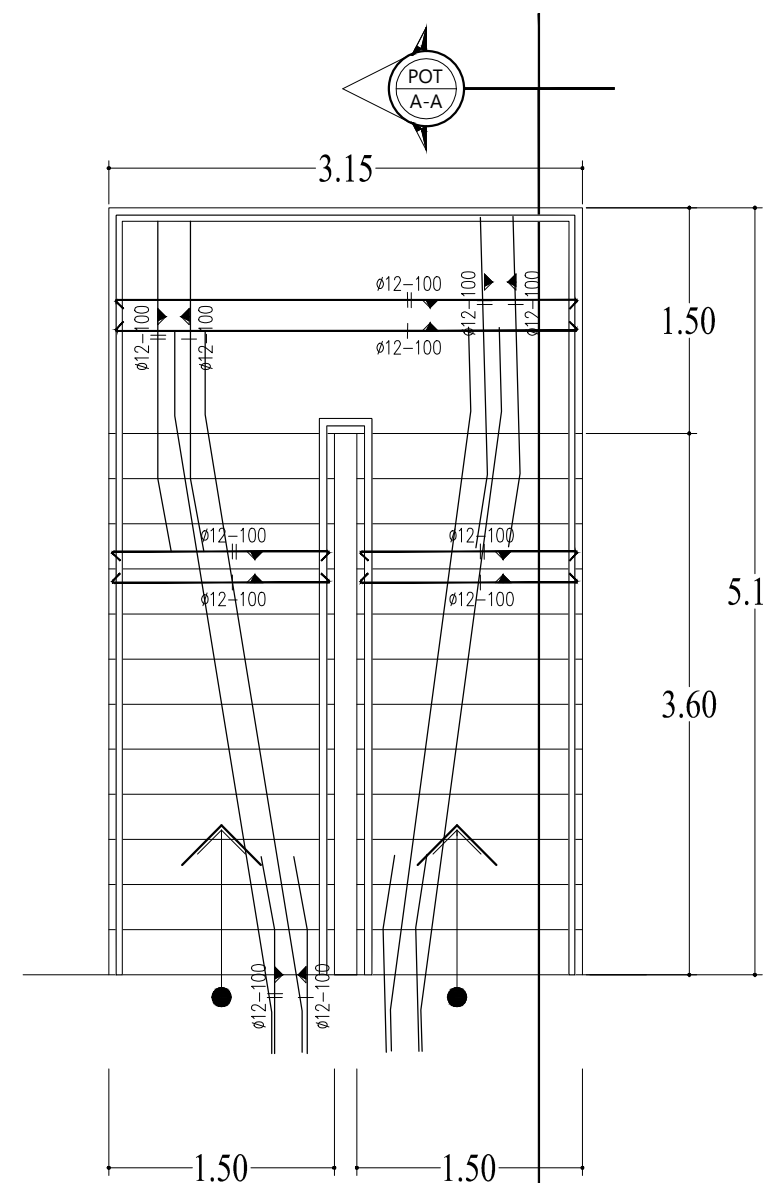
41



TANGGA YANG DITINJAU

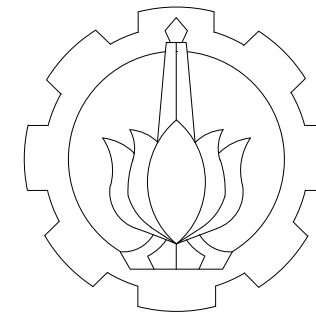


POTONGAN A-A



POTONGAN TANGGA 6 m

1:20



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

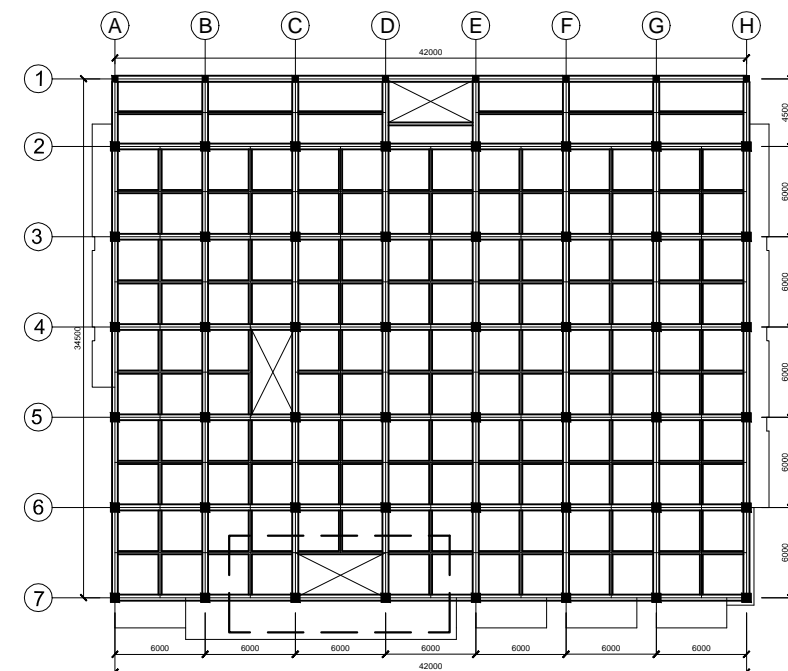
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

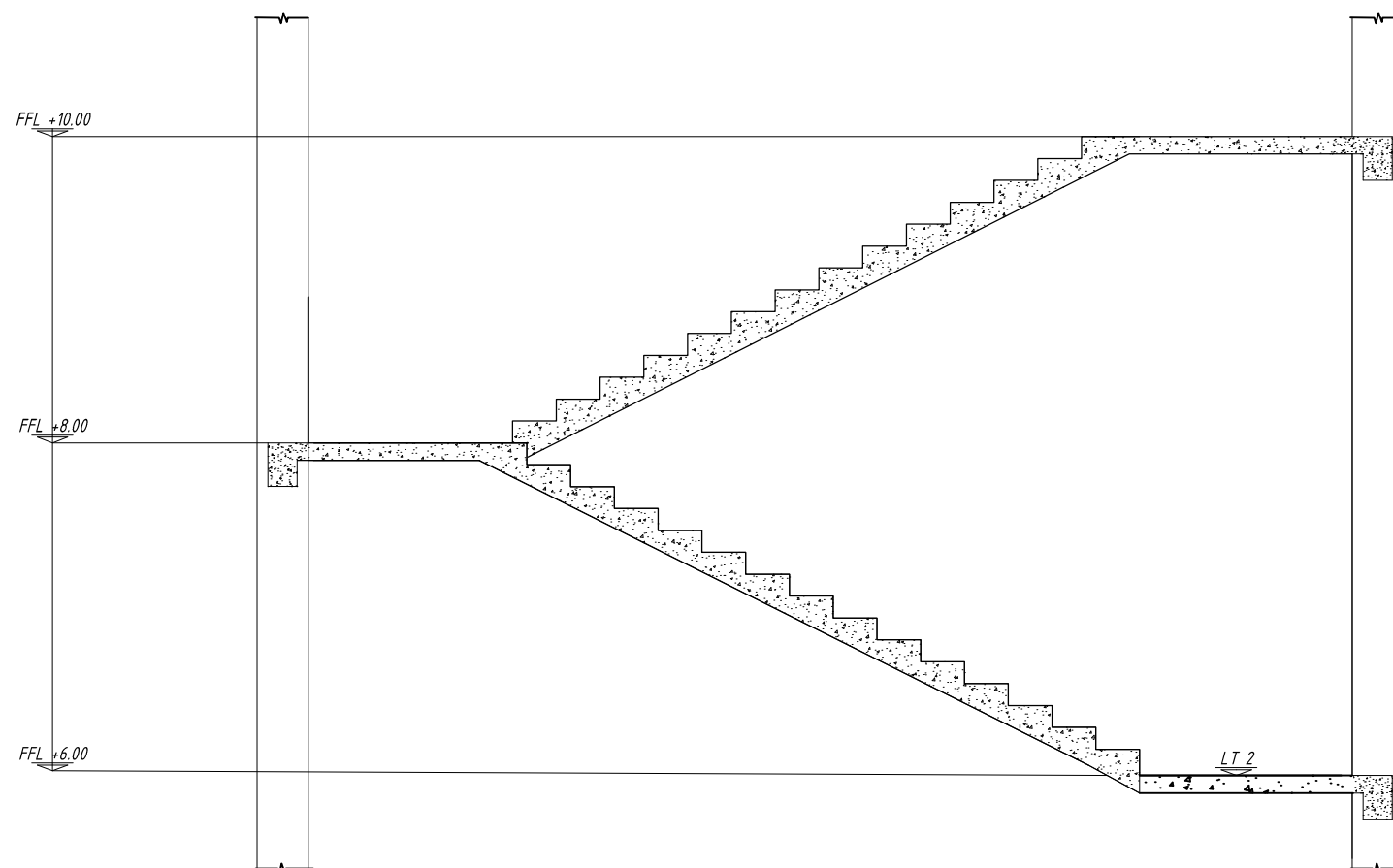
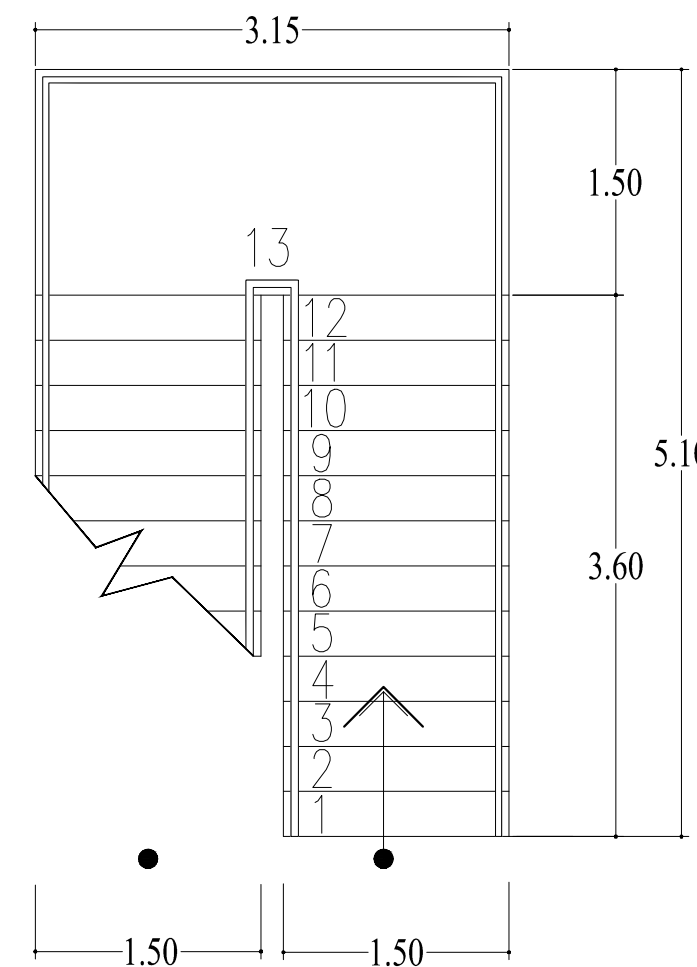
DENAH TANGGA 4 m
 Skala 1:20

CATATAN

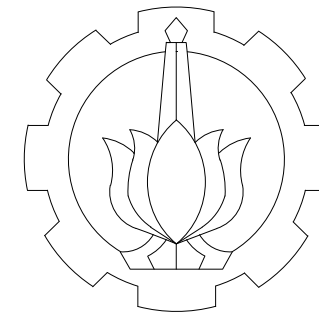
NOMOR	JUMLAH
20	41



TANGGA YANG DITINJAU



 **DENAH TANGGA 4 m**
 SKALA 1:20



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

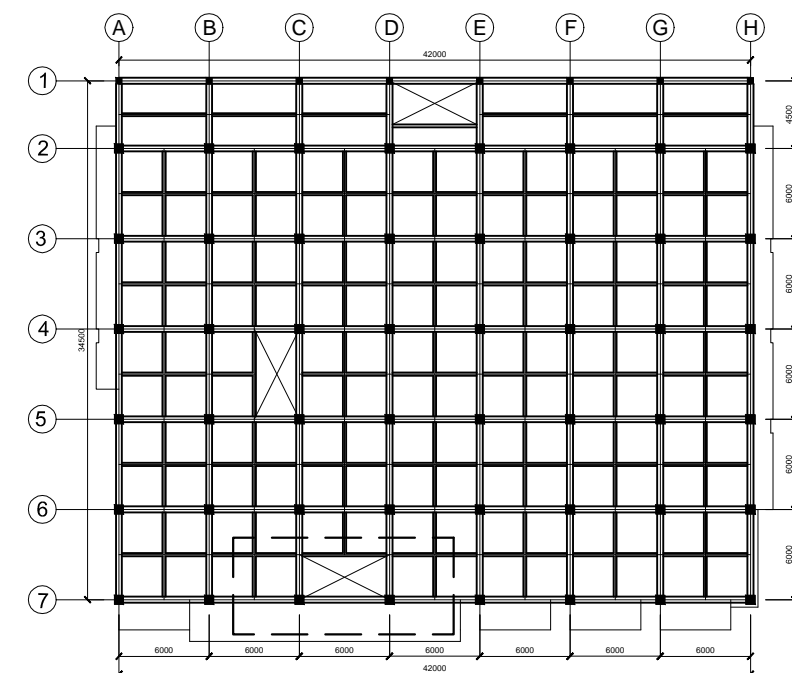
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

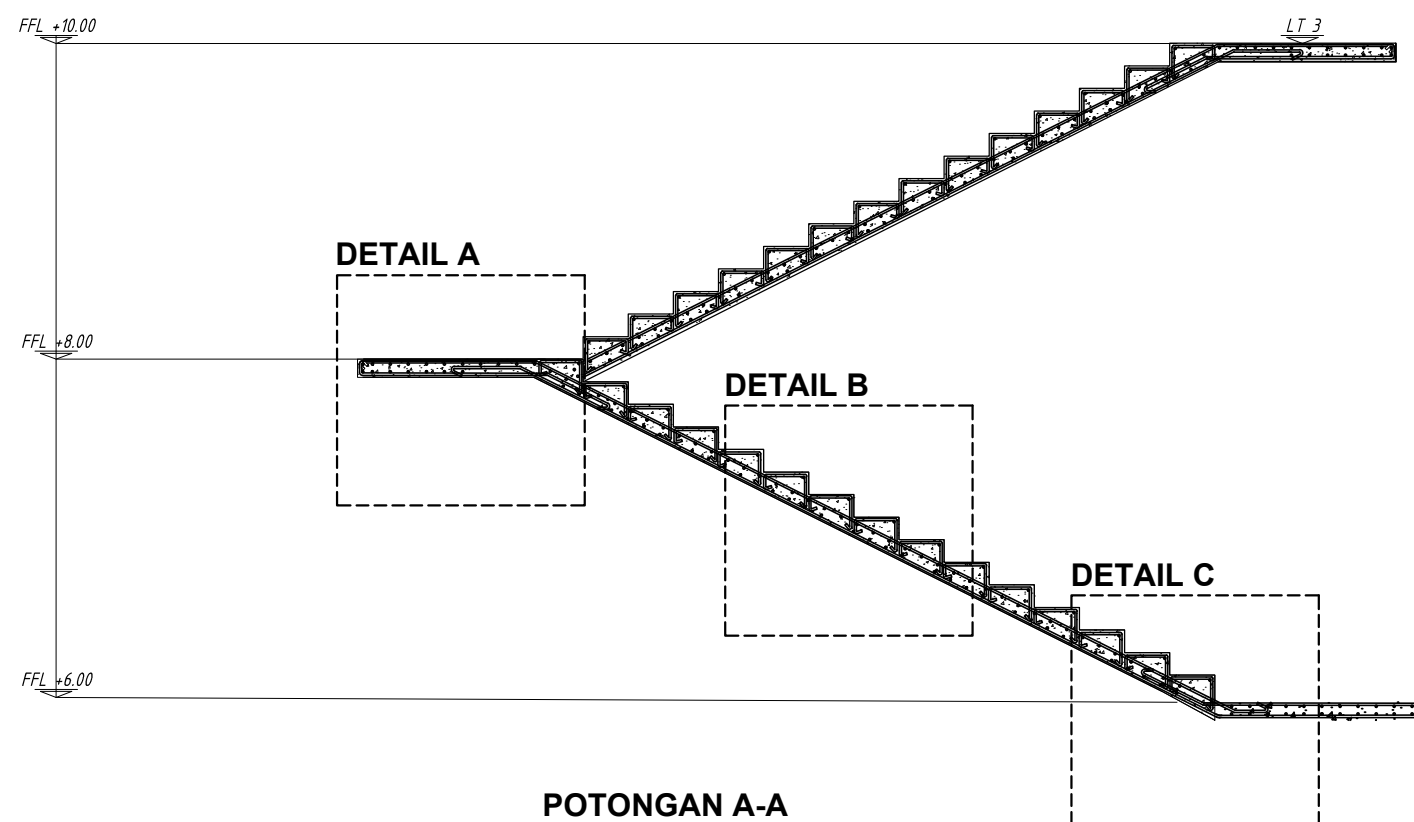
DENAH TANGGA 6 m
 Skala 1:20

CATATAN

NOMOR	JUMLAH
21	41



TANGGA YANG DITINJAU

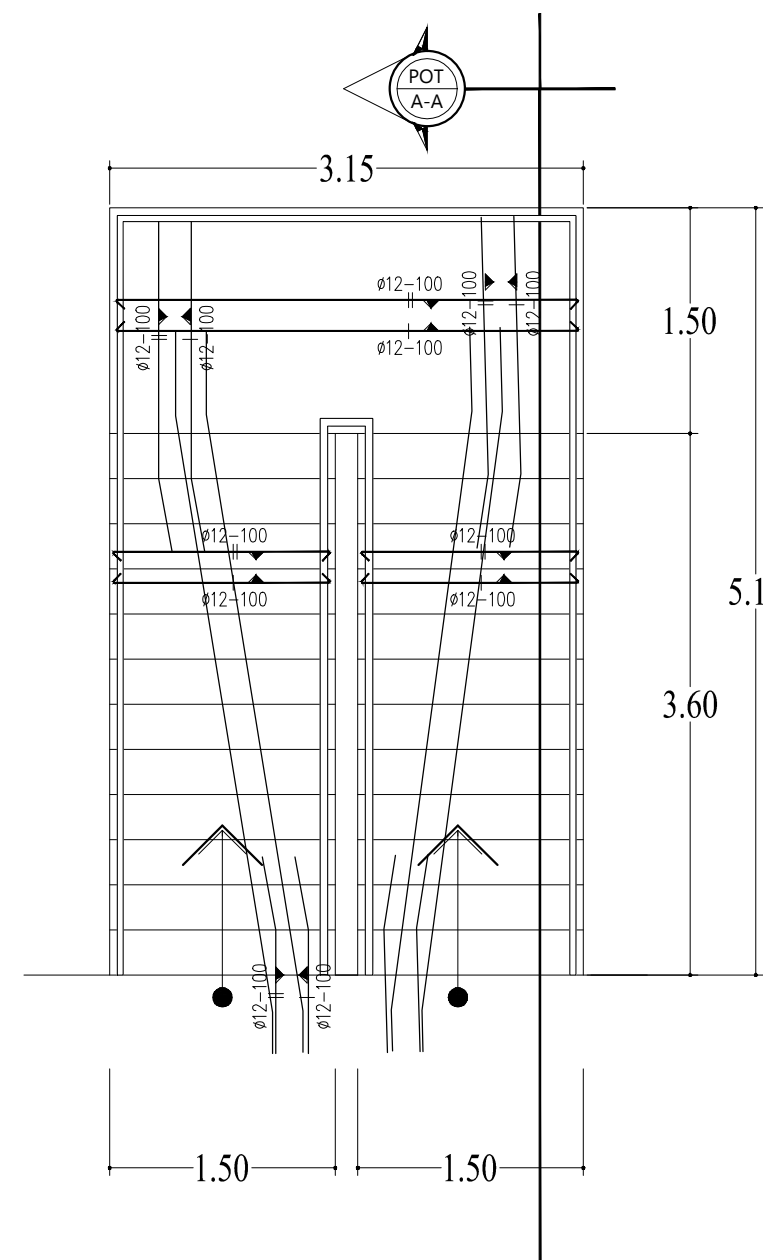


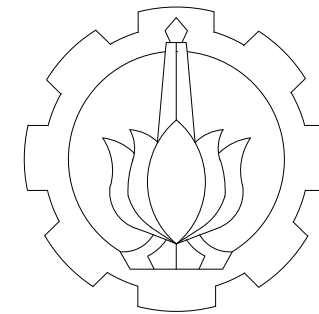
POTONGAN A-A



POTONGANTANGGA 4 m

SKALA 1:20





DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DETAIL TULANGAN TANGGA
Skala 1:10

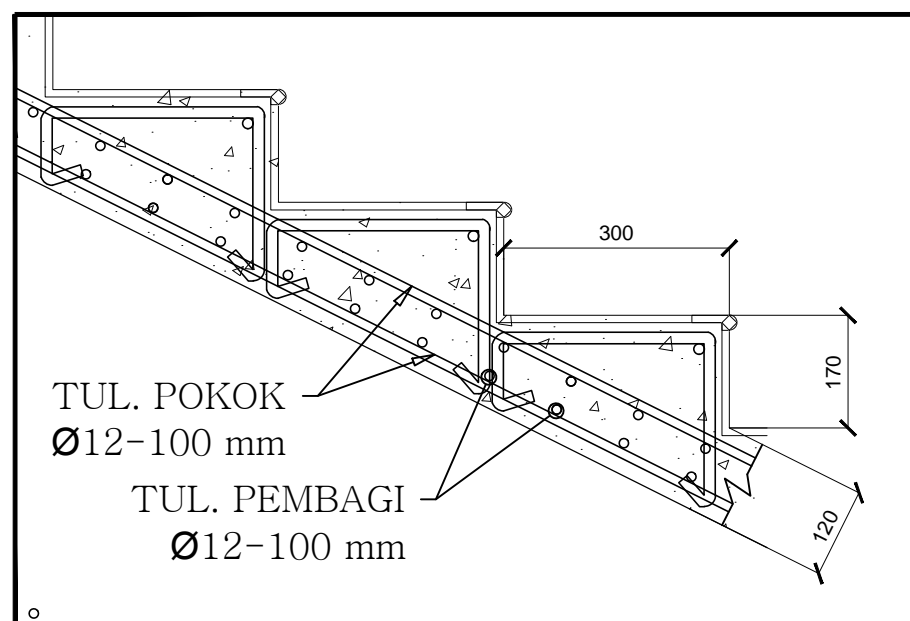
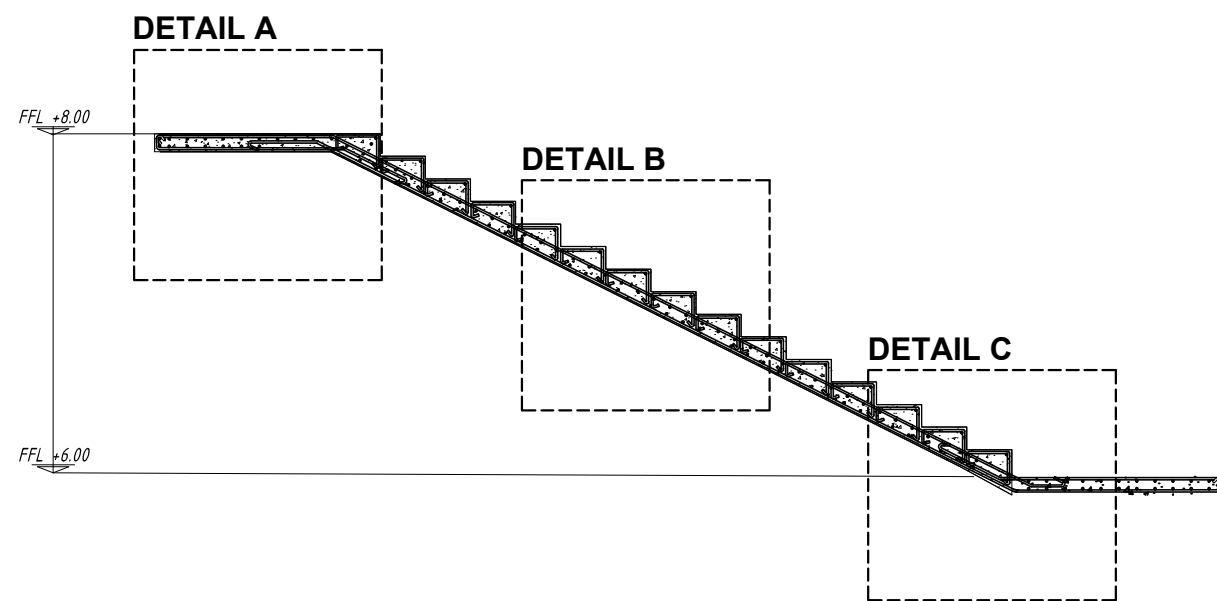
CATATAN

NOMOR

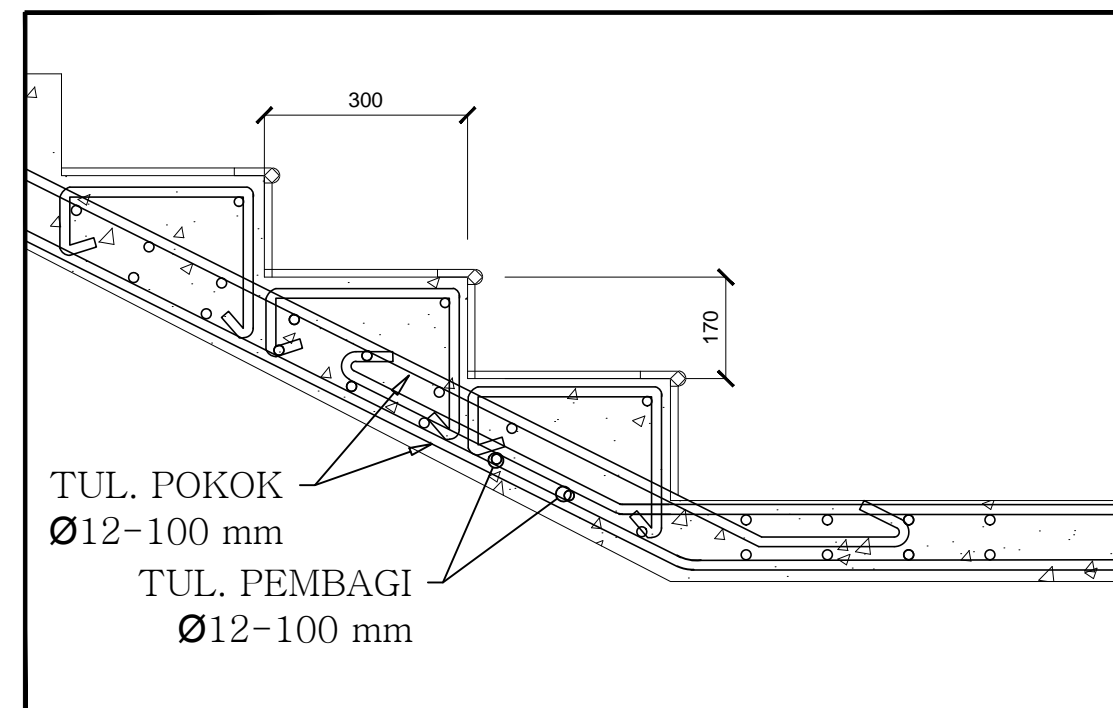
22

JUMLAH

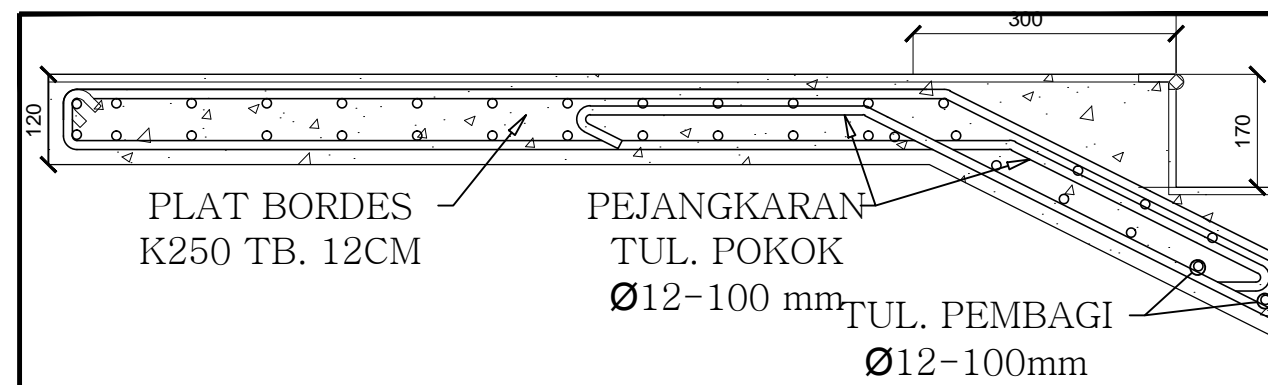
41



DETAIL B
SKALA 1:10



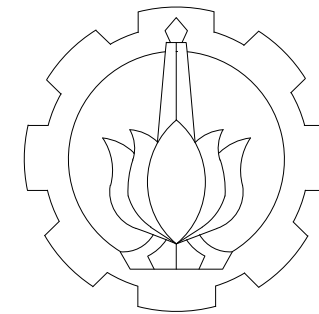
DETAIL C
SKALA 1:10



DETAIL A
SKALA 1:10

KAIT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	12 mm	4 d_s = 4 x 12 = 48 mm	75 mm

DETAIL TULANGAN TANGGA
SKALA 1:10



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA 4,5 m
 Skala 1:20

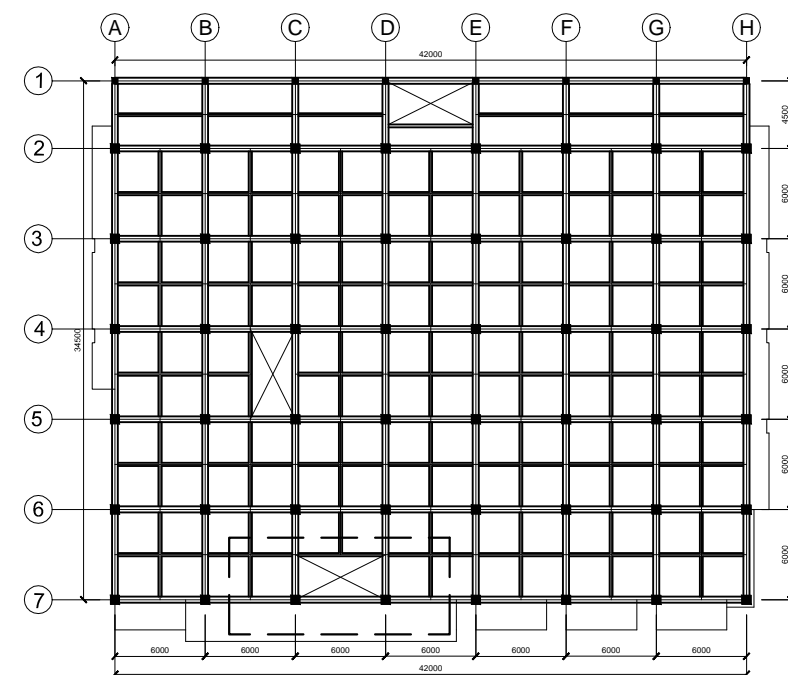
CATATAN

NOMOR

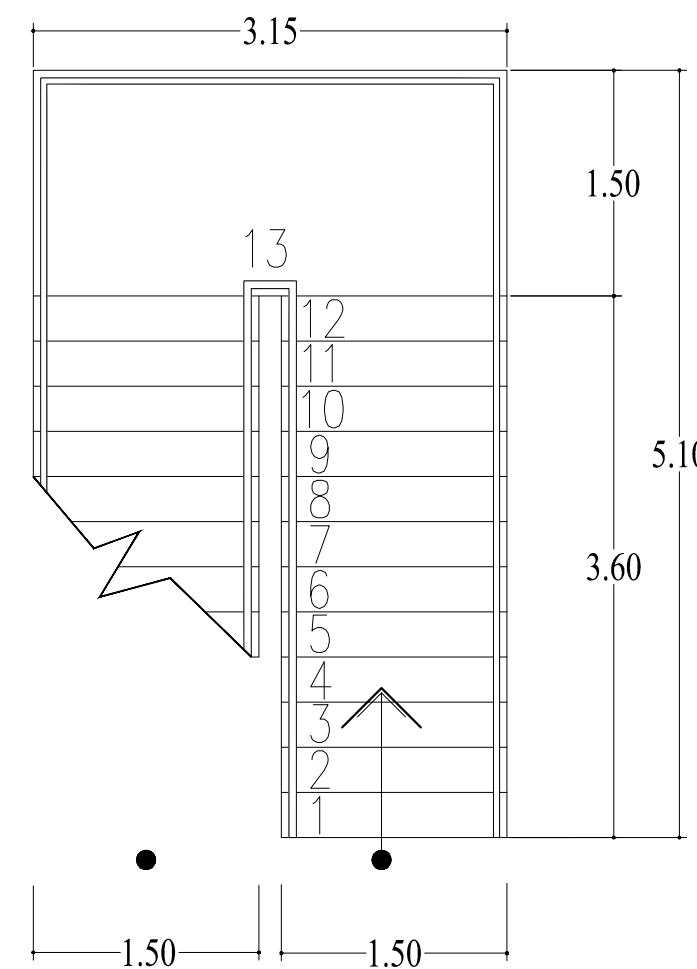
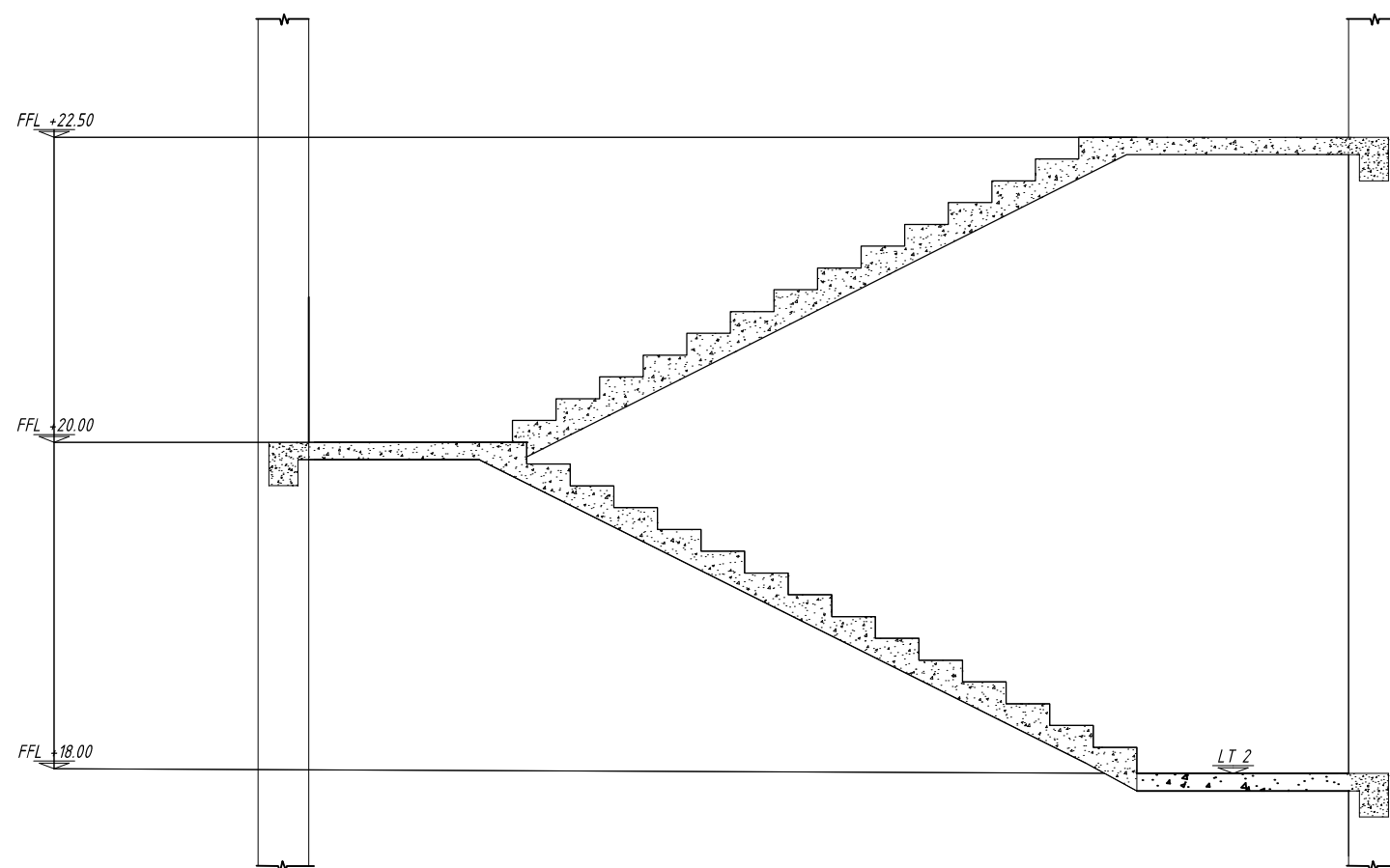
23

JUMLAH

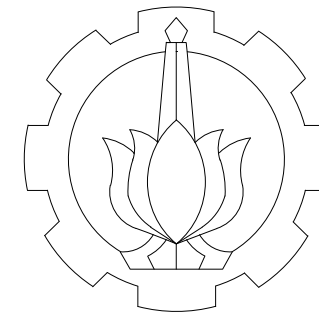
41



TANGGA YANG DITINJAU



 **DENAH TANGGA 4,5 m**
 SKALA 1:20



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA 4,5 m
 Skala 1:20

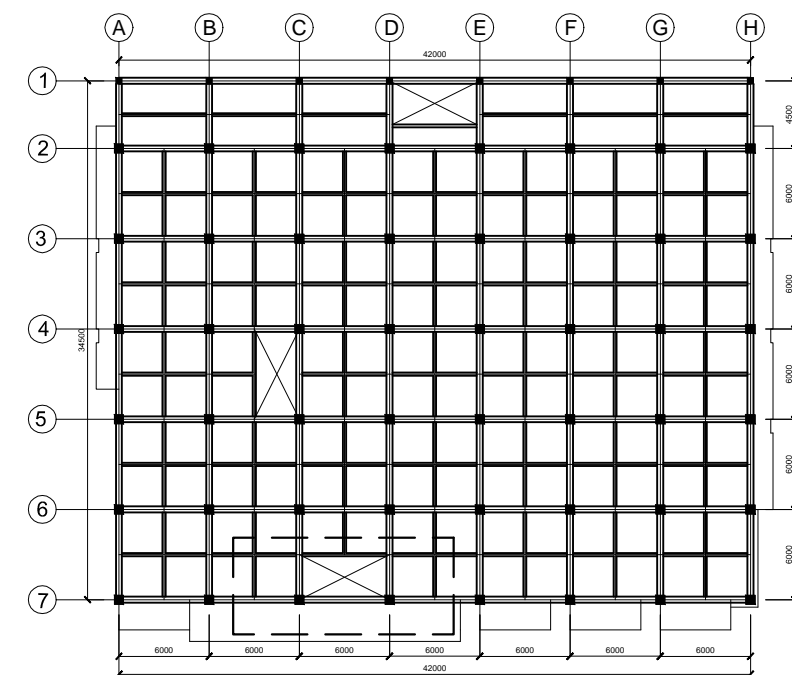
CATATAN

NOMOR

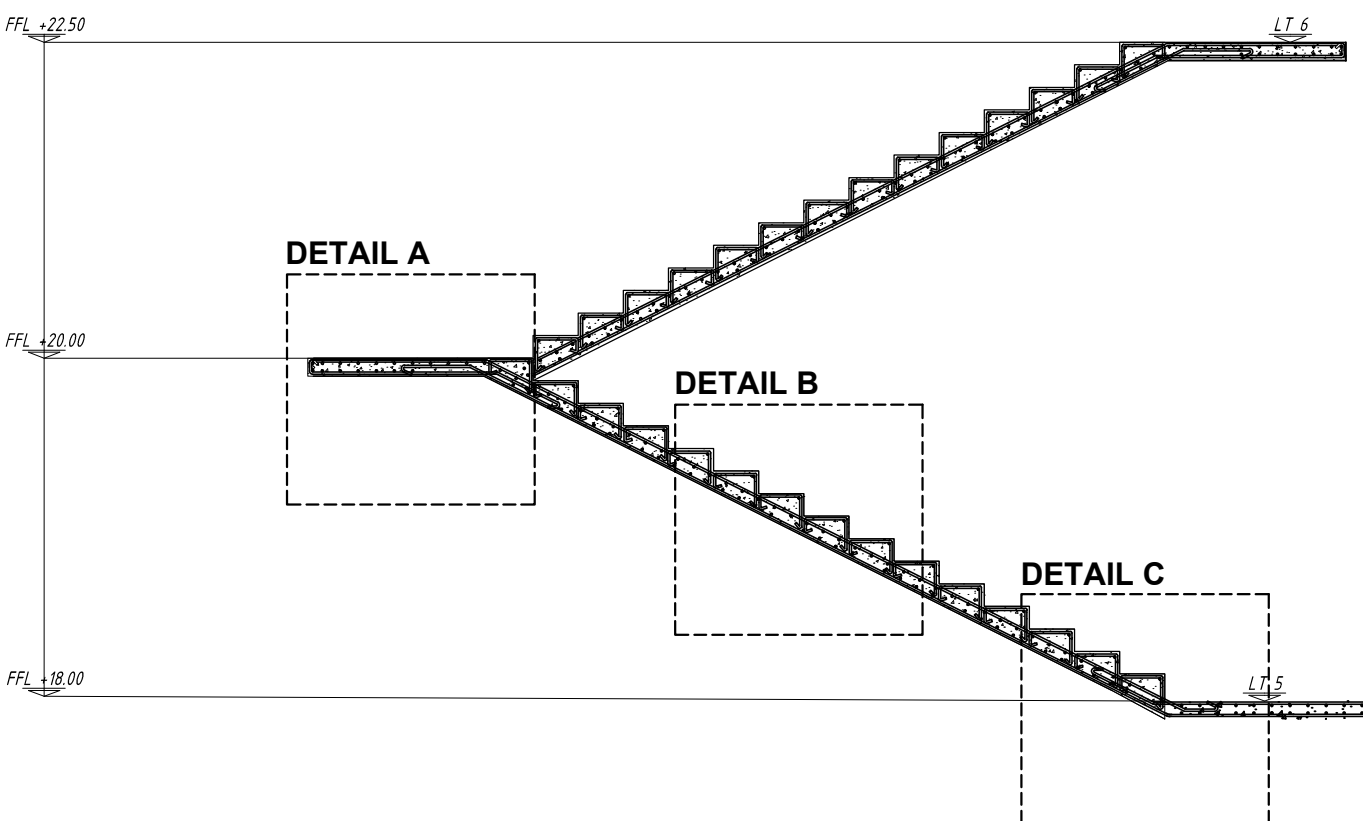
24

JUMLAH

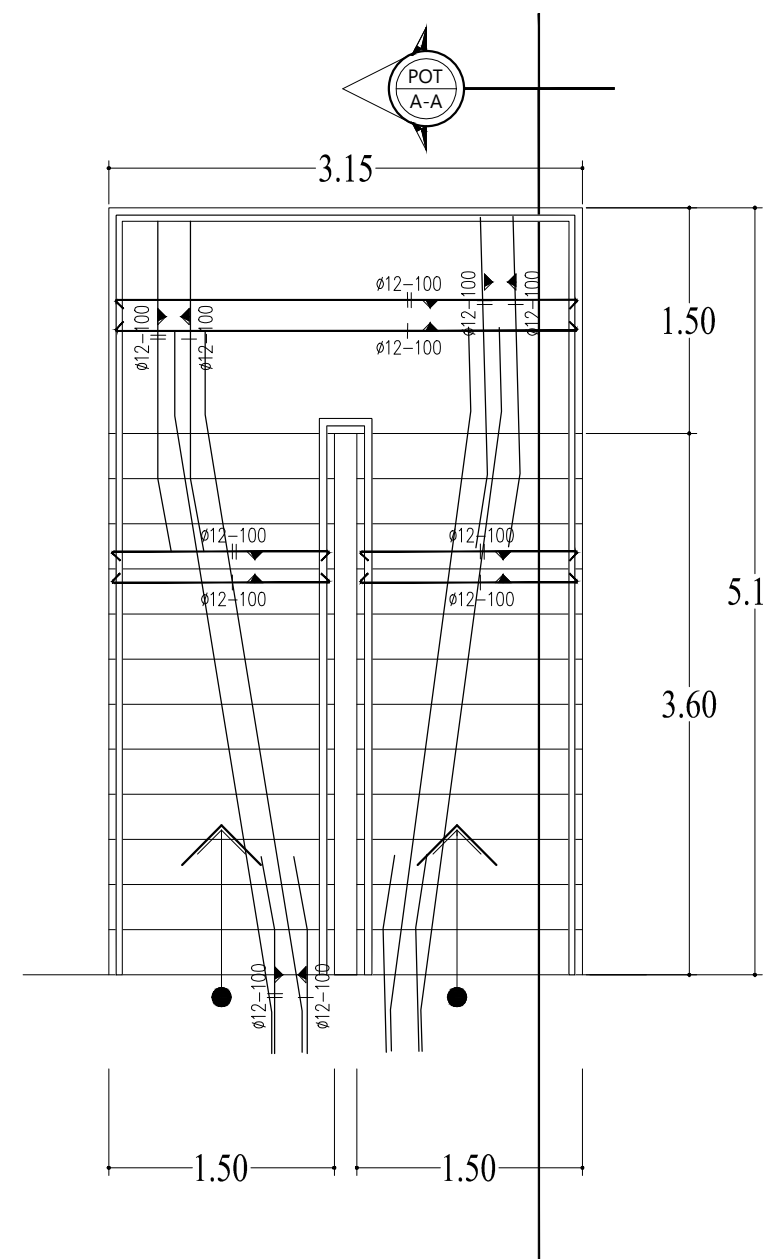
41

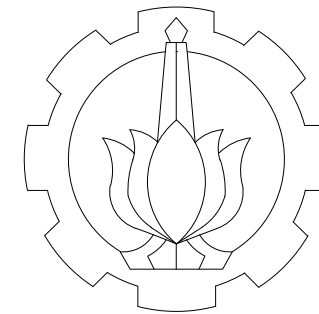


TANGGA YANG DITINJAU



DENAH TANGGA 4,5 m
 SKALA 1:20





DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DETAIL TULANGAN TANGGA
Skala 1:10

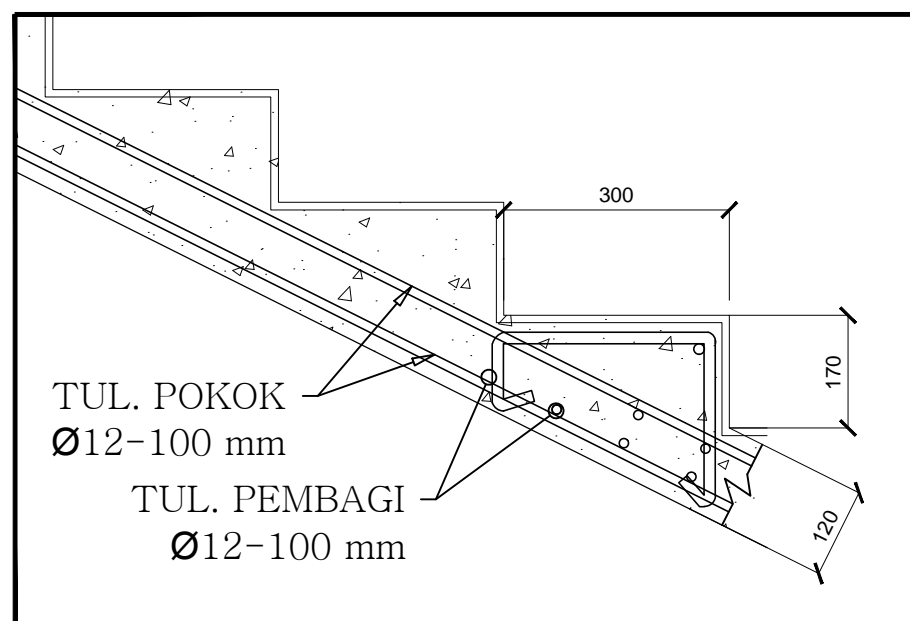
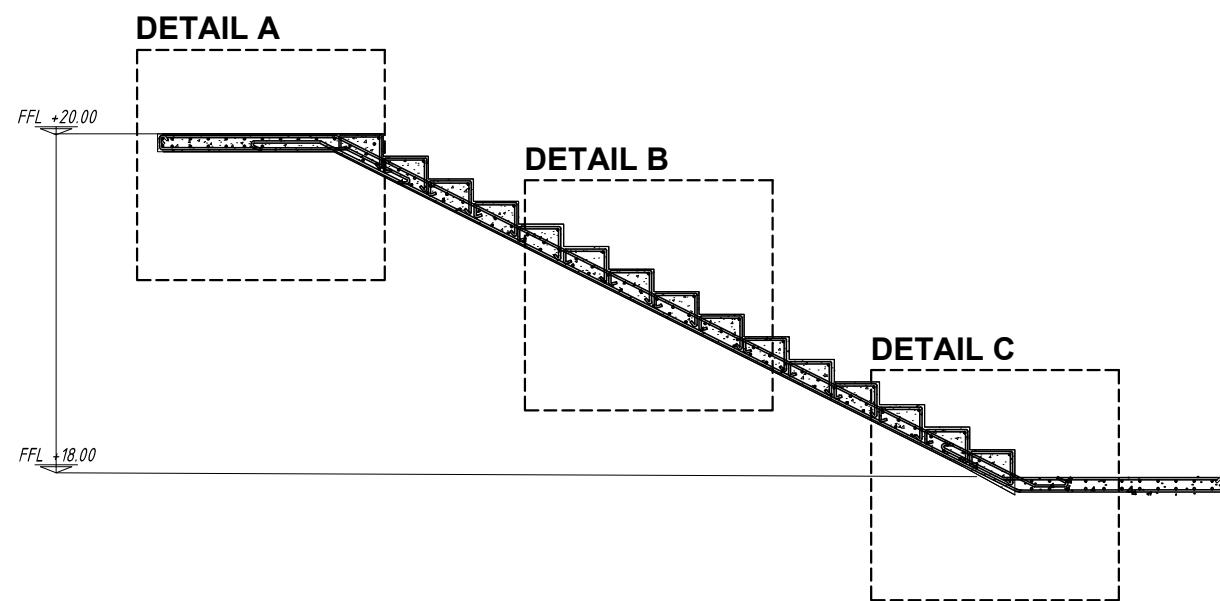
CATATAN

NOMOR

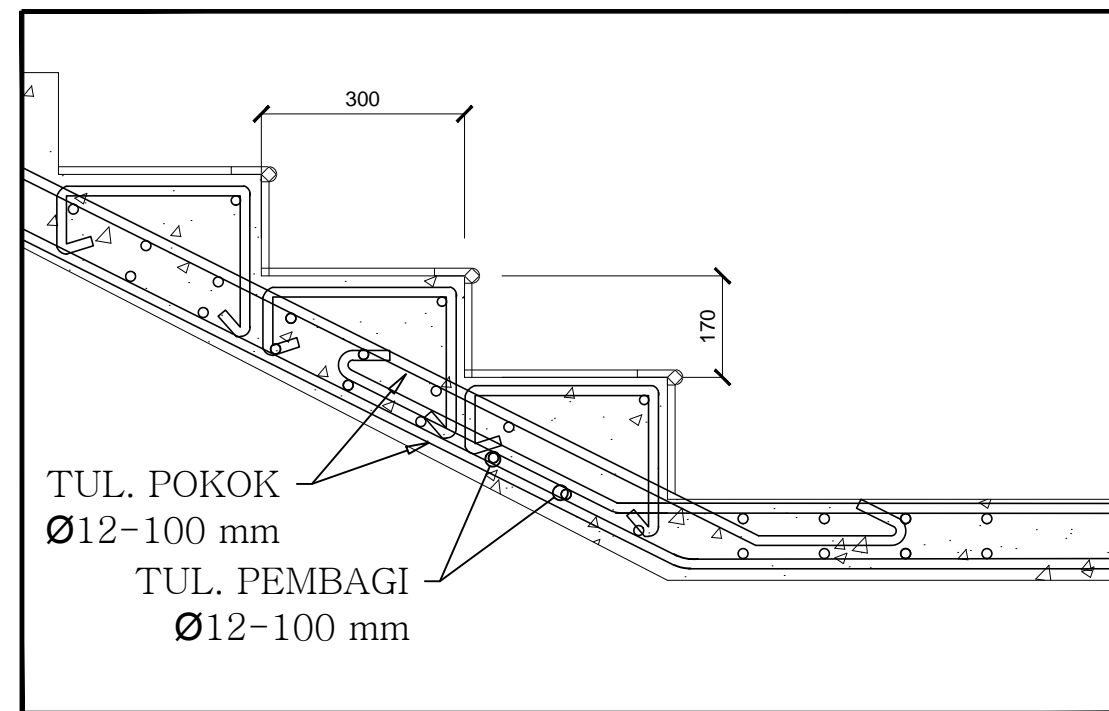
25

JUMLAH

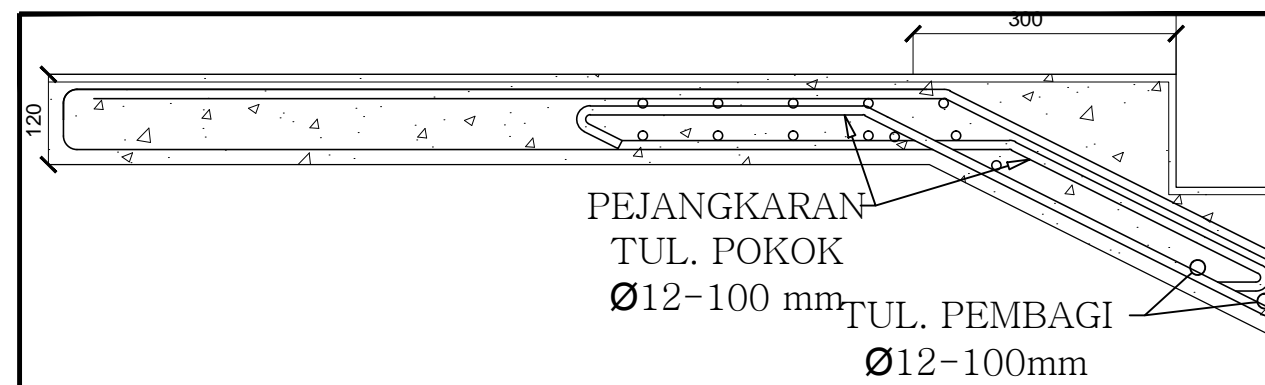
41



DETAIL B
SKALA 1:10



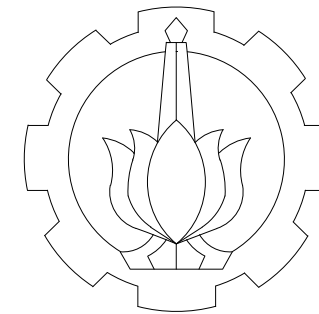
DETAIL C
SKALA 1:10



DETAIL A
SKALA 1:10

KAIT	DIAMETER TULANGAN d_s	DIAMETER BENGKOKAN MINIMUM D	I MINIMUM
	12 mm	4 d_s = 4 x 12 = 48 mm	75 mm

DETAIL TULANGAN TANGGA
SKALA 1:10



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

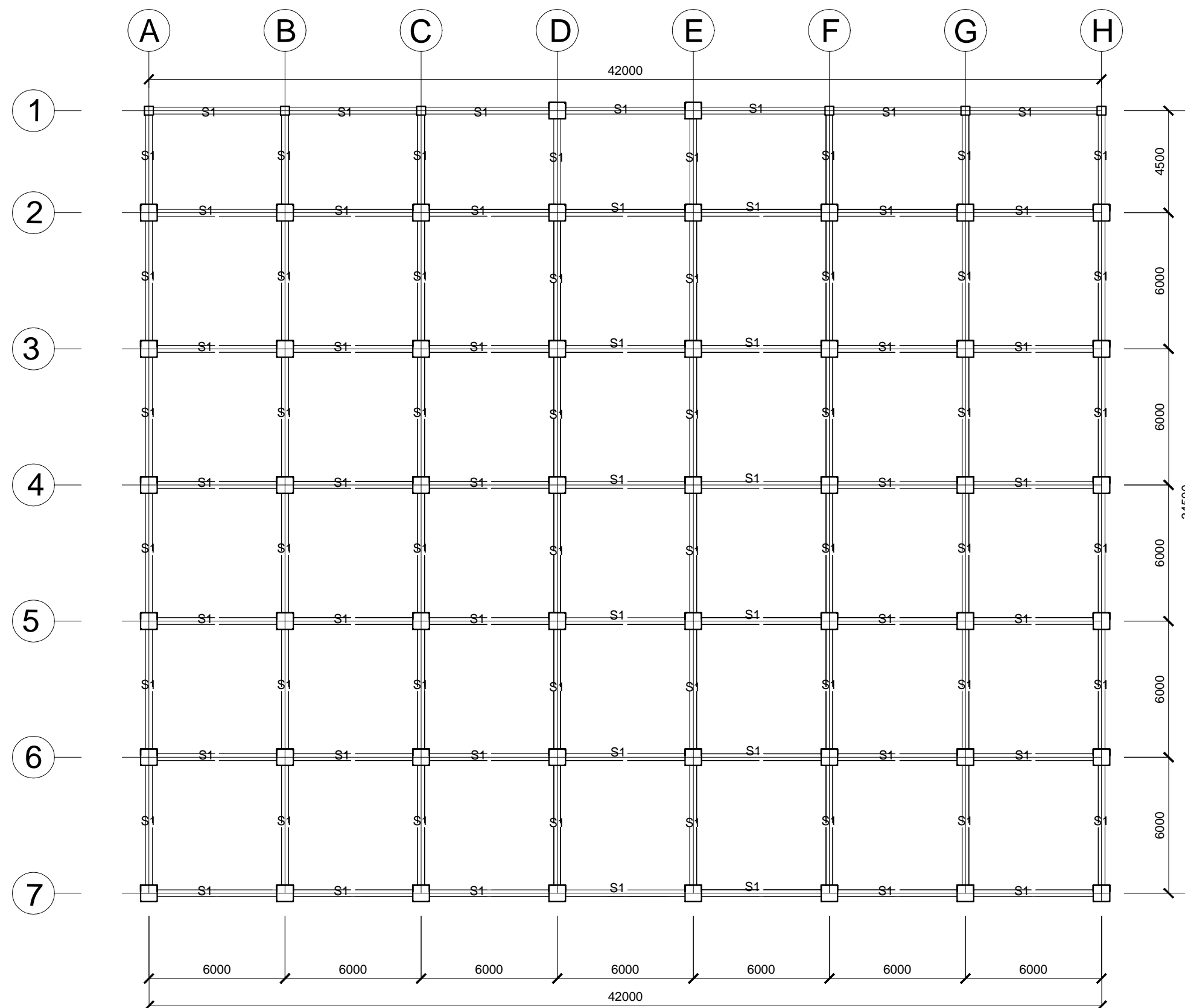
INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 2
 Skala 1 : 200

CATATAN



DENAH SLOOF

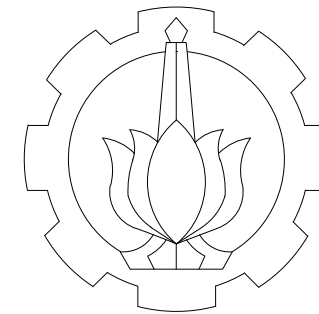
SKALA 1 : 200

NOMOR

26

JUMLAH

41



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 2
 Skala 1 : 200

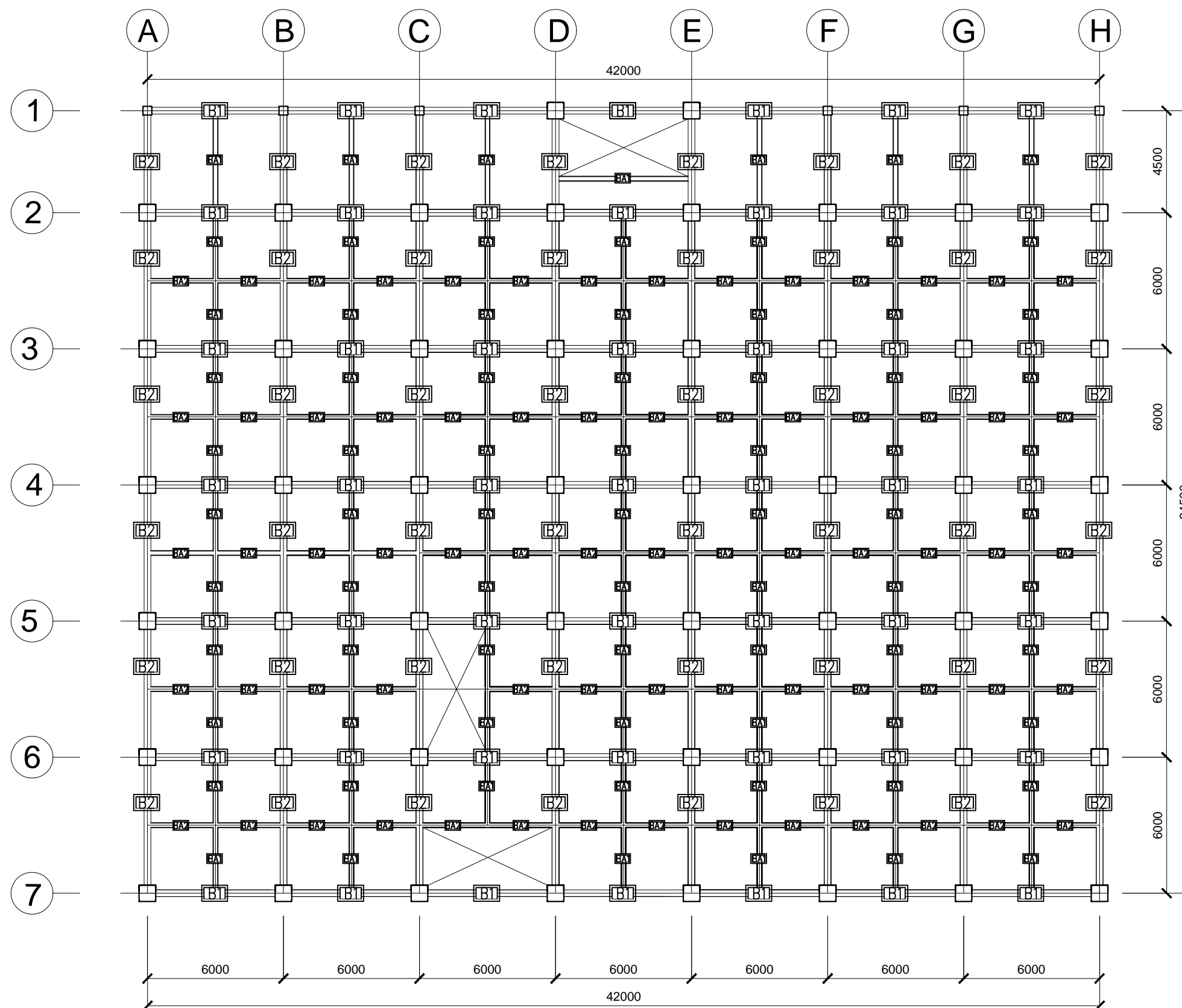
CATATAN

NOMOR

27

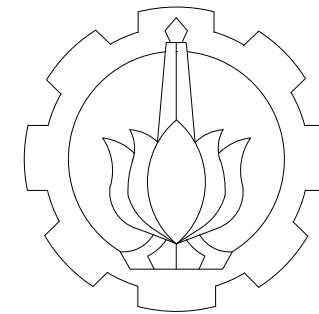
JUMLAH

41



DENAH BALOK LT.2

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 3
 Skala 1 : 200

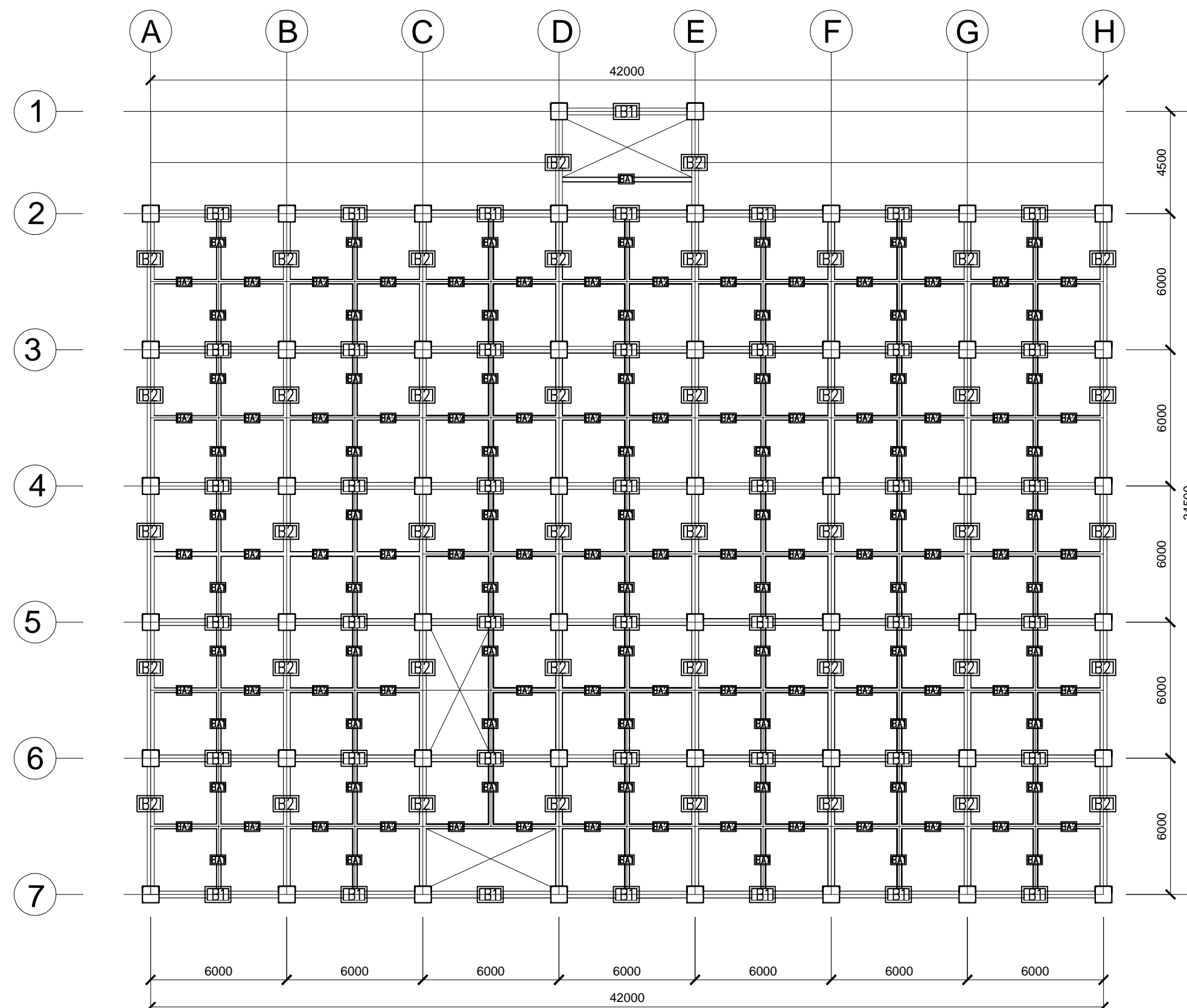
CATATAN

NOMOR

28

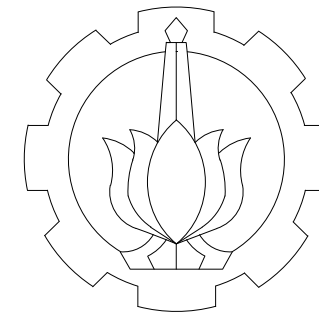
JUMLAH

41



DENAH BALOK LT.3

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 4
 Skala 1 : 200

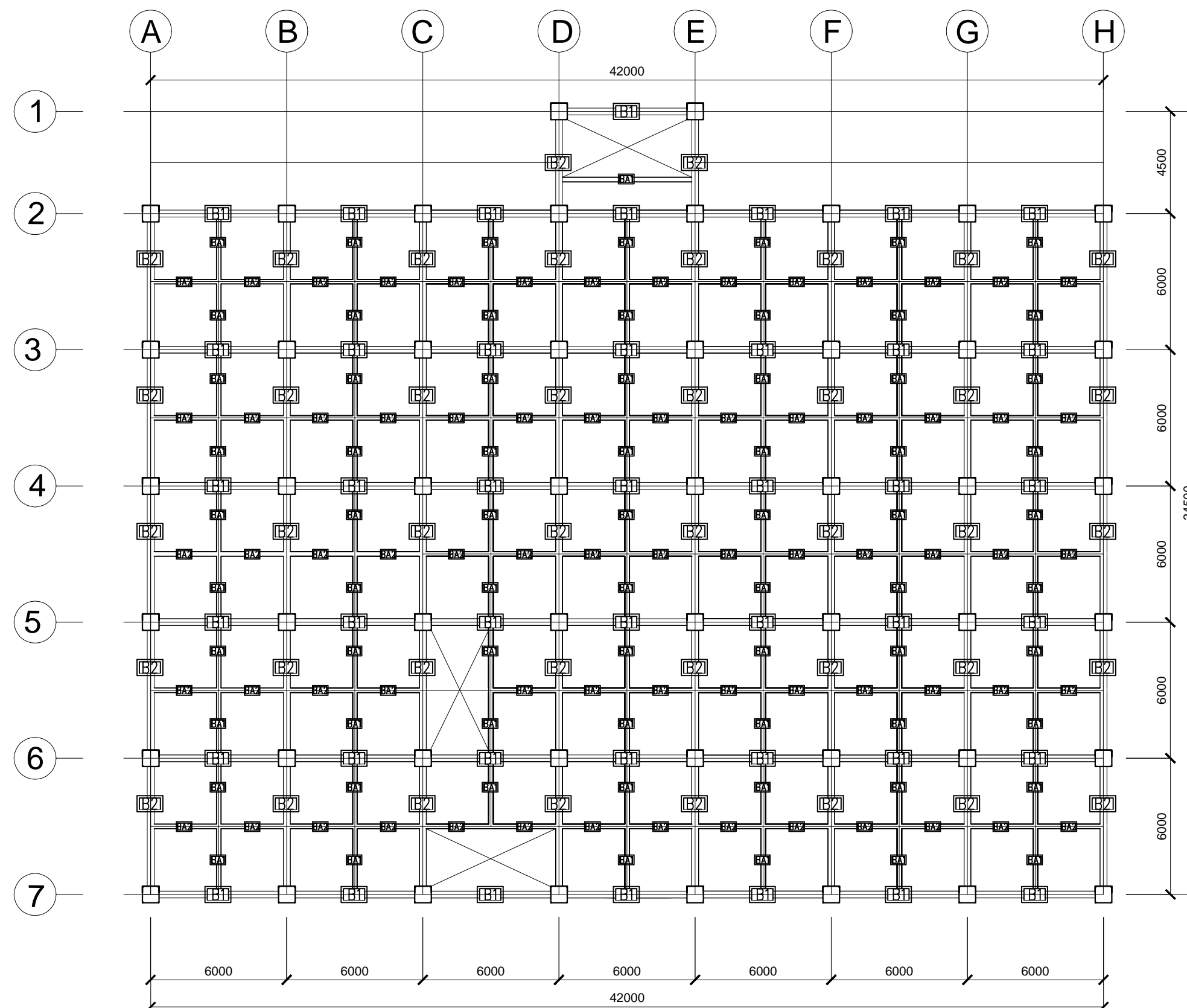
CATATAN

NOMOR

29

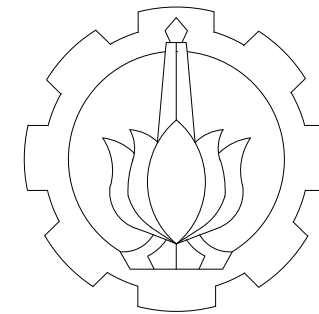
JUMLAH

41



DENAH BALOK LT.4

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 5
 Skala 1 : 200

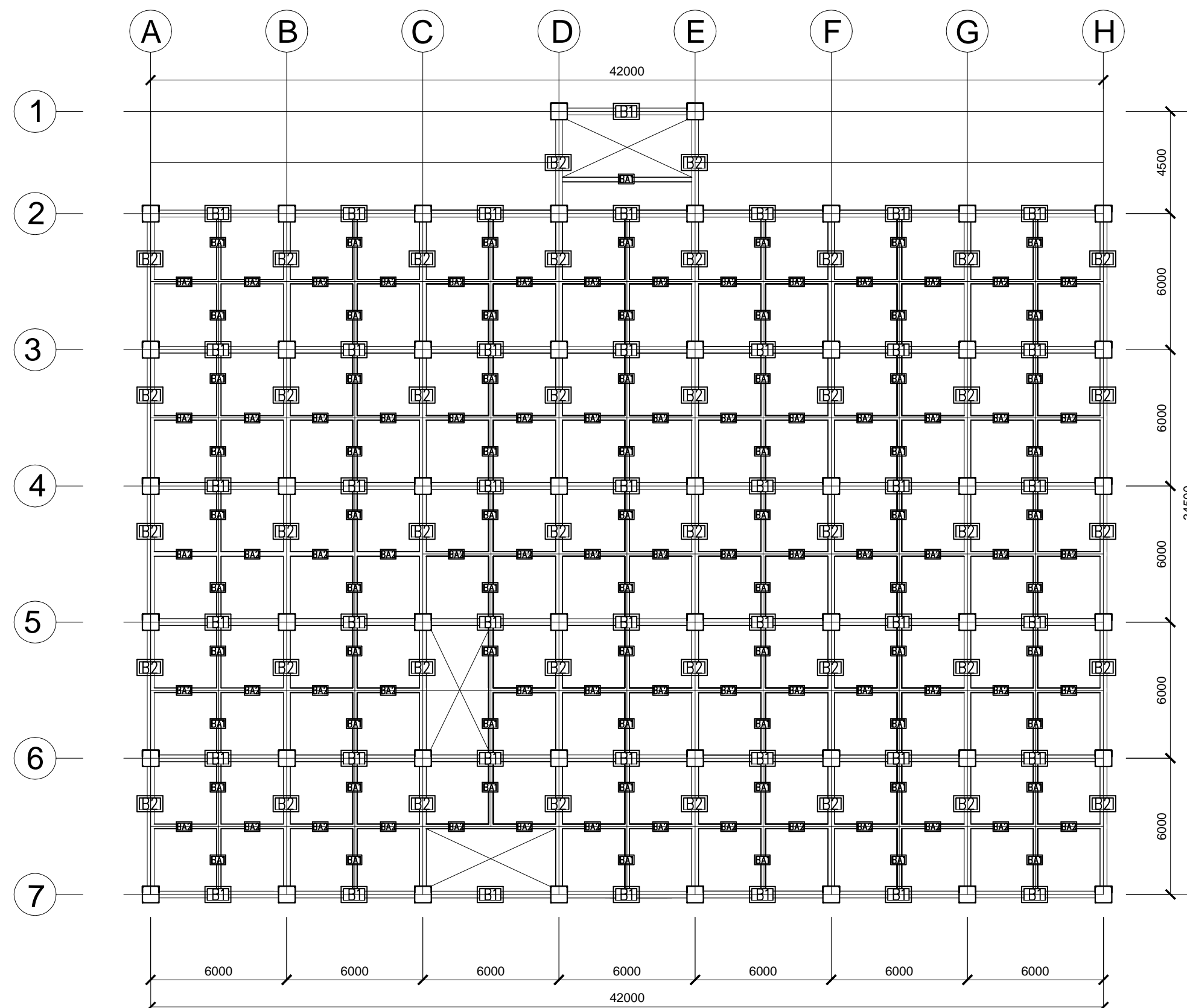
CATATAN

NOMOR

30

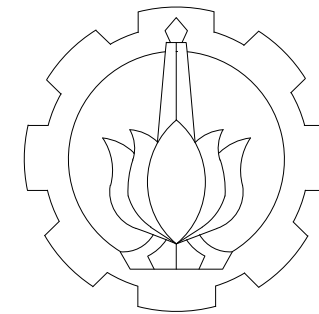
JUMLAH

41



DENAH BALOK LT.5

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 2
 Skala 1 : 200

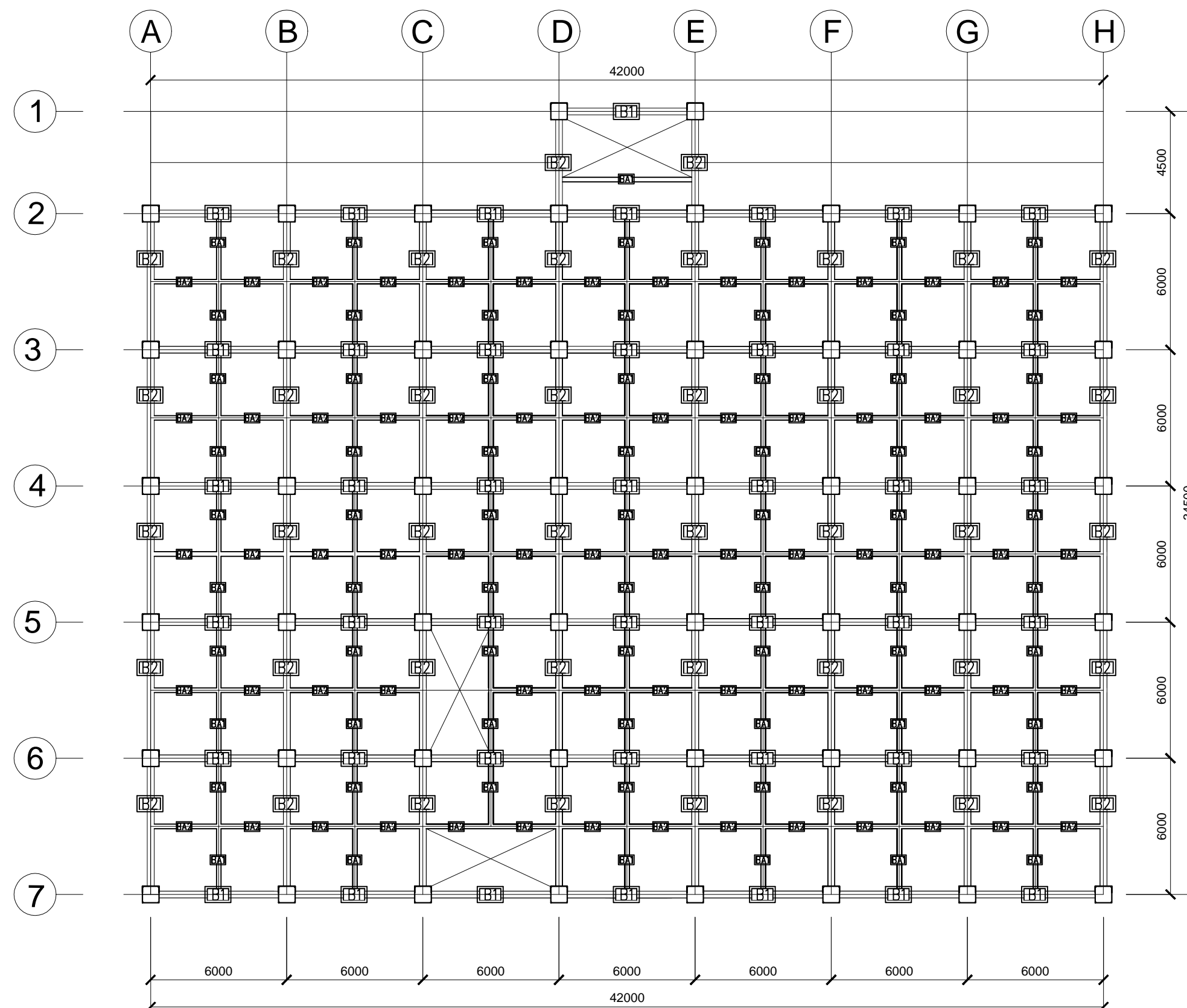
CATATAN

NOMOR

31

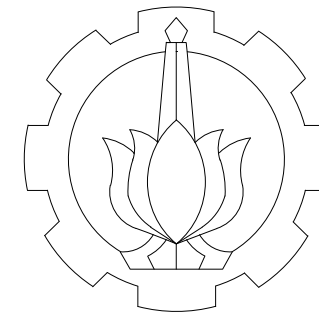
JUMLAH

41



DENAH BALOK LT.6

SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

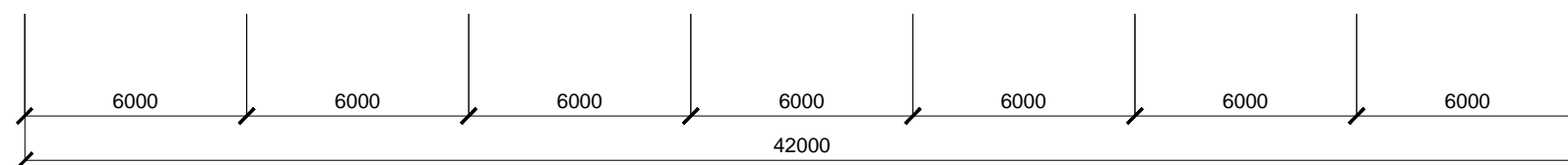
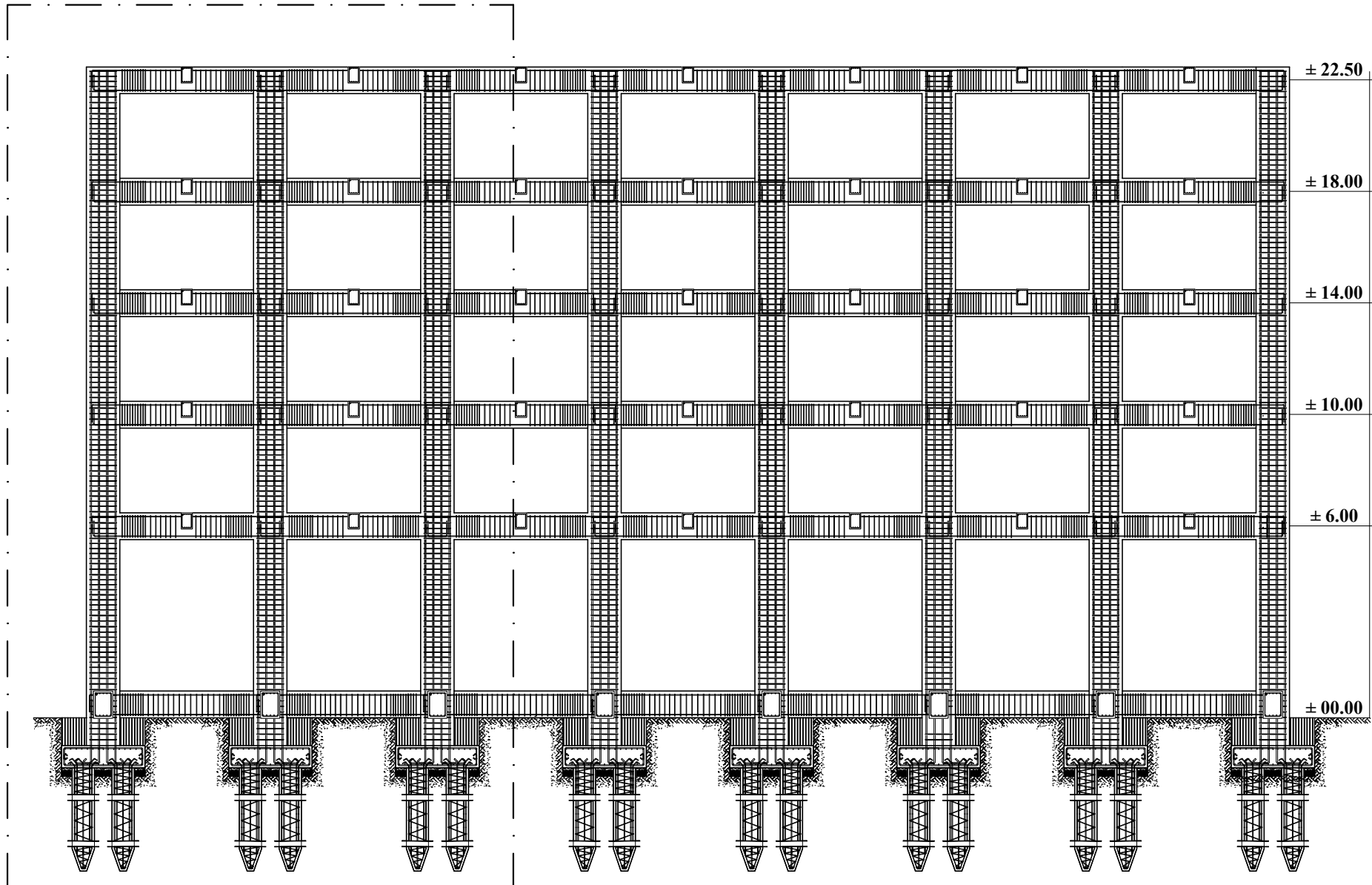
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

POTONGAN STRUKTUR
 MELINTANG
 Skala 1 : 200

CATATAN

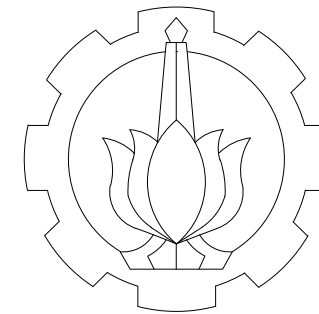
POTONGAN A-A



 **POTONGAN STRUKTUR MELINTANG**
 SKALA 1 : 200

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

32	41
----	----



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DETAIL BALOK
 Skala NTS

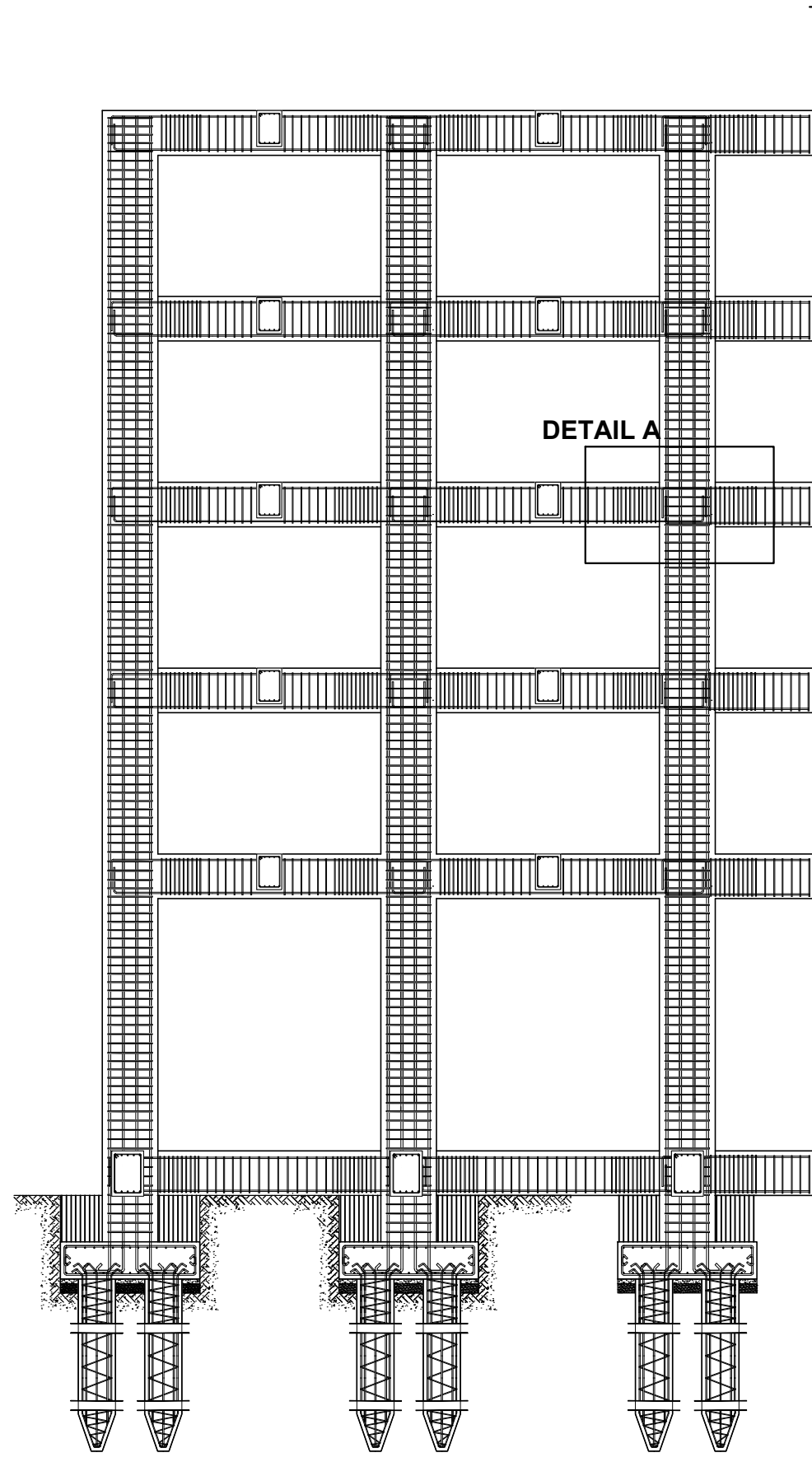
CATATAN

NOMOR

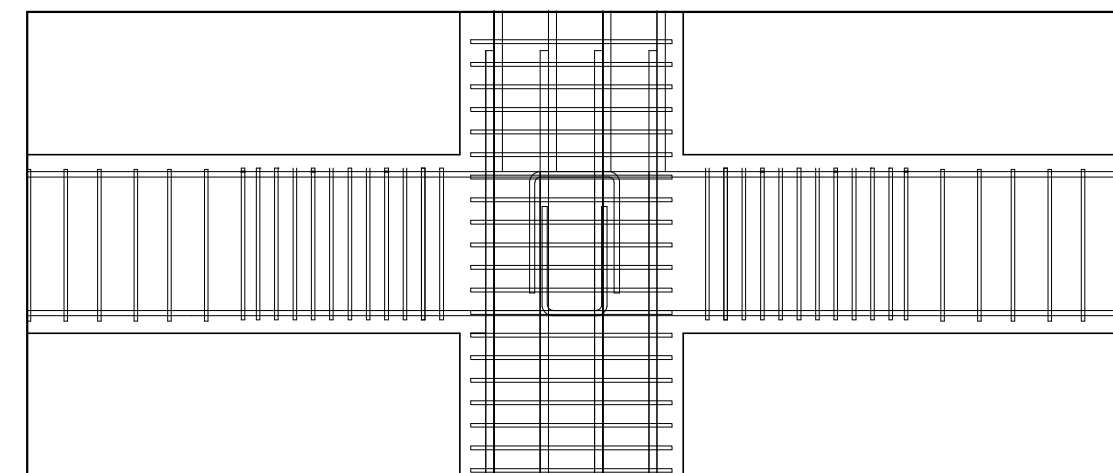
33

JUMLAH

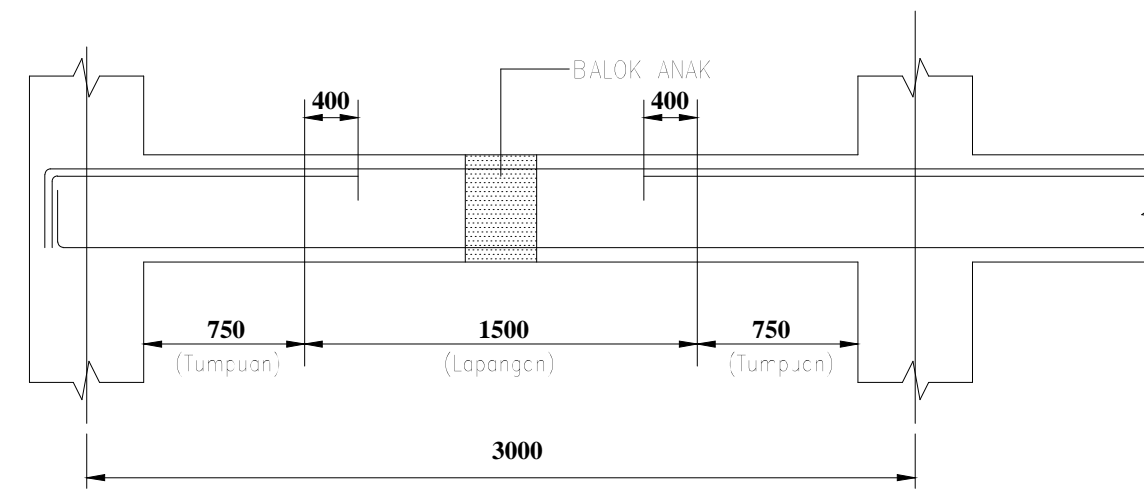
41



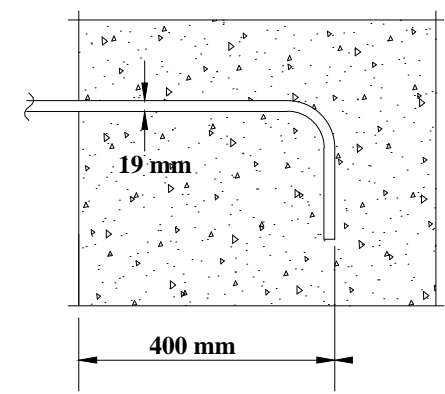
POTONGAN A-A



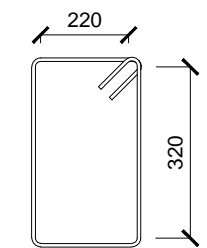
DETAIL A



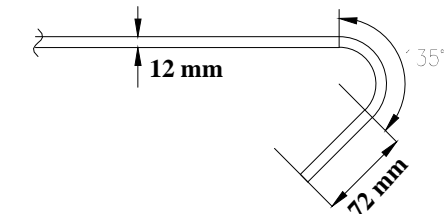
Panjang Penyaluran tulangan lentur balok



Panjang Penyaluran berkait

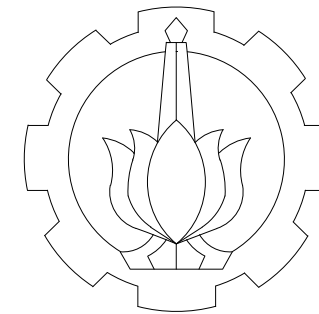


Detail Sengkgang Balok



Panjang kait sengkang balok

DETAIL BALOK
 SKALA NTS



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

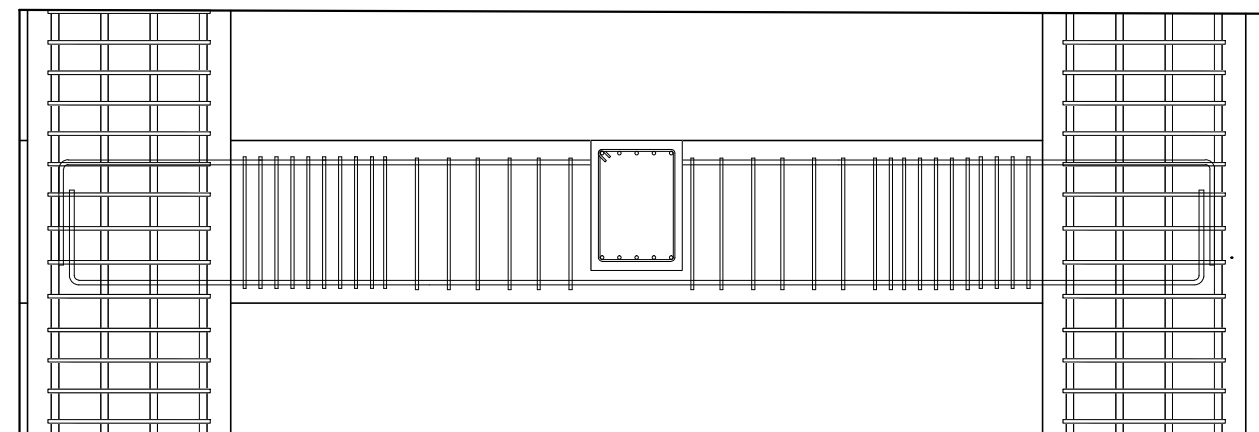
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

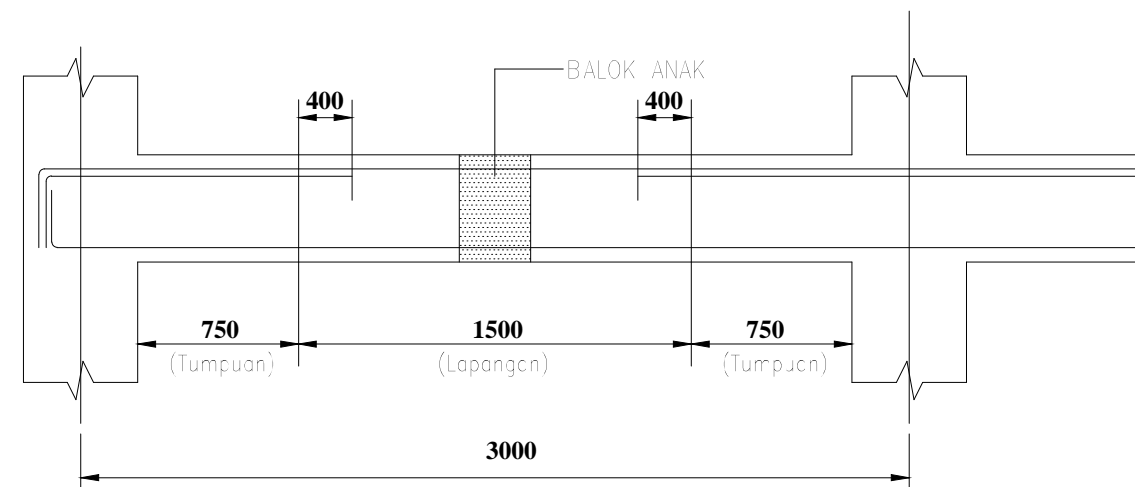
DETAIL BALOK
 Skala NTS

CATATAN

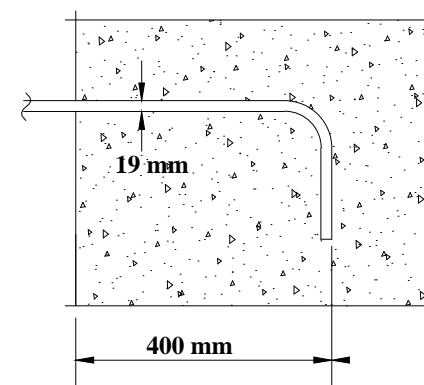
NOMOR	JUMLAH
34	41



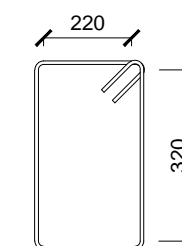
DETAIL B



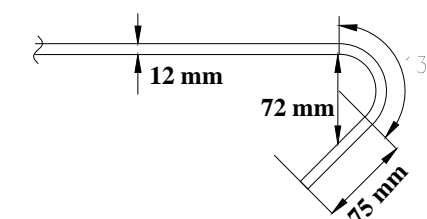
Panjang Penyaluran tulangan lentur balok



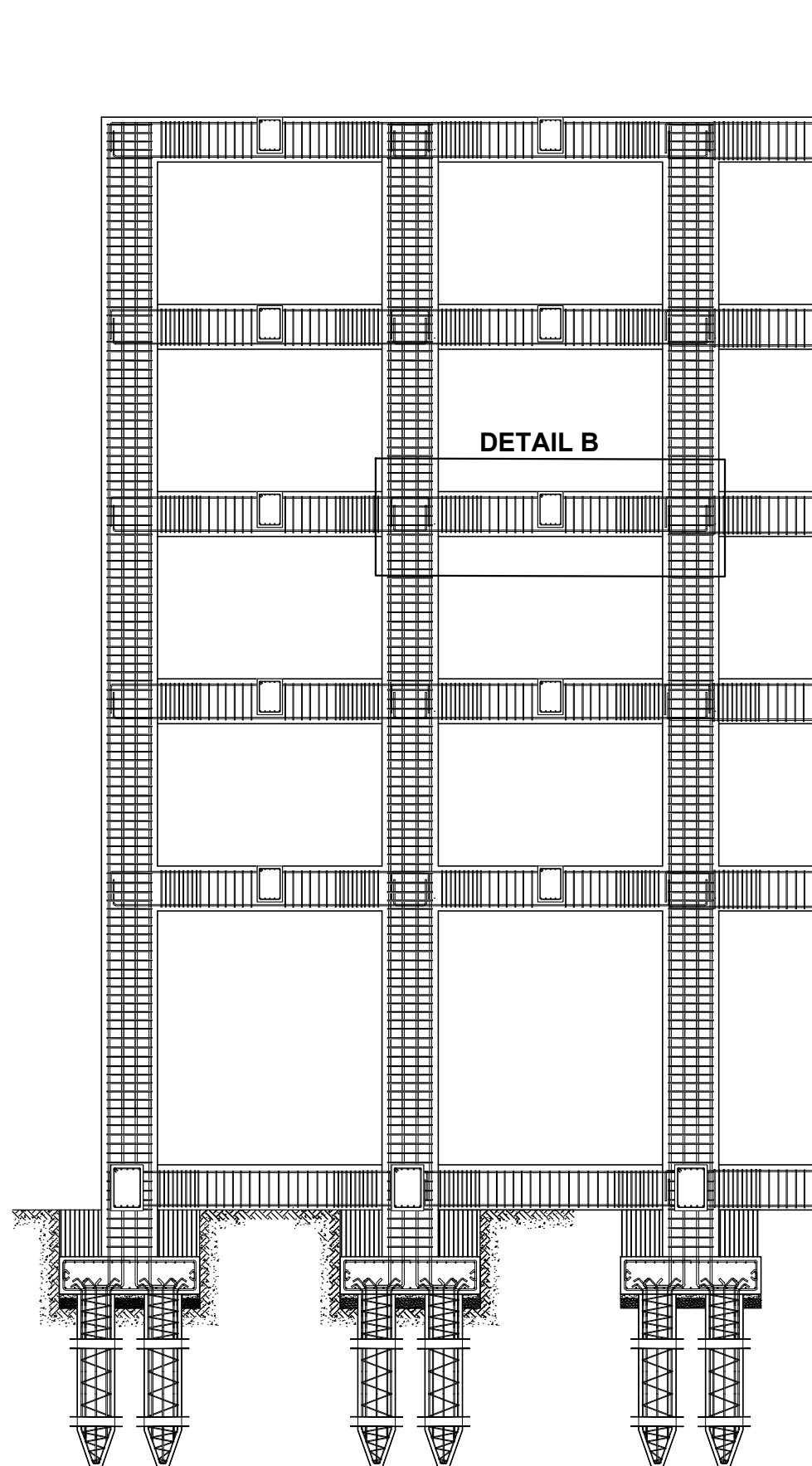
Panjang Penyaluran berkait



Detail Sengkgang Balok



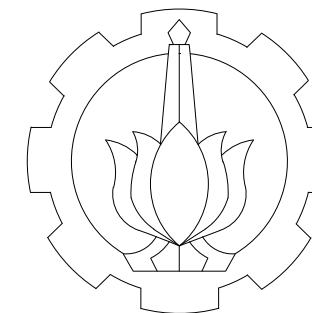
Panjang kait sengkang balok



POTONGAN A-A



DETAIL BALOK
 SKALA NTS



**DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN
BALOK SLOOF
Skala NTS

CATATAN

NOMOR

35

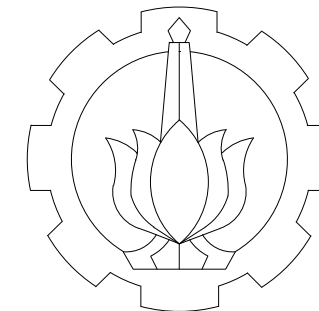
JUMLAH

41

TABEL PENULANGAN BALOK SLOOF

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 25	3 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MEMANJANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 25	3 D 25	5 D 25
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN
BALOK LT.2,3,4,5,6 (Typical)
 Skala NTS

CATATAN

NOMOR

36

JUMLAH

41

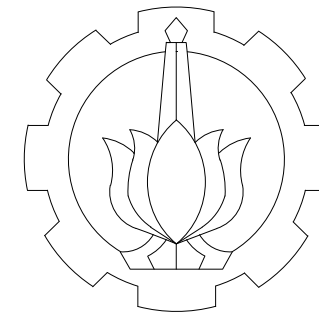
TABEL PENULANGAN BALOK LT. 2,3,4,5,6 (Typical)

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 30 X 40 (MEMANJANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 20 X 30 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK 20 X 30 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri
Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA 6 m
 Skala NTS

CATATAN

NOMOR

37

JUMLAH

41

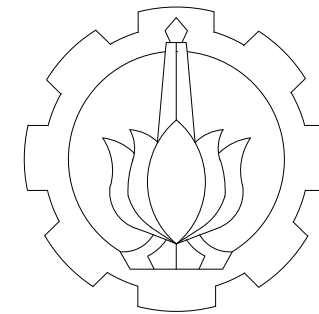
TABEL PENULANGAN BALOK LIFT

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK LIFT 40 X 60			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	10 D 19	5 D 19	10 D 19
TULANGAN BAWAH	4 D 19	2 D 19	4 D 19
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK LIFT 30 X 40 (MEMANJANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK LIFT 30 X 40 (MELINTANG)			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	5 D 19	3 D 25	5 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	Ø12 - 100	Ø12 - 150	Ø12 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
BALOK LIFT 20 X 30			
DIMENSI	400 X 600	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI
Skala 1 : 200

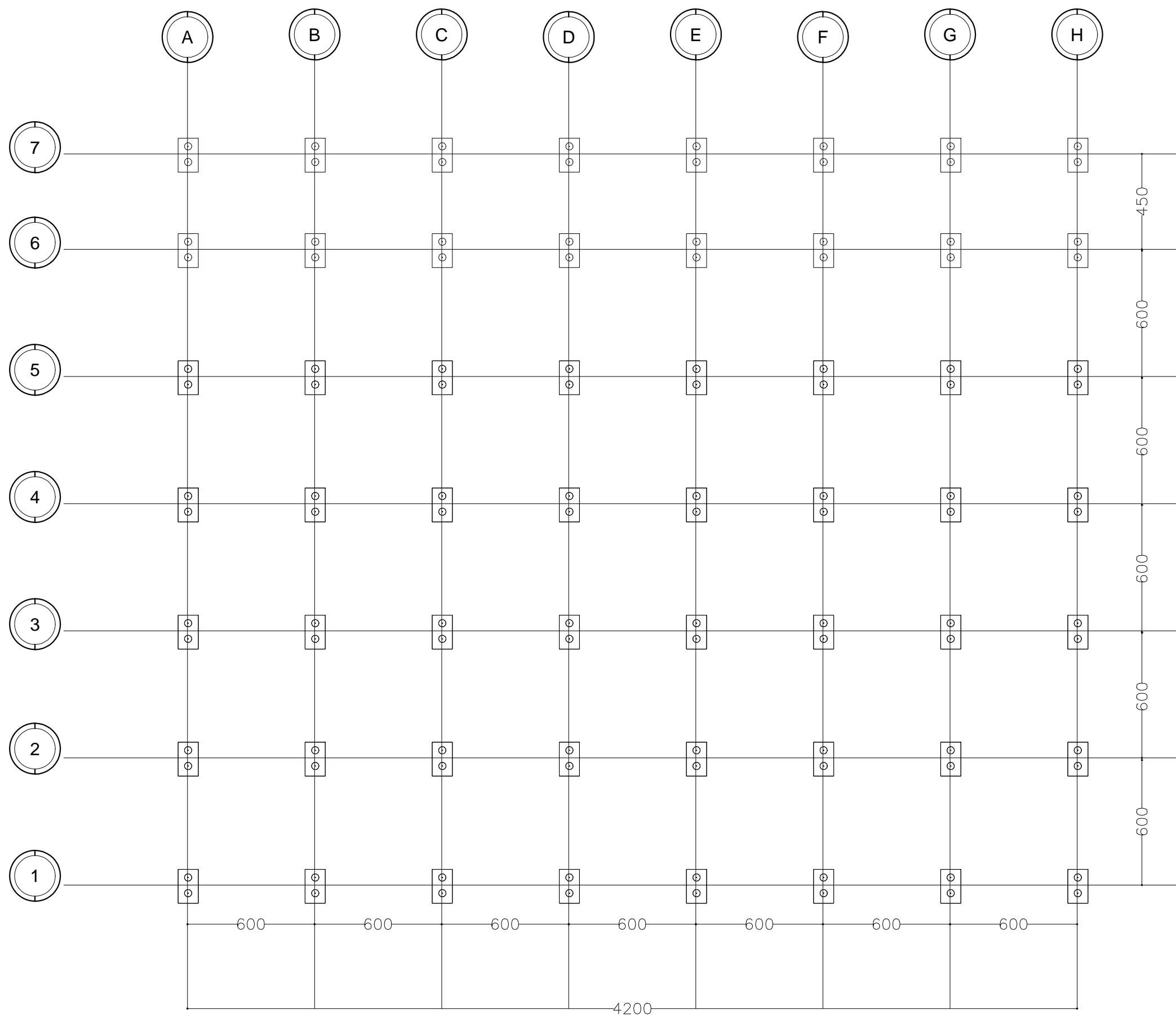
CATATAN

NOMOR

38

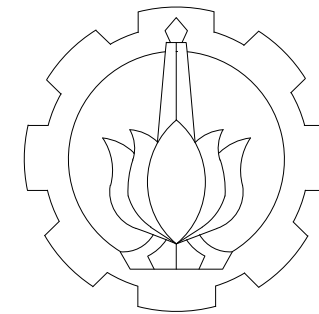
JUMLAH

41



DENAH PONDASI

SKALA 1:200



DEPARTEMEN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
GEDUNG BERNOFARM
PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DETAIL KOLOM
Skala NTS

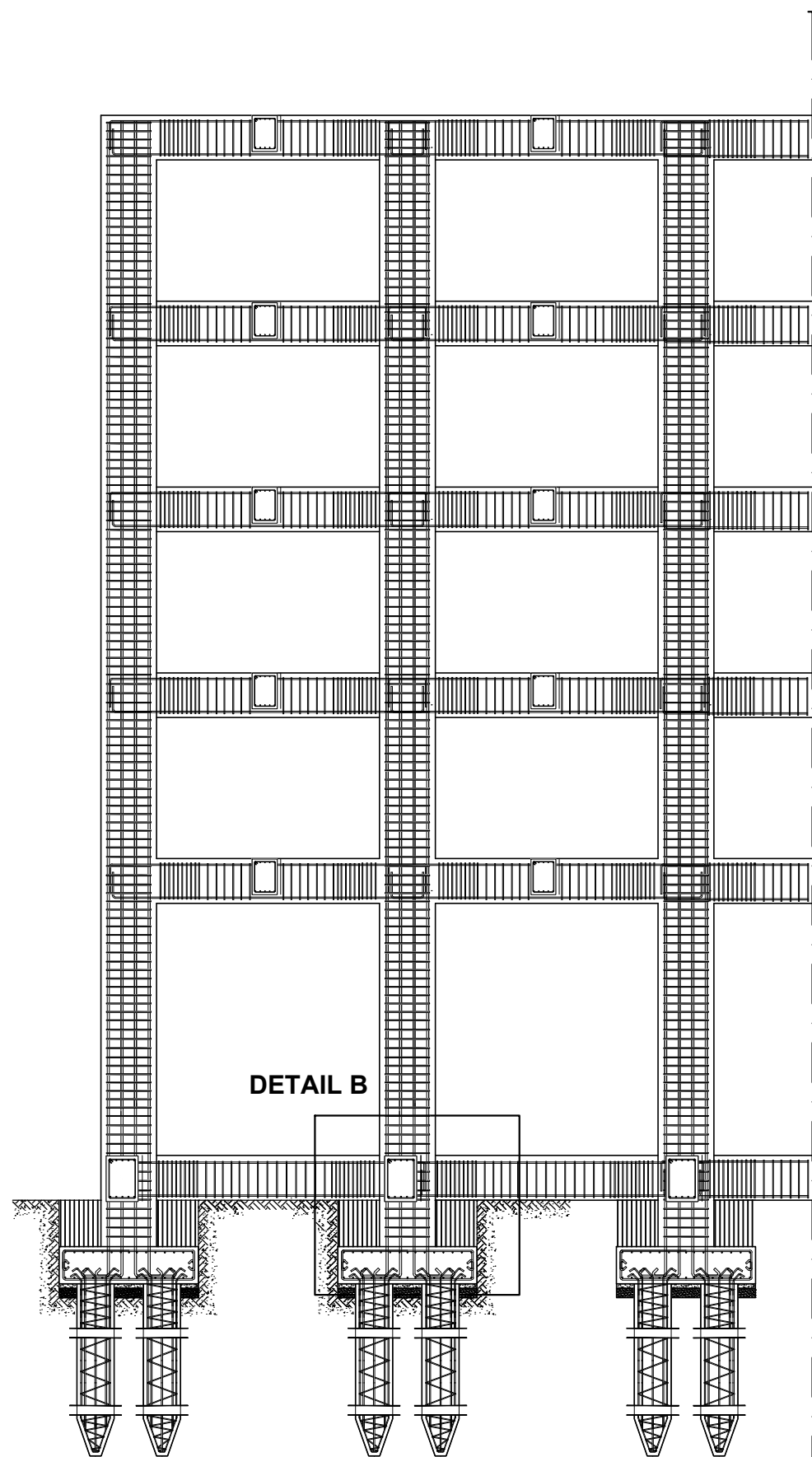
CATATAN

NOMOR

39

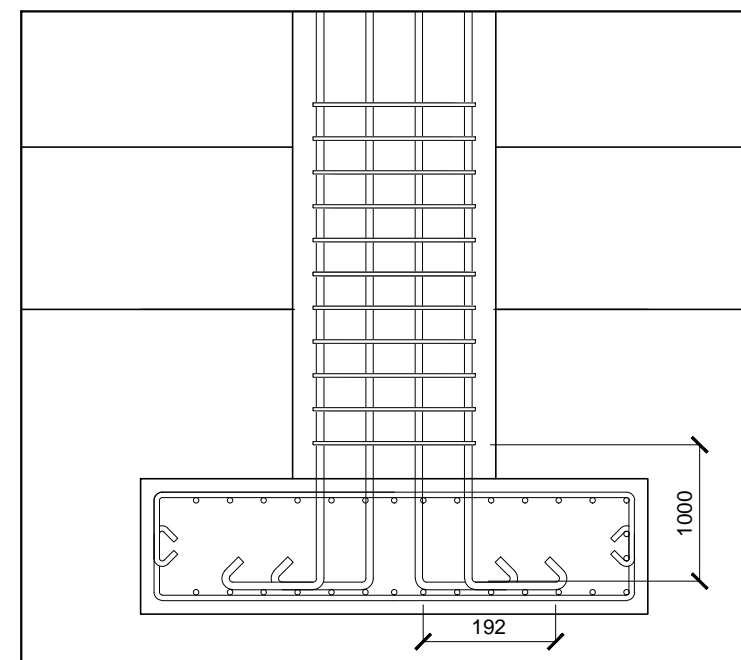
JUMLAH

41

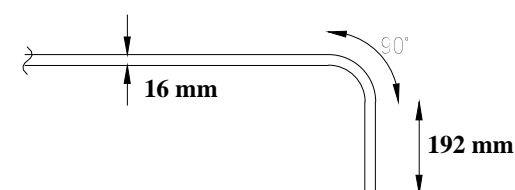


DETAIL B

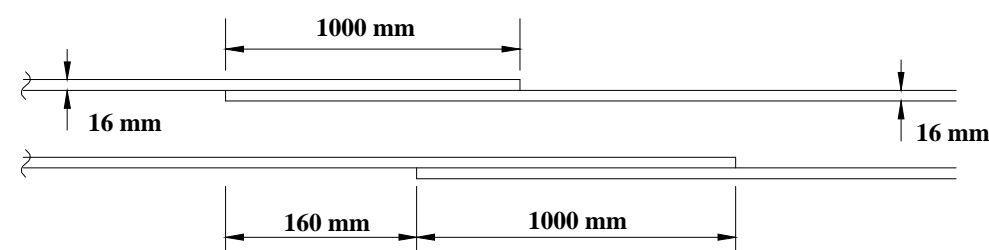
POTONGAN A-A



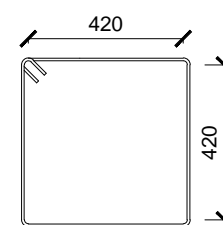
DETAIL B



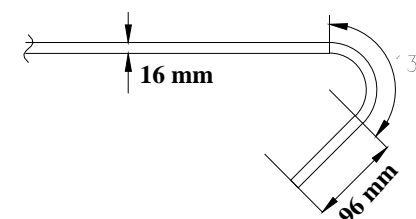
Detail panjang penjangkaran kolom



Sambungan Lewatan Tulangan Kolom



Detail Sengkgang Kolom

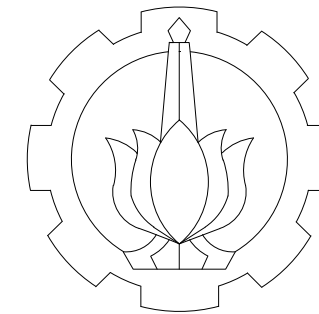


Panjang kait sengkang kolom



DETAIL KOLOM

SKALA NTS



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN KOLOM
 Skala NTS

CATATAN

NOMOR

40

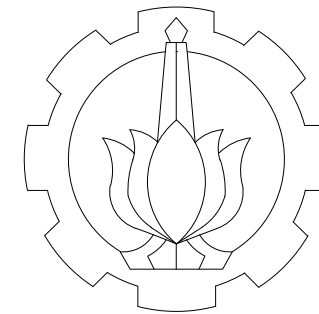
JUMLAH

41

TABEL PENULANGAN KOLOM

NOTASI	TUMPUAN ATAS	LAPANGAN	TUMPUAN BAWAH
KOLOM K1 40 X 40			
DIMENSI	400 X 400	400 X 400	400 X 400
TULANGAN LENTUR	8 D 16	8 D 16	8 D 16
SENGKANG	Ø8 - 80	Ø8 - 80	Ø8 - 80
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm

NOTASI	TUMPUAN ATAS	LAPANGAN	TUMPUAN BAWAH
KOLOM K2 50 X 50			
DIMENSI	500 X 500	500 X 500	500 X 500
TULANGAN LENTUR	16 D 25	16 D 25	16 D 25
SENGKANG	Ø8 - 120	Ø8 - 120	Ø8 - 120
SELIMUT	40 mm	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN
 INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT
 TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

PEKERJAAN

PEMBANGUNAN
 GEDUNG BERNOFARM
 PHARMACEUTICAL COMPANY

DIGAMBAR

LUTFHI FARID KHURNIANTO
 NRP.1011150000082

ZAHAM AKBARILLAH
 NRP.1011150000086

DOSEN PEMBIMBING

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

INFORMASI BANGUNAN

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Fungsi Bangunan | = Lab. Industri Farmasi |
| 2. Lokasi | = Sidoarjo |
| 4. Jumlah Lantai | = 6 Lantai |
| 5. Tinggi per lantai | = 4-6 meter |
| 6. Tinggi Kolom | = 4-6 meter |
| 7. Jarak Tiap As | = 4,5-6 meter |
| 8. Over stack | = 0 meter |
| 9. Baja Tulangan Lentur (Fy) | = 400 MPa |
| 10. Baja Tulangan Geser (Fy) | = 400 Mpa |
| 11. Beton Fc' | = 25 Mpa |

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI
 Skala 1 : 200

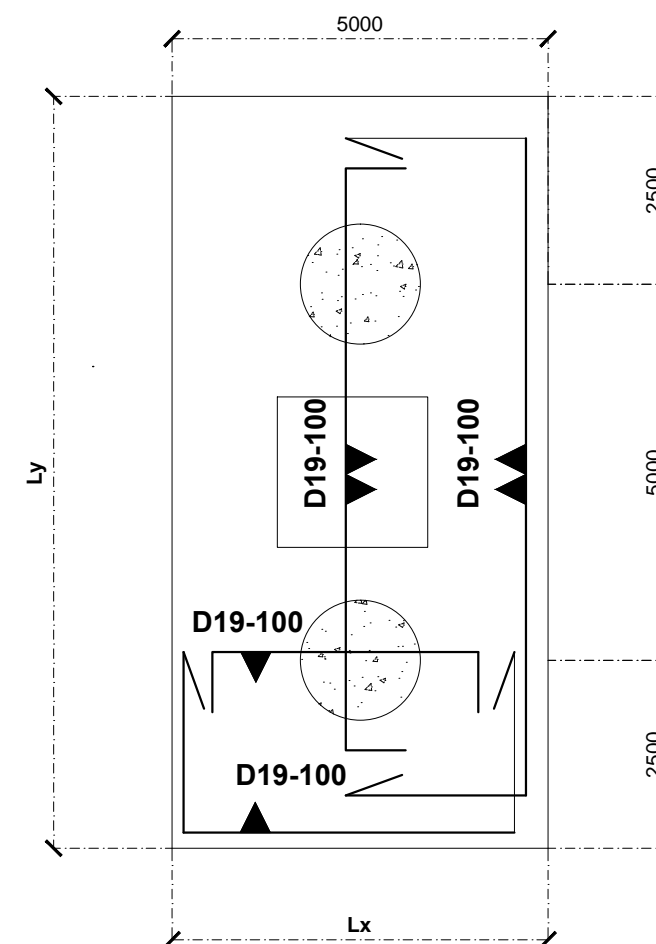
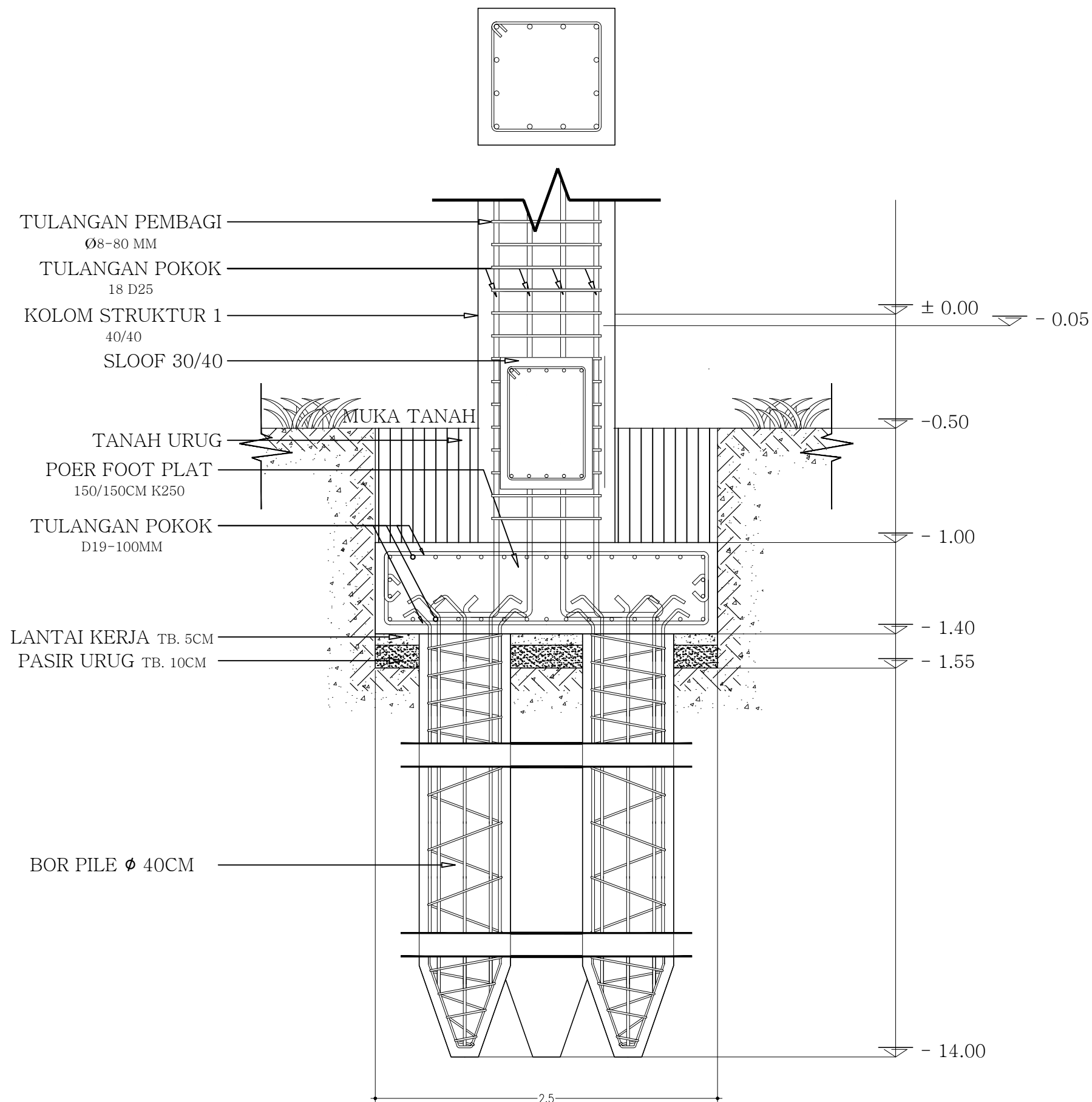
CATATAN

NOMOR

JUMLAH

41

41



DETAIL PONDASI
 SKALA NTS