TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Raka Ivan Pradana
NRP. 10111500000017

Muhammad Abdul Romli Hamzah
NRP. 10111500000024

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

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

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Raka Ivan Pradana
NRP. 10111500000017

Muhammad Abdul Romli Hamzah
NRP. 10111500000024

DOSEN PEMBIMBING
Dr.Ir.Dicky Imam Wahjudi,MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

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

APPLIED FINAL PROJECT - RC145501

STRUCTURE REDESIGN OF REGIONAL PUBLIC HOSPITAL K.R.M.T WONGSONEGORO USING INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAMES (IMRF)

Raka Ivan Pradana
NRP. 10111500000017

Muhammad Abdul Romli Hamzah
NRP. 10111500000024

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

DIPLOMA III PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

TUGAS AKHIR TERAPAN

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya Pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Mahasiswa I	**Mahasiswa II**
Raka Ivan Pradana	**M. Abdul Romli Hamzah**
NRP. 10111500000017	**NRP. 10111500000024**

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing

0 1 AUG 2018

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

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

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 : 9 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	**Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSUD K.R.M.T. Wongsonegoro Dengan Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)**		
Nama Mahasiswa	**Raka Ivan P**	NRP	**10111500000017**
Nama Mahasiswa	**M. Abdul Ramli H**	NRP	**10111500000024**
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 195902091986031002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 195902091986031002
1. Penulangan pelat 2. Penulangan tangga 3. Bar. Bending schedule → detail penulangan 4. Denah pembalokan sloof 5. Perhitungan penulangan geser balok	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001
1. Cover → proposal diganti TA 2. Tul. kaki pada sloof dan balok 3. Pondasi dalam → tiang pancang atau strauss 4. Jarak bersih antar tulangan pada balok 5. Kombinasi beban untuk desain pondasi 10. Tul minimum balok	Afif Navir Revani, ST. MT NIP 198409192015041001
	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS	Nur Achmad Husin, ST. MT	Afif Navir Revani, ST. MT	-
NIP 195902091986031002	NIP 197201151998021001	NIP 198409192015041001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS	-
	NIP195902091986031002	NIP -

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RAKA IVAN P — 2 M. ABDUL ROMLI H
NRP : 1 10111500000017 — 2 10111500000024
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. DICKY IMAM WAHJUDI, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	08-03-208	Perombakan prelim dubab 3,				
		Preliminary, pembebanan dan revisi				
		gambar hasil preliminary balok,		B	C	K
		Pelat, tolom disamparkan dalam		☐	☐	☐
		gambar denah pmbalokan beserta				
		notasinya). Memperbaiki pembebanan				
		merata dan terpusat pada tangga		B	C	K
		dan pelat.		☐	☐	☐
2	12-04-2018	Koreksi pelat. Tulis satu				
		contoh lalu dikasih tabel				
		beserta perincian yang lengkap		B	C	K
		seperti ukuran dimensi balok, dll		☐	☐	☐
		dan gambar be,tf. Koreksi				
		pada balok dan sloof yang dobelny				
		ada dinding. Lanjutkan permodelan		B	C	K
		struktur pada SAP.		☐	☐	☐
				B	C	K
				☐	☐	☐

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

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
http://www.diplomasipil-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 ZAKA IVAN P — 2 M ABDUL ROMLI H
NRP : 1 10111[illegible]0017 — 2 10111[illegible]0024
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Imam Wahjudi, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3	9 Mei 2018	- Beban pelat diubah trapesium				
		dan segitiga hrs pilu ekuivalen.				
		Yelp weight multplier warna		B	C	K
		dengan sumbu z kebawah (-1)		☐	☐	☐
		- elemen SAP hanya balok dan kolom				
		- yang dimasukkan ke joint adalah				
		beban mati pelat + Beban hidup		B	C	K
		(bukan direduksi)		☐	☐	☐
		- Perhitungan tangga menggunakan				
		momen pada SAP (Shell)				
		- pelat coba cek yang mempunyai		B	C	K
		momen besar adalah kenapa pendek		☐	☐	☐
		(bukan utama) yang kenapa panjang				
		hubungan pembagi				
				B	C	K
				☐	☐	☐
				B	C	K
				☐	☐	☐

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

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

TUGAS AKHIR TERAPAN

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya Pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Mahasiswa I	**Mahasiswa II**
Raka Ivan Pradana	**M. Abdul Romli Hamzah**
NRP. 10111500000017	**NRP. 10111500000024**

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing

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

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Mahasiswa I	**: Raka Ivan Pradana**
NRP	**: 10111500000017**
Mahasiswa II	**: M. Abdul Romli Hamzah**
NRP	**: 10111500000024**
Jurusan	**: Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil FV - ITS**
Dosen Pembimbing	**: Dr.Ir.Dicky Imam Wahjudi, MS.**
NIP	**: 19590209 198603 1 002**

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir ini menggunakan Gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro berlokasi di Jalan Fatmawati No.1, Mangunharjo,Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT) diketahui bahwa gedung tersebut berada pada kelas situs tanah keras dan termasuk dalam kategori desain seismik C sehingga penggunaan metode SRPMM diperkenankan.

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan pengumpulan data, yakni gambar arsitektur dan struktur bangunan, data tanah, serta literatur yang digunakan. Kemudian menentukan sistem struktur yang digunakan, dan menghitung preliminary design. Selanjutnya dilakukan beberapa analisis, antara lain analisis pembebanan, struktur primer, struktur sekunder, yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan penulangan elemen struktur. Sampai dengan tahap ini, dilakukan cek persyaratan, yang apabila tidak memenuhi, maka harus dilakukan perhitugan ulang sesuai dengan tahap awal yakni preliminary design. Apabila telah sesuai yang dipersyaratkan, maka dilanjutkan ke tahap gambar konstruksi, perhitungan volume penulangan elemen struktur dan bar bending schedule.

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan ini diperoleh hasil perhitungan struktur sebagai berikut, yakni terdapat 6 tipe pelat pada pelat lantai dan pelat atap dengan ketebalan 12 cm, dengan menggunakan diameter tulangan Ø10, serta ketebalan 15 cm pada pelat tangga dan bordes dengan menggunakan diameter tulangan Ø13 pada arah X dan Y. Memiliki 1 tipe sloof dengan menggunakan tulangan lentur sebesar D19 dan Ø10 untuk tulangan geser. Memiliki 2 tipe balok induk dengan menggunakan tulangan lentur sebesar D19, tulangan puntir sebesar Ø16, dan Ø10 untuk tulangan geser. Memiliki 2 tipe balok anak dengan menggunakan tulangan lentur sebesar D19, tulangan puntir sebesar Ø16, dan Ø10 untuk tulangan geser. Memiliki 1 tipe balok lift dengan menggunakan tulangan lentur sebesar D19, tulangan puntir sebesar Ø16, dan Ø10 untuk tulangan geser. Memiliki 1 tipe kolom dengan menggunakan tulangan lentur sebesar D25, dan Ø10 untuk tulangan geser. Terdapat 1 tipe pilecap dengan ketebalan 70 cm, menggunakan diameter tulangan D22, masing-masing pilecap memiliki 2 buah tiang pancang dengan menggunakan tipe tiang pancang kelas B dengan spesifikasi tiang, diameter 40 cm, tebal 7,5 cm, M crack 7,5 t.m, dan P ijin 115 ton yang dipasang pada kedalaman 13m dari muka tanah, dan apabila ditotal secara keseluruhan bangunan ini memiliki total 77 buah pile cap dan 154 buah tiang pancang. Pada perhitungan volume tulangan dan cor beton pada portal memanjang as B dan portal melintang as 5, didapat rasio portal memanjang as B untuk balok induk yakni 229,247 kg/m³, sloof sebesar 285,134 kg/m³, balok atap sebesar 208,727 kg/m³, rasio kolom sebesar 258,247 kg/m³, dan rasio pile cap sebesar 310,948. Pada portal melintang as 5 didapat rasio untuk balok induk yakni 231,122 kg/m³, sloof sebesar 282,694 kg/m³, balok atap sebesar 206,612 kg/m³, rasio kolom sebesar 258,279 kg/m³, dan rasio pile cap sebesar 310,94857 kg/m^3.

Kata kunci: kategori desain seismik, SRPMM, bar bending schedule, hasil perhitungan.

STRUCTURE REDESIGN OF REGIONAL PUBLIC HOSPITAL K.R.M.T WONGSONEGORO USING INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAMES (IMRF)

Student I	**: Raka Ivan Pradana**
NRP	**: 10111500000017**
Student II	**: M. Abdul Romli Hamzah**
NRP	**: 10111500000024**
Department	**: Civil Inftrasctucture Engineering**
Course	**: Diploma III of Civil Engineering**
Faculty	**: Vocational – ITS**
Supervisor	**: Dr.Ir.Dicky Imam Wahjudi, MS.**
NIP	**: 19590209 198603 1 002**

ABSTRACT

This final project using Regional Public Hospital K.R.M.T Wongsonegoro building, it is located at Fatmawati street Number 1, Mangunharjo, Tembalang, Semarang City, Central Java. Based on the results of Standart Penetration Test (SPT) it is known that the building is in a hard soil site class and included in the category of C seismic design so that the use of the IMRF method is permitted.

The methodology of this final project begins with data collection, architectural drawings and building structures, soil data, and using some literatures. Also, to determine which system of structure should be use and do the preliminary design. Next step, some analysis should be done, such as load analysis, primary structure, secondary structure, followed by calculating the need for structural element reinforcement. For this step, we must check the results with some conditions, if it doesn't fit must be re-done in accordance with the initial stage of preliminary design. then proceed to the construction drawing, calculate the volume of structural element reinforcement and bar bending schedule.

Based on the results of this calculation, we get the result of the calculation of the structure as follows: there are 6 types of

plates on the floor plate and the roof plate with a thickness of 12 cm, using Ø10 diameter, and 15 cm on the ladder plate and landing with using Ø13 diameter in X and Y direction. Has 1 type of sloof using reinforcement of D19 and Ø10 for shear reinforcement. It has 2 types of main beams using primary reinforcement of D19, Ø16 for torsion reinforcement, and Ø10 for shear reinforcement. It has 2 types of secondary beams using bending reinforcement of D19, Ø16 for torsion reinforcement, and Ø10 for shear reinforcement. Has 1 type of elevator beam by using reinforcement of D19, Ø16 for torsion reinforcement, and Ø10 for shear reinforcement. Has 1 column type using reinforcement of D25, and Ø10 for shear reinforcement. There is one type of pilecap with a thickness of 70 cm, using the diameter of the reinforcement D22, each pilecap has 2 piles using B grade pile with the following pole specifications, diameter pile is 40 cm, wall thickness is 7,5 cm, M crack is 7,5 t.m, and P allowable is 115 ton and the piles is installed at 13 meters of depth from the ground, and overall this building has a total of 77 pile caps and 154 total piles. In the calculation of reinforcement and concrete casting on the longitudinal portal of B and the transverse portal as 5, the longitudinal portal ratio as B for the main beam is 229,247 kg/m³, sloof is 285,134 kg/m³, roof beam is 208,727 kg/m³, column ratio is 258,247 kg/m³, and the pile cap ratio is 310,948. In the transverse portal as 5, the ratio of main beam 231,122 kg/m³, the sloof is 282,694 kg/m³, the roof beam is 206,612 kg / m³, the column ratio is 258,279 kg/ m³ and the pile cap ratio is 310,94857 kg/ m^3.

Keywords: seismic design category, IMRF, bar bending schedule, calculation result.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai langkah awal kelulusan untuk menyelesaikan Pendidikan Program Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil ITS

Selama menyusun tugas akhir ini hingga selesai, tak lepas dari bantuan semua pihak yang telah membantu kami. Dalam kesempatan yang baik ini, perkenankan kami mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Bapak Dr.Ir.Maschsus Fawzi, MT; selaku Koordinator Program Studi Diploma III Teknik Infrastrukur Sipil,Fakultas Vokasi, ITS
2. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahjudi,MS. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing kami dengan baik selama proses pengerjaan.
3. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahjudi,MS. selaku dosen wali kami.
4. Orang tua /wali kami, saudara-saudara kami tercinta yang senantiasa memberikan doa dan semangat, sehingga kami dapat menyelesaikan dengan lancar.

Kami berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan khususnya pada diri kami sendiri.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK..... i
ABSTRACT..... iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI..... vii
DAFTAR NOTASI xiii
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR TABEL xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 3
1.6 Data Perencanaan 4
1.7 Peta Lokasi 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Referensi Peraturan Yang Digunakan 5
2.2 Identifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah 5
2.3 Persyaratan Perhitungan Komponen Struktur Bangunan dengan Metode SRPMM 11
2.3.1 Perencanaaan Balok 11
2.3.2 Perencanaaan Kolom 15
2.4 Pembebanan 19

2.4.1 Beban Mati 19
2.4.2 Beban Hidup 19
2.4.3 Beban Gempa 20
2.4.4 Beban Angin 20
2.4.5 Beban Hujan 20
2.5 Kombinasi Pembebanan 21
BAB 3 METODOLOGI 23
3.1 Perancaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*) 23
3.1.1 Penentuan Dimensi Pondasi 24
3.1.2 Penentuan Dimensi Plat 27
3.1.2 Penentuan Dimensi Sloof dan Balok 30
3.1.3 Penentuan Dimensi Kolom 31
3.2 Analisis Pembebanan 32
3.3 Analisis Struktur 33
3.4 Analisis Gaya Dalam 34
3.6 Perhitungan Penulangan Struktur 34
BAB 4 PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR 37
4.1 Data Bangunan 37
4.2 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa 40
4.3 Preliminary Desain 42
4.3.1 Perencanaan Dimensi Balok 42
4.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom 44

4.3.3 Perencanaan Dimensi Plat 45
4.3.4 Perencanaan Tangga 49
4.3.5 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design ... 50
4.4 Perhitungan Pembebanan 50
4.4.1 Pembebanan Pada Plat 50
4.4.2 Pembebanan Tangga 51
4.4.3 Pembebanan Dinding 52
4.4.4 Beban Angin 52
4.4.5 Beban Hujan 55
4.4.6 Beban Lift 55
4.4.7 Beban Gempa 59
4.4.8 Permodelan Struktur 62
BAB 5 PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR 65
5.1 Pelat 65
5.1.1 Rekapitulasi tulangan pelat lantai 72
5.2 Pelat Tangga dan Bordes 73
5.2.1 Rekapitulasi Penulangan Plat Tangga dan Bordes 87
5.3 Balok 87
5.3.1 Balok Sloof 87
5.3.2 Balok Induk 129
5.3.3 Balok Lift 176
5.3.4 Balok Anak 222

5.3.5 Balok Induk Atap 268
5.4 Kolom 313
5.5 Perencanaan Pondasi 349
5.5.1 Denah Pondasi yang ditinjau 349
5.5.2 Pekerjaan Penyelidikan Tanah 350
5.5.3 Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang 350
5.5.4 Perhitungan Spesifikasi Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Bahan 351
5.5.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Kekuatan Tanah 353
5.5.6 Perhitungan Tiang Pancang 356
5.5.7 Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang 360
5.5.8 Perhitungan *Pile Cap* 365
5.6 Perhitungan Volume Besi 371
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 385
6.1 Kesimpulan 385
6.2 Saran 393
DAFTAR PUSTAKA 395
BIODATA PENULIS 397
LAMPIRAN 400
A. Data Tanah 400
B. Spesifikasi Keramik 401
C. Spesifikasi Plafond 401
D. Brosur spesifikasi bata ringan 402

E. Brosur Spesifikasi tiang pancang.....402
F. Brosur spesifikasi *hammer* pancang.....403

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

Ag = Luas bruto penampang (mm^2)

An = Luas bersih penampang (mm^2)

Atp = Luas penampang tiang pancang (mm^2)

Al = Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi(mm^2)

As = Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)

As' = Luas tulangan tekan (mm^2)

At = Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (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)

b_w = Lebar badan balok atau diameter penampang bulat(mm) ke garis netral (mm)

C_m = Faktor lain yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekivalen

C_t = bn.d / Σx.2y, faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

d_b = 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)

Ix = Momen inersia terhadap sumbu x (mm^4)

Iy = Momen inersia terhadap sumbu y (mm^4)

Ig = Momen inersia penampang bruto terhadap garis sumbunya dengan mengabaikan tulangannya (mm^4)

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

L = Panjang bentang balok (mm)

l_b = Panjang penyaluran (mm)

ld_b = Panjang penyaluran dasar (mm)

lh_b = Panjang penyaluran kait (mm)

ld_h = Panjang kait (mm)

lx = Ukuran bentang terkecil pelat (mm)

ly = Ukuran bentang terbesar pelat (mm)

Mu = Momen terfaktor (N-mm)

Mn = Momen nominal (N-mm)

Mtx = Momen tumpuan arah sumbu x (N-mm)

Mty = Momen tumpuan arah sumbu y (N-mm)

Mlx = Momen lapangan arah sumbu x (N-mm)

Mly = Momen lapangan arah sumbu y (N-mm)

$M1_b$ = Nilai yang lebih kecil dari momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisa rangka elastis konvensional, positif bila komponen struktur melengkung dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melengkung dalam kelengkungan ganda

$M2_b$ = Nilai yang lebih besar dari momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisa rangka elastis konvensional (N-mm)

P_b = Kuat beban aksial nominal dalam kondisi regangan seimbang (N)

P_c = Baban kritis (N)

Pn = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (S)

S = Jarak sengkang (mm)

S_{max} = Jarak maksimum sengkang yang diijinkan (mm)

Tc = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton (N-mm)

T_n = Kuat torsi nominal (N-mm)

T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton (N-mm)

T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang (N-mm)

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan 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)

$x1$ = Jarak dari pusat ke pusat yang pendek dari sengkang tertutup (mm)

$y1$ = Jarak dari pusat ke pusat yang panjang dari sengkang tertutup (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

αm = Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel

β_d = Rasio beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor, dimana beban yang ditinjau hanyalah beban gravitasi dalam menghitung Pc

β_c = Perbandingan sisi kolom terpanjang dengan sisi kolom terpendek

ρb = Rasio tulangan tarik non pratekan

ρmax = Rasio tulangan tarik maksimum

ρmin = Rasio tulangan tarik minimum

ρ' = Rasio tulangan tekan pada penampang bertulangan ganda

φ = Faktor reduksi kekuatan

σ = Tegangan ijin baja (kg/cm^2)

σ_o = Tegangan yang terjadi pada suatu penampang (kg/cm^2)

τ = Tegangan geser yang diijinkan (kg/cm^2)

τ_o = Tegangan geser pada suatu penampang (kg/cm^2)

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)

εc = Regangan dalam beton (mm)

εcu = Regangan beton maksimum di mana terjadi keretakan(mm)

εs = Regangan pada baja tarik (mm)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro. 4

Gambar 2.2 Anatomi grafik respons spektrum 9

Gambar 3.1 Flow Chart Perencanaan Struktur Bangunan 23

Gambar 3.2 Mekanisme daya dukung. 24

Gambar 3.3 Grafik perhitungan daya dukung terpusat (qd). 26

Gambar 3.4 Arah lx,ly plat 1 arah. 27

Gambar 3.5 Arah lx,ly plat 2 arah. 28

Gambar 4.1 Tampak Selatan Bangunan 38

Gambar 4.2 Tampak Utara Bangunan 38

Gambar 4.3 Tampak Barat Bangunan 39

Gambar 4.4 Tampak Barat Bangunan 39

Gambar 4.5 Denah Bangunan 40

Gambar 4.7 Denah Balok Lt. Dasar 43

Gambar 4.8 Pelat yang ditinjau 45

Gambar 4.9 Detail Tangga 49

Gambar 4.10 Denah lift lantai atap 56

Gambar 4.11 Detail denah mesin lift 56

Gambar 4.12 Pembebanan Pada Balok ..... Pengganttung Lift 58

Gambar 4.13 Pendefinisian awal respons spectrum dalam SAP2000 59

Gambar 4.14 Penginputan nilai Ss,S1 dan kelas situs tanah 59

Gambar 4.15 Pembuatan *load cases* pada sap. 60

Gambar 4.16 Pengaturan model kegempaan pada SAP. 60

Gambar 4.17 Pengaturan nilai gempa pada ..... masing – masing arah (Ex dan Ey) 61

Gambar 4.18 Cara Penginputan nilai joint mass ..... pada setiap joint kolom dalam SAP. 62

Gambar 4.19 Permodelan 3D Open Frame..... 63

Gambar 4.20 Permodelan Tampak Depan (XZ)..... 63

Gambar 4.21 Permodelan Tampak Belakang (XZ) 63

Gambar 4.22 Permodelan Tampak Samping (YZ) 64

Gambar 4.17 Diagram momen (M33) 64

Gambar 5.1 Pelat yang Ditinjau..... 65

Gambar 5.2 Penulangan Pelat..... 72

Gambar 5.3 Denah tangga 73

Gambar 5.4 Momen stress diagram tangga 74

Gambar 5.5 Momen stress diagram bordes 75

Gambar 5.6 Balok sloof tinjau..... 89

Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok..... 112

Gambar 5.8 Geser Desain untuk SRPMM..... 116

Gambar 5.9 balok induk yang ditinjau 130

Gambar 5.10 Balok Lift Yang Ditinjau 177

Gambar 5.11 balok anak tinjau..... 223

Gambar 5.12 balok induk yang ditinjau 269

Gambar 5.13 Kolom Yang Ditinjau.....314

Gambar 5.14 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang).....321

Gambar 5.15 Hasil Diagram Interaksi PCACOL 324

Gambar 5.16 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang).....334

Gambar 5.17 ρ_{perlu} PCACOL 336

Gambar 5.18 Detail Penulangan Kolom.....343

Gambar 5.19 Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM345

Gambar 5.20: Denah Pondasi Tiang Pancang 349

Gambar 5.21 Data NSPT sampai kedalaman 13 meter354

Gambar 5.22 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang. 355

Gambar 5.23 Detail dimensi tiang pancang.....357

Gambar 5.24 Gaya yang bekerja pada Pondasi Tiang Pancang.....357

Gambar 5.25 Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang.....360

Gambar 5.26 Bidang kritis kolom terhadap pile cap .361

Gambar 5.27 Tegangan geser pons pada pile cap yang terjadi di bidang kritis.....364

Gambar 5.28 Gaya yang bekerja pada Pile Cap 366

Gambar 5.29 Detail Penulangan Poer.....370

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien situs, F_a. 6

Tabel 2.2 Koefisien situs, F_v 7

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek 8

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik..... 8

Tabel 3.1: Itensitas gaya geser dinding tiang 26

Tabel 3.2 Tebal minimum Plat 1 arah SNI 27

Tabel 3.3 Tebal Plat 2 Arah SNI 28

Tabel 3.4 Tebal Minimum Balok 30

Tabel 4.1 Dimensi lift 57

Tabel 5.1 Tabel momen pelat 67

Tabel 5.2 Tabel penulangan balok sloof 128

Tabel 5.3 Tabel penulangan balok induk 176

Tabel 5.4 Tabel penulangan balok lift. 221

Tabel 5.5 Tabel penulangan balok anak 267

Tabel 5.6 Tabel penulangan balok induk atap 313

Tabel 5.7 Tabel penulangan kolom 349

Tabel 5.8 Tabel spesifikasi tiang pancang 350

Tabel 5.9 Tabel efisiensi hammer ENR 351

Tabel 5.10 Tabel spesifikasi hammer. 352

Tabel 5.11 Perbandingan hasil daya dukung tiang pancang 356
Tabel 5.12 Tabulasi kombinasi gaya terhadap pondasi 356
Tabel 5.13 Volume besi pile cap 371
Tabel 5.14 Volume besi kolom 372
Tabel 5.15 Volume besi sloof 373
Tabel 5.16 Volume besi balok induk 374
Tabel 5.17 Volume besi balok anak 375
Tabel 5.18 Volume besi Tangga dan Bordes 376
Tabel 5.19 volume besi pelat lantai 378
Tabel 6.1 Rekap penulangan pelat tiap lantai. 386
Tabel 6.2 Rekap penulangan pelat tangga dan bordes 386
Tabel 6.3 Rekap penulangan balok 387
Tabel 6.4 Rekap penulangan kolom. 387
Tabel 6.5 Rekap penulangan poer. 388
Tabel 6.6 Rekap pemasangan tiang pancang 389
Tabel 6.7 Kebutuhan lonjor balok dan kolom 392
Tabel 6.8 Volume portal memanjang pada as B 392
Tabel 6.9 Volume portal melintang pada as 5 393

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Sakit Umum Daerah K.R.M.T Wongsonegoro merupakan bangunan yang terletak di jalan Jl. Fatmawati No.1, Mangunharjo, Tembalang, Kota Semarang yang digunakan untuk pelayanan masyarakat di daerah khususnya Jawa Tengah. RSUD K.R.M.T Wongsonegoro ini direncanakan memiliki jumlah lima lantai dengan atap pelat beton.

Dalam perencanaan terdapat beban mati, beban hidup dan beban lateral (gempa, dan angin), beban mati meliputi (pelat, balok, kolom, pelat, plafond, keramik, spesi, dll), beban hidup yang digunakan adalah rumah sakit dan beban hidup yang digunakan diantaranya (koridor,ruang pasien, atap,tangga), beban lateral diantaranya terdapat beban angina dan beban gempa, dalam menahan beban gempa ada beberapa sistem yang dapat diterapkan dalam struktur bangunan untuk menahan beban gempa yang akan terjadi. Salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Dalam sistem ini beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem Rangka Pemikul momen terbagi lagi menjadi beberapa kategori desain seismik berdasarkan lokasi perencanaan. Pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko rawan kegempaan tinggi dengan kategori desain seismik D, E, dan F direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), untuk lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan sedang dengan kategori desain seismik C direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan rendah dengan kategori desain seismik A dan B direncanakan

dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

Bangunan RSUD K.R.M.T Wongsonegoro ditinjau dari fungsi bangunannya merupakan bangunan dengan Kategori resiko IV. Untuk memenuhi syarat menggunakan metode SRPMM maka data tanah menggunakan data di kota Balikpapan. Dengan analisa data tanah yang ada pada wilayah kota Balikpapan termasuk dalam kelas situs tanah keras dan wilayah tersebut termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) C. Berdasarkan persyaratan metode yang harus digunakan dalam tugas akhir ini minimal menggunakan metode SRPMM, maka data tanah kota Balikpapan dapat dipakai untuk memenuhi persyaratan metode SRPMM.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dihadapi dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana perhitungan perencanaan dimensi struktur gedung dengan SRPMM dilakukan?
2. Bagaimana menghitung kebutuhan penulangan pada balok, kolom, pelat, tangga, dan *pilecap*.
3. Bagaimana mengaplikasikan hasil rencana dari perhitungan ulang Gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro 5 lantai ke dalam laporan dan gambar?
4. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan *Bar Bending Schedule?*

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa beban gempa dilakukan dengan metode analisa respons spektrum berdasarkan SNI-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan

Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2. Pekerjaan ini hanya membahas perhitungan perencanaan struktural dan tidak membahas manajemen kontruksi, analisis biaya maupun segi arsitektural.
3. Perhitungan Pembebanan menggunakan SNI 1727-2013
4. Untuk memenuhi syarat SRPMM maka data tanah menggunakan data tanah daerah Balikpapan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung dan merencanakan dimensi struktur dan penulangan struktur beton bangunan gedung RSUD K.R.M.T Wonsonegoro dengan menggunakan metode SRPMM.
2. Mendapatkan kebutuhan penulangan balok, kolom, pelat, tangga, dan *pilecap*.
3. Mengaplikasikan hasil perhitungan perencanaan Gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro 5 lantai kedalam laporan dan gambar.
4. Menghitung dan merencanakan *Bar Bending Schedule*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan desain struktur gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro denga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.
2. Mendapatkan hasil kebutuhan penulangan balok, kolo, pelat, tangga dan *pilecap*.

3. Mendapatkan hasil perencanaan gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro dalam bentuk laporan dan gambar.
4. Mampu Menghitung dan merencanakan *Bar Bending Schedule.*

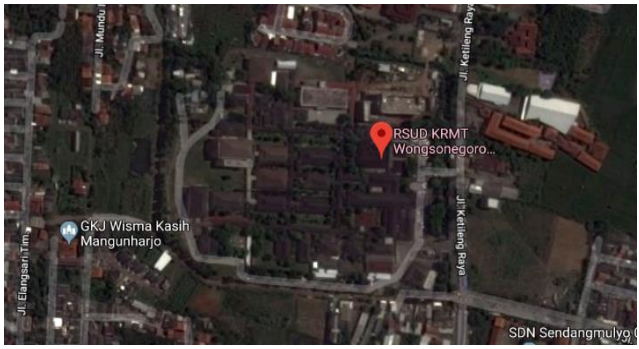
1.6 Data Perencanaan

Data perencanaan pembangunan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

Nama Proyek : RSUD K.R.M.T Wonsonegoro
Lokasi Proyek : Jl. Fatmawati No.1, Mangunharjo, Tembalang, Kota Semarang
Kontraktor : PT. Sinar Cerah Sempurna
Struktur atas : lantai 2 s/d 4 beton bertulang dan atap pelat beton
Struktur Bawah : Pondasi Tiang Pancang

1.7 Peta Lokasi

RSUD K.R.M.T Wonsonegoro terletak di Jl. Fatmawati No.1, Mangunharjo, Tembalang, Kota Semarang dengan peta lokasi sebagai berikut:



Gambar 1.1 Lokasi gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Referensi Peraturan Yang Digunakan

Tinjauan pustaka ini dijelaskan mengenai teori dan studi pustaka yang digunakan sebagai tinjauan untuk menyelesaikan perhitungan struktur bangunan gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro. Dalam perhitungan struktur bangunan perlu memperhatikan aturan-aturan agar bangunan ini dapat sesuai dengan kriteria yang berlaku. Berikut ini kutipan peraturan-peraturan yang menjadi dasar perhitungan pada laporan tugas akhir ini:

1. SNI 2847-2013 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung)
2. SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)
3. SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

2.2 Identifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Untuk menentukan suatu bangunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, maka terlebih dahulu diidentifikasi dengan mencari nilai-nilai berikut:

1. Menentukan faktor keutamaan dan kategori resiko bangunan sesuai dengan SNI 1726 - 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.
   Menurut tabel 1 SNI 1726:2012 bahwa gedung rumah sakit yang digunakan termasuk dalam kategori resiko 4.
2. Menghitung data tanah dari letak bangunan yang telah diperoleh, yaitu menghitung nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata.

3. Menentukan kelas situs tanah dari analisa nilai SPT sesuai dengan tebal lapisan tanah. Setelah didapatkan nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata, kemudian dapat menentukan kelas situs tanah. Berdasarkan tabel 3 mengenai klasifikasi situs pada SNI 1726:2012, hasil daripada nilai *SPT* termasuk dalam kategori tanah keras (SC)
4. Mencari nilai Ss dan S1 berdasarkan Peta Hazzard (http://puskim.pu.go.id/aplikasi-3) menurut Gempa Indonesia sesuai dengan lokasi dibangunnya gedung tersebut.
5. Menentukan koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode 1 detik (F_v).

Tabel 2.1 Koefisien situs, F_a.

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T=0.2 detik, Ss				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
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				

Sumber: Tabel 4 Koefisien situs, F_a SNI 1726:2012.

Tabel 2.2 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, 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	2.0	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS[b]				

Sumber : Tabel 5 Koefisien situs, Fv SNI 1726:2012

6. Menentukan parameter spektrum respon percepatan gempa pada perioda pendek (S_{MS})

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

(**Sumber SNI 1726:2012 Persamaan 5**)

7. Menentukan parameter spektrum respon percepatan gempa pada perioda 1 detik (S_{M1})

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

(**Sumber SNI 1726:2012 Persamaan 6**)

8. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS})

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

(**Sumber SNI 1726:2012 Persamaan 7**)

9. Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (S_{D1})

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \text{.....(2.4)}$$

(**Sumber SNI 1726:2012 Persamaan 8**)

10. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori resiko	
	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 : Tabel 6 –Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek SNI 1726:2012.

11. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

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

Nilai S_{D1}	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.067 \leq S_{DS} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{DS} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : Tabel 7 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik SNI 1726:2012

12. menentukan nilai koefisien modifikasi respons (R).
    Berdasarkan Tabel-9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai R = 5, C_d = 3, dan Ω_0 = 4,5
13. Menentukan perioda fundamental struktur dengan pendekatan

$$Ta = C^t \cdot h_n^x \ldots\ldots\ldots\

V = gaya geser akibat gempa yang bekerja pada dasar bangunan.
S_{DS} = percepatan spectral respons.
I_e = faktor keutamaan bangunan menurut Tabel 2 SNI 1726 : 2012.
R = koefisien modifikasi respons menurut Tabel 9 SNI 1726 : 2012.
W = berat seismik efektif.

$$V = \frac{SDs}{T(\frac{R}{I})}\ x\ W \text{.....(2.6)}$$

(**Sumber: SNI 1726:2012 Persamaan 23**)

15. Menentukan distribusi vertikal gaya gempa

$$F_{x,i} = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i^k}\ x\ V \text{.....(2.7)}$$

(**Sumber: SNI 1726:2012 Persamaan 31**)

dimana : $F_{x,i}$ = gaya lateral gempa yang bekerja pada elevasi balok lantai ke – i.

w_i = bagian berat seismik efektif total struktur ada lantai ke – i.
h_i = tinggi lantai ke – i diukur dari dasar.
V = gaya geser dasar akibat gempa.
k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
untuk struktur dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,

k = 1 struktur dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,
k = 2 untuk struktur dengan perioda antara 0,5 dan 2,5 detik,
k sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.
Sumber : Persamaan 30,31 SNI 1726:2012

2.3 Persyaratan Perhitungan Komponen Struktur Bangunan dengan Metode SRPMM

Adalah salah satu sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan KDS C. Dan harus memenuhi persyaratan dalam SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non- Gedung dan SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung pasal 21.3 tentang SRPMM.

2.3.1 Perencanaaan Balok

Perhitugan Tulangan Lentur Balok

1. Ambil suatu harga $x \leq 0{,}75\ x_b$

$$x_b = \frac{600}{600+f_y}.d \quad \text{.....(2.8)}$$

2. Ambil Asc berdasarkan x rencana

$$A_{sc} = \frac{0{,}85.\beta_1.fc'.x}{f_y} \quad \text{.....(2.9)}$$

3. Hitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc}f_y\left(d - \frac{\beta_1.x}{2}\right) \quad \text{..... (2.10)}$$

4. Hitung $M_n - M_{nc}$
   Apabila: $M_n - M_{nc} > 0$ Perlu tulangan tekan
   $M_n - M_{nc} \leq 0$ Tidak perlu tulangan tekan
5. Bila perlu tulangan tekan maka dihitung dengan penulangan rangkap

$$Cs' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{(d - d'')} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.11)$$

6. Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600 \geq f_y \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.12)$$

leleh fs' = fy

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600 \leq f_y \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.13)$$

tidak leleh fs' = fs'

7. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{Cs'}{(fs' - 0{,}85.fc')} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.15)$$

8. Tulangan perlu
   As = Asc + Ass
   As'= As'
9. Kontrol kekuatan
   φ.Mn ≥ Mu
10. Bila tidak perlu tulangan tekan
    Tulangan tunggal
    - $M_n = \frac{Mu}{\phi} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.16)$

- $d = b_w - deck - Øgsr - \frac{1}{2}Dltr$ …. (2.17)

- $R_n = \frac{M_n}{b\ x\ d_x^2}$ ……(2.18)

- $\rho_b = \frac{0{,}85\ .\beta 1.f_c^{'}}{f_y}$ x $\left(\frac{600}{600+f_y}\right)$……(2.19)

- ρ_{max} =0,5$x\rho b$……(2.20)

- $\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f_y}$……(2.21)

- $m = \frac{f_y}{0.85\ \text{x}\ f_c'}$……(2.22)

- $\rho_{perlu} = \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}})$……(2.23)

Kontrol tulangan :
$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$: menggunakan ρ_{perlu}
$\rho_{min} > \rho_{perlu}$: ρ_{perlu} diperbesar 30%
$\rho_{\rho\text{perlu}(130\%)} > \rho_{\text{min}}$: ρ_{perlu}
$As_{perlu} = \rho_{yang\ dipakai}$ x b x d

$n = \frac{As}{As_{pakai}}$……(2.24)

- Perhitungan Tulangan Geser Balok
  Perencanaan tulangan geser pada dasarnya dibagi atas
  beberapa kondisi sebagai berikut :
  1. $V_u \leq 0{,}5\ Ø\ V_c$……(2.25)
  (Tidak perlu tulangan geser)

2. $0{,}5.\emptyset.V_c < V_u \leq \emptyset V_c$.....(2.26)
   (Tulangan geser minimum)
   $A_{v(\min)} = \frac{bw.s}{3.f_y}; V_{s(min)} \frac{1}{3} bw.d$..... (2.27)
   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$ ... (2.28)

3. $\emptyset.V_c < V_u \leq \emptyset\left(V_c + V_{s(min)}\right)$.....(2.29)
   (Tulangan geser minimum)
   $A_{v(\min)} = \frac{bw.s}{3.fy}; V_{s(min)} \frac{1}{3} bw.d$.....(2.30)

   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.31)

4. $\emptyset\left(Vc + V_{s(min)}\right) < Vu \leq \emptyset\left(Vc + \frac{1}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right)$....(2.32)

   Perlu tulangan Geser)
   $\emptyset V_{s\ perlu} = V_u - \emptyset V_c$.....(2.33)
   $V_s = \frac{Av.fy.d}{S}$.....(2.34)
   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.35)

5. $\emptyset\left(Vc + \frac{1}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right) < V_u \leq \emptyset\left(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right)$ (2.36)
   (Perlu tulangan geser)
   $\emptyset V_{s\ perlu} = V_u - \emptyset V_c$.....(2.37)

   $V_s = \frac{Av.fy.d}{S}$.....(2.38)
   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.39)

6. $V_s > \frac{2}{3}\sqrt{fc'}bw.d$.....,.(2.40)
   (Perbesar penampang)

Perhitungan – perhitungan tersebut diatas meliputi tulangan lentur dan geser, harus memenuhi

persyaratan SNI 2847:2013 untuk SRPMM sebagai berikut :

- Gaya tekan aksial terfaktor Pu $\leq \frac{Ag.\ fc'}{10}$
- Kekuatan momen positif $\geq \frac{1}{3}$ kekuatan momen negatif
- Kekuatan momen negatif $\geq \frac{1}{5}$ kekuatan momen maksimal
- Kekuatan momen positif $\geq \frac{1}{5}$ kekuatan momen maksimal
- Panjang sengkang $\geq$ 2 kali tebal atau tinggi keseluruhan komponen strukrur
- Jarak sengkang pertama $\leq$ 50 mm
- Spasi sengkang tidak boleh melebihi nilai yang terkecil dari:
  - 8 kali diameter batang tulangan terkecil
  - d/4
  - 24 kali diameter batang tulangan sengkang
  - 300 mm
- Sengkang harus dipastikan tidak lebih dari d/2 sepanjang bentang balok

2.3.2 **Perencanaaan Kolom**

Perhitungan penulangan lentur kolom Tulangan utama (longitudinal reinforcing) merupakan tulangan yang ikut mendukung beban akibat lentur (bending). Pada setiap penampang dari suatu komponen struktur luas, tulangan utama tidak lebih kecil dari:

$$As_{min} = \rho_{min}\ b.d \quad \text{.....(2.41)}$$

dimana: ρ_{min} = 0,01
fc' = tegangan nominal dari beton
fy = tegangan leleh dari baja

b = lebar penampang
d = tinggi efektif penampang

Luas tulangan utama komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0.01 ataupun lebih dari 0.08 kali luas bruto penampang Ag .

(**SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1**)

Jumlah minimum batang tulangan utama pada komponen struktur tekan dalam sengkang pengikat segiempat atau lingkaran adalah 4 batang.Penentuan tulangan utama kolom dapat diketahui dengan mengatahui kapasitas penampang kolom terlebih dahulu.Kapasitas penampang kolom dinyatakan dalam bentuk diagram interaksi P – M yang menunjukkan hubungan beban aksial dengan momen lentur pada kondisi batas. Gaya-gaya dalam yang terjadi pada kolom yang berada pada bagian dalam diagram interaksi berarti aman, sedangkan jika berada diluar diagram interaksi menyatakan keruntuhan. Dengan bantuan program PCACol dapat ditentukan hubungan antara beban aksial dengan momen lentur kolom dalam bentuk kurva interaksi P – M.

- Beban aksial maksimum (Mn=0)

$$P_o = \left(0{,}85.fc'.(Ag - Ast)\right) + \left(f_y.Ast\right) \text{....(2.42)}$$

$$\Phi Po = 0{,}65.Po \text{.....(2.43)}$$

- Kondisi balanced

$$Cb = \frac{0{,}003.d}{0{,}002+0{,}003} \text{.....(2.44)}$$

$$ab = \beta_1 \text{cb} \text{.....(2.45)}$$

$$Cc = 0{,}85\ x\ fc'xabxb \text{.....(2.46)}$$

Gaya aksial yang mampu diberikan penampang kolom
ketika kondisi balance:

$Pnb = Cc + Csi + Tsi$.....(2.47)

$\Phi Pnb = 0{,}65.Pnb$..... (2.48)

Kesetimbangan momen diambil terhadap titik pusat plastis
(untuk penampang simetris = ½.h),

$$Mnb = PbΘb = Cc\left(\frac{1}{2}h - \frac{1}{2}ab\right) + \sum Cs\left(\frac{1}{2}h - di\right) + \sum Ts\left(\frac{1}{2}h - di\right) \quad (2.49)$$

$\Phi Mnb = 0{,}65.Mnb$..... (2.50)

- Kondisi tekan
- $C > Cb$..... (2.51)

- Beban Aksial Tarik Maksimum
- $Pn = 0$ ..... (2.52)

  $P_{n-t} = A_{st}.f_y$..... (2.53)

- Perhitungan Tulangan Geser Kolom
  Perencanaan tulangan geser pada dasarnya dibagi atas
  beberapa kondisi sebagai berikut :
  1. $V_u \leq 0{,}5\ Ø\ V_c$.....(2.54)
  (Tidak perlu tulangan geser)

  2. $0{,}5.Ø.V_c < V_u \leq ØV_c$.....(2.55)
  (Tulangan geser minimum)

$$A_{v(\min)} = \frac{bw.s}{3.f_y}; V_{s(min)} \frac{1}{3} bw.d \ldots\ldots\ldots (2.56)$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm \ldots (2.57)$$

3. $\emptyset.V_c < V_u \leq \emptyset\left(V_c + V_{s(min)}\right)$.....(2.58)
   (Tulangan geser minimum)
   $A_{v(\min)} = \frac{bw.s}{3.fy}; V_{s(min)} \frac{1}{3} bw.d$.....(2.59)

   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.60)

4. $\emptyset\left(Vc + V_{s(min)}\right) < Vu \leq \emptyset\left(Vc + \frac{1}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right)$....(2.61)

   Perlu tulangan Geser)
   $\emptyset V_{s\ perlu} = V_u - \emptyset V_c$.....(2.62)
   $V_s = \frac{Av.fy.d}{S}$.....(2.63)
   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.64)

5. $\emptyset\left(Vc + \frac{1}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right) < V_u \leq \emptyset\left(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{fc'}.bw.d\right)$ (2.65)
   (Perlu tulangan geser)
   $\emptyset V_{s\ perlu} = V_u - \emptyset V_c$.....(2.66)

   $V_s = \frac{Av.f_y.d}{S}$.....(2.67)
   $S_{maks} \leq \frac{d}{2} dan\ S_{maks} \leq 600mm$.....(2.68)

6. $V_s > \frac{2}{3}\sqrt{fc'}bw.d$.....(2.69)

   Dalam merencanakan penulangan kolom, persyaratan yang digunakan sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5, sedangkan untuk perencanaan kekuatan geser kolom yang menahan pengaruh gaya lateral direncanakan sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3

yang memenuhi system rangka pemikul momen menengah yaitu:

- Gaya tekan aksial terfaktor Pu $> \frac{Ag.\ fc'}{10}$
- Spasi sengkang $\leq$ d/4
- Spasi sengkang $\leq$ 8 kali diameter batang tulangan terkecil
- Spasi sengkang $\leq$ 24 kali diameter batang tulangan sengkang
- Spasi sengkang $\leq$ 300 mm
- Panjang sengkang $\geq \frac{1}{6}$ bentang kolom
- Panjang sengkang $\geq$ penampang kolom terkecil
- Panjang sengkang $\geq$ 300 mm
- Jarak sengkang pertama $\leq \frac{1}{2}$ spasi sengkang

2.4 Pembebanan

2.4.1 Beban Mati

Beban mati menurut SNI 1727:2013 adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup menurut SNI 1727:2013 adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Peraturan beban hidup diaur dalam SNI 2847-2013 pasal 8.11.1 dan kombinasi beban hidup pada pasal 9.2.1.

2.4.3 Beban Gempa

Beban gempa menggunakan Analisis Respon Spektrum dengan perhitungan awal mencari S_S dan S_1 meliputi kategori kegempaan seperti pada bab 2.2

2.4.4 Beban Angin

Peraturan beban angin diatur dalam SNI 1727-2013 pasal 26. Menurut SNI 1727-2013 pasal 26.1.1 bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU), dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang untuk menahan beban angin menurut pasal 26 sampai pasal 31.

2.4.5 Beban Hujan

Peraturan beban hujan diatur dalam SNI 1727-2013 pasal 8.3 mengenai Beban Hujan Rencana dengan digunakan persamaan 8.3-1 seperti berikut:

$$R = 0.0098\ (d_s + d_h) \quad \text{.....(2.70)}$$

(**Sumber SNI 1727:2013 Pasal 8.3**)

dimana*:* R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft^2 (kN/m^2).

d_s = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

d_h = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang

masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

2.5 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726:2012 komponen elemen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban dengan kombinasi – kombinasi sebagai berikut :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E + L
6. 0,9 D + 1,0 W
7. 0,9 D + 1,0 E
8. 1D + 1L
9. 1D + 1L + 1Ex
10. 1D + 1L + 1Ey

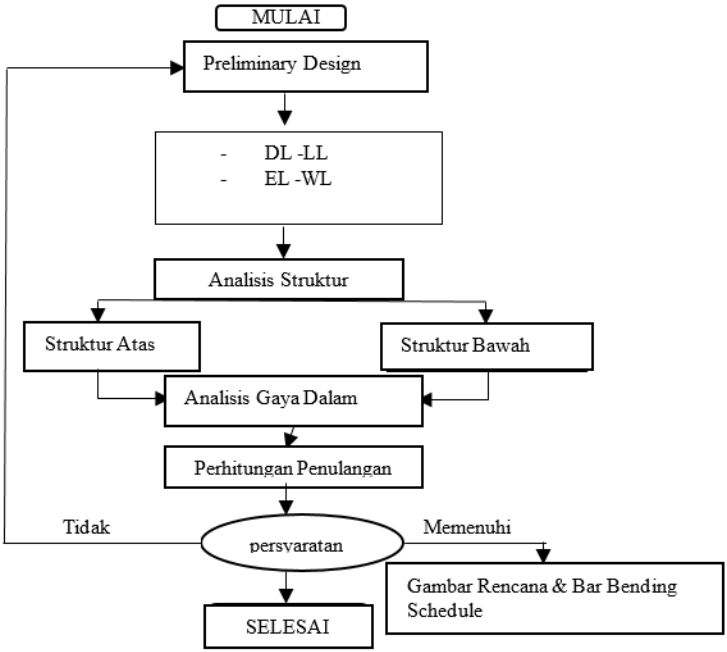
(Sumber SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2)

Keterangan: D = pengaruh dari beban mati
L = pengaruh beban hidup
R = beban air hujan
W = beban angin
E = pengaruh beban gempa

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3
METODOLOGI

Langkah – langkah dalam perencanaan struktur bangunan RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flow Chart Perencanaan Struktur Bangunan

3.1 Perancaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

Preliminary design adalah suatu tahap untuk memperkirakan dimensi – dimensi struktur sebelum melakukan perhitungan dengan bantuan program bantu untuk

memperoleh perkiraan dimensi yang mendekati sesuai. Dimensi bagian bangunan yang ditentukan dimensinya pada saat preliminary design yaitu balok, kolom dan pelat. Penentuan dimensi pada saat preliminari desain mengacu pada peraturan SNI 2847-2013

3.1.1 Penentuan Dimensi Pondasi

Daya dukung ultimit

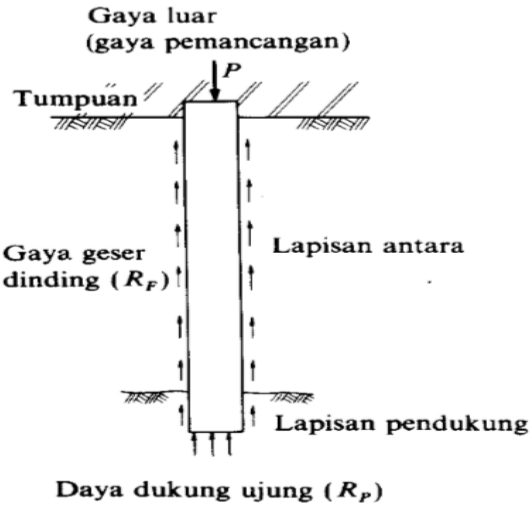
$$Ra = \frac{1}{n}\left(R_p + R_r\right) \quad \text{.....(3.1)}$$

(**Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi. Suyono Sosrodarsono Persamaan 6.4**)

dimana: R_a= Daya dukung vertikal yang di ijinkan (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)



Gambar 3.2 : Mekanisme daya dukung.

$Ra = qd\ x\ A$.....(3.2)

$Rf = U\ \Sigma\ \text{li.fi}$.....(3.3)

dimana : q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton).
A = Luas ujung tiang (m^2).
U = Panjang keliling tiang (m).
l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tanah.
f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2).

Perkiraan satuan (unit) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D pada gambar 2
dan qd/N.

L adalah panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan di peroleh dari gambar.

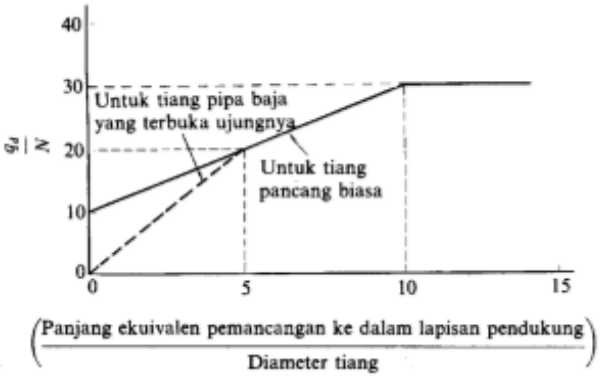
D adalah diameter tiang, $\bar{N}$ adalah harga rata-rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini :

$\bar{N} = \frac{N1+N2}{2}$.....(3.4)

(Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pondasi. Suyono Sosrodarsono Persamaan 6.7)

dimana: N_1 = nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 4D di bawah tiang.

N_2 = nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 8D di atas tiang.



Gambar 3.3: Grafik perhitungan daya dukung terpusat (qd).

(Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pon-dasi. Suyono Sosrodarsono Gambar 6.7)

Tabel 3.1: Itensitas gaya geser dinding tiang

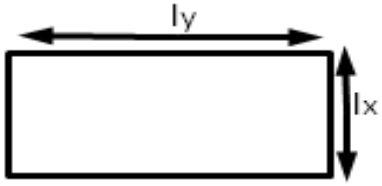
Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5}$ (≦ 10)	$\frac{N}{2}$ (≦ 12)
Tanah kohesif	c atau N (≦ 12)	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2}$ (≦ 12)

(**Sumber: Mekanika Tanah & Teknik Pon-dasi. Suyono Sosrodarsono Tabel 6.7**)

3.1.2 Penentuan Dimensi Plat

Syarat ketebalan pelat menurut SNI-032847-2013 terdapat dua tinjauan, yaitu tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi satu arah dan tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi dua arah.

- Perencanaan pelat satu arah (*one way slab*)
  Pelat satu arah terjadi apabila $l_y/l_x > 2$
  dimana l_x = bentang pendek dan l_y = bentang panjang.



Gambar 3.4 Arah lx,ly plat 1 arah.

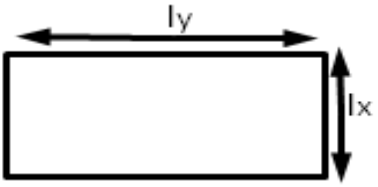
Tabel 3.2 Tebal minimum Plat 1 arah SNI
Tebal minimum yang di tentukan dapat dilihat dari tabel 2.2, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1

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 (*equilibrium density*), 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)

- Perencanaan pelat satu dua (*two way slab*)
  Pelat dua arah terjadi apabila $l_y/l_x < 2$;
  l_x = bentang pendek dan l_y = bentang panjang.



Gambar 3.5 Arah lx,ly plat 2 arah.

Tabel 3.3 Tebal Plat 2 Arah SNI

Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

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)

1. Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ penggunakan pasal 9.5.3(2) tidak lebih kecil ketentuan dibawah ini:

   - 125 mm

   -100 mm

2. Untuk $0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left[0,8 + \frac{f_y}{1400}\right]}{36 + 5\beta\left(\alpha_{fm} - 0,2\right)} \leq 125mm \,. (3.6)$$

3.Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n\left[0,8 + \frac{fy}{1400}\right]}{36+9\beta} \leq 90mm \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.7)$$

dimana: l_n = Panjang bentang bersih pada arah memenjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

fy = Tegangan leleh.

β = Rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

α_m = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel

yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

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

$$a_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \text{.....(3.8)}$$

dimana: Ib = momen inersia balok dikalikan suatu kofisien k yang besarnya:

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{hf}{hw})(4-6(\frac{hf}{hw})+4(\frac{hf}{hw})^2+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{hf}{hw})^3}{1+(\frac{be}{bw}-1)(\frac{hf}{hw})} \quad (3.9)$$

3.1.2 Penentuan Dimensi Sloof dan Balok

1. Mencari bentang sloof atau balok rencana.
2. Mencari dimensi dengan ketentuan SNI

Tabel 3.4 Tebal Minimum Balok

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/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)

Dimana, apabila mutu tulangan (fy) yang digunakan selain 420 MPa maka nilainya harus

dikalikan dengan (0,4+fy/700) untuk mendapatkan ketebalan sebesar (h) balok. Sedangkan untuk lebar (b) balok dapat menggunakan pendekatan dimana b = 2/3 h.

3. Menghitung lebar sloof atau balok dari hasil yang didapatkan dari tinggi sloof atau balok (2/3 tinggi)

3.1.3 Penentuan Dimensi Kolom

1. Menghitung inersia balok yang telah diketahui dimensinya
2. Membandingkan inersia dan panjang antara balok dan kolom
3. Menghitung dimensi kolom dari perbandingan inersia.

$$\frac{I_{Kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad \text{.....(3.10)}$$

dimana I_{Kolom} = inersia kolom ($\frac{1}{12}$ x b x h^3)

L_{Kolom} = tinggi bersih kolom.

I_{balok} = inersia balok ($\frac{1}{12}$ x b x h^3)

L_{balok} = panjang bersih balok

3.1.4 Penentuan Dimensi Tangga

Dimensi yang direncanakan yaitu ukuran tinggi tanjakan dan lebar injakan anak tangga serta plat bordes. Tinggi tanjakan dan lebar injakan anaka tangga harus memenuhi persyaratan :

$$60cm < (2t + i) < 65\ cm \ldots (3.11)$$

Keterangan: t = tinggi tanjakan < 25 cm

i = lebar injakan dengan 25 cm < i < 40 cm dan maksimal sudut tangga sebesar 40^0

3.2 Analisis Pembebanan

Perhitungan pembebanan yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Analisis pembebanan struktur adalah sebagai berikut:

1. Beban atap
   - Beban Mati:
     - Mesin lift
     - Keramik
     - Plester
     - Plafon
     - Dinding
   - Beban hidup:
     - Beban hidup lantai atap 96 kg/m^2
2. Beban pelat lantai
   - Beban mati:
     - Beban sendiri struktur plat lantai
     - Beban plafond dan penggantung sesuai dengan brosur
     - Beban instalasi listrik
     - Beban plumbing
     - Beban keramik dan spesi sesuai dengan brosur
   - Beban hidup:
     - Beban yang didapat di lantai gedung RSUD adalah dengan beban sebesar 383 kg/m^2 berfungsi sebagai koridor
     - Beban yang didapat di lantai gedung RSUD adalah dengan beban sebesar 298 kg/m^2 berfungsi sebagai ruang pasien.
     - Tangga, bordes tangga untuk rumah tinggal adalah 479 kg/m2

3. Beban tangga dan bordes
   - Beban mati
     - Beban sendiri tangga/bordes
     - Beban keramik sesuai dengan brosur
     - Beban spesi
     - Beban railing tangga
   - Beban hidup:
     - Tangga dan bordes tangga untuk rumah tinggal adalah 479 kg/m2
4. Beban gempa
   Analisa beban gempa menggunakan perhitungan respon spektrum sesuai dengan SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
5. Beban Hujan
   Beban hujan ditentukan dalam SNI 1727-2013 pasal 8.3
6. Beban Angin
   Beban angin ditentukan dalam SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

3.3 Analisis Struktur

Struktur bangunan yang di analisis dalam perencanaan bangunan kami diantaranya :

a) Struktur atas:
   - Pelat
   - Tangga
   - Balok
   - Kolom

b) Struktur bawah:
   - Poer
   - Sloof
   - Tiang Pancang

3.4 Analisis Gaya Dalam

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

a) Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati:
   1) 1,4 D
   2) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A atau R)
b) Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
   3) 1,2 D+ 1,0 L +1,6 W + 0,5 (A atau R)
   4) 0,9 D ± 1,6 W
c) Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :
   5) 1,2 D + 1,0 L ± 1,0 E
   6) 0,9 D ± 1,0 E
d) Kombinasi ijin pondasi terhadap beban hidup, mati, dan gempa :
   7) 1D + 1L
   8) 1D + 1L + 1Ex
   9) 1D + 1L +1Ey

   Keterangan : D : beban mati
   L : beban hidup
   W : beban angin
   E : beban gempa
   R : beban hujan
   A : beban atap

3.6 Perhitungan Penulangan Struktur

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standar penulangan – penulangan serta menggunakan data – data yang diperoleh dari output SAP 2000. Perhitungan penulangan dilakukan pada struktur atas dan struktur bawah. Penulangan pada struktur atas: plat tangga, balok, dan kolom. Dan juga pada struktur bawah yakni, poer dan pondasi.

a. Dari output SAP 2000 diperoleh gaya geser, momen lentur, torsi dan gaya aksial.
b. Perhitungan kebutuhan tulangan
c. Kontrol kemampuan dan cek persyaratan

CEK SYARAT :

1. PLAT
   - Kontrol jarak spasi tulangan (SNI 03-2847-2013, pasal 13.3.2)
   - Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu
   - Kontrol perlu tulangan susut dan suhu (SNI 03-2847-2013, pasal 7.12 dan pasal 7.12.2.2)

2. BALOK
   - Kontrol Mn pasang ≥ Mn untuk penulangan lentur
   - Kontrol kapasitas penulangan lentur balok dan desain SRPMM (SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.1)
   - Kontrol penulangan geser balok untuk desain SRPMM (SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.2 dan pasal 21.3.4.3)
   - Kontrol kebutuhan tulangan torsi (SNI 03-2847-2013, pasal 11.5.2 sampai dengan pasal 11.5.6)
3. KOLOM
   - Kontrol momen yang terjadi Mn pasang ≥ Mn
   - Kontrol dimensi (SNI 03-2847-2013, pasal 10.10.5 sampai dengan pasal 10.10.6)
   - Kontrol penulangan kolom untuk desain SRPMM (SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.5.2)
4. PONDASI
   - Kontrol dimensi poer
   - Kontrol geser poer

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR

4.1 Data Bangunan

1. Data Umum:

Nama Bangunan : Gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Lokasi : Jl. Fatmawati No.1, Mangunharjo, Tembalang, Kota Semarang

Tinggi Bangunan : 23,6 meter

Konstruksi Atap : Dak Beton

2. Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang di lakukan laboratorium Uji tanah PT.Sanpala Inticon. 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:

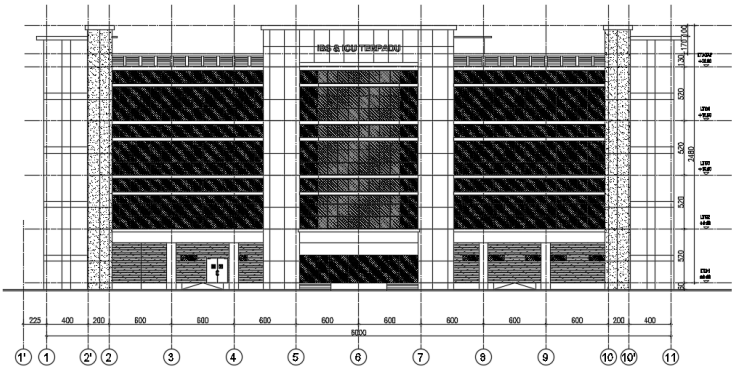
Mutu beton (fc') = 30 MPa

Mutu tulangan lentur (f_y) = 400 MPa

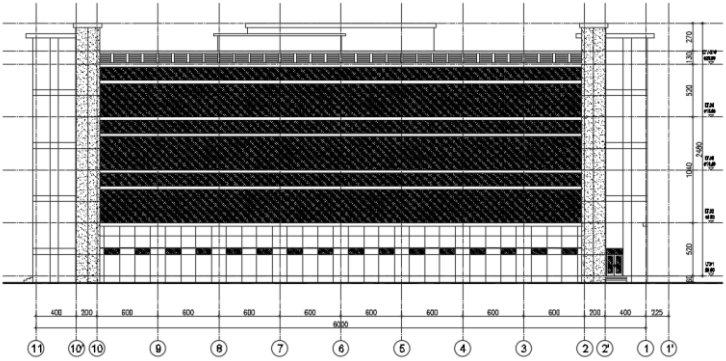
Mutu tulangan geser (f_{yv}) = 240 Mpa

4. Data Gambar

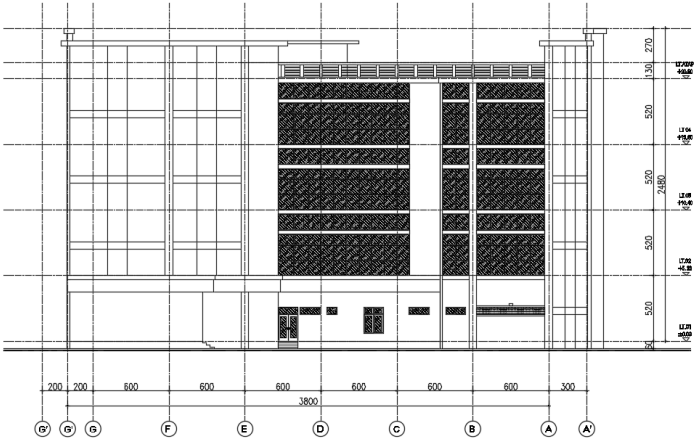
Data gambar meliputi gambar denah dan gambar tampak yang digunakan untuk memperjelas dimensi komponen struktur yang berasal dari proyek. Berikut gambar eksisting gedung:



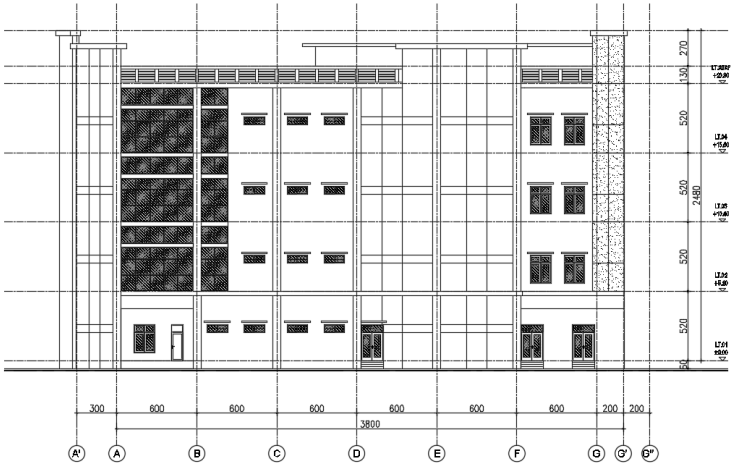
Gambar 4.1 Tampak Selatan Bangunan



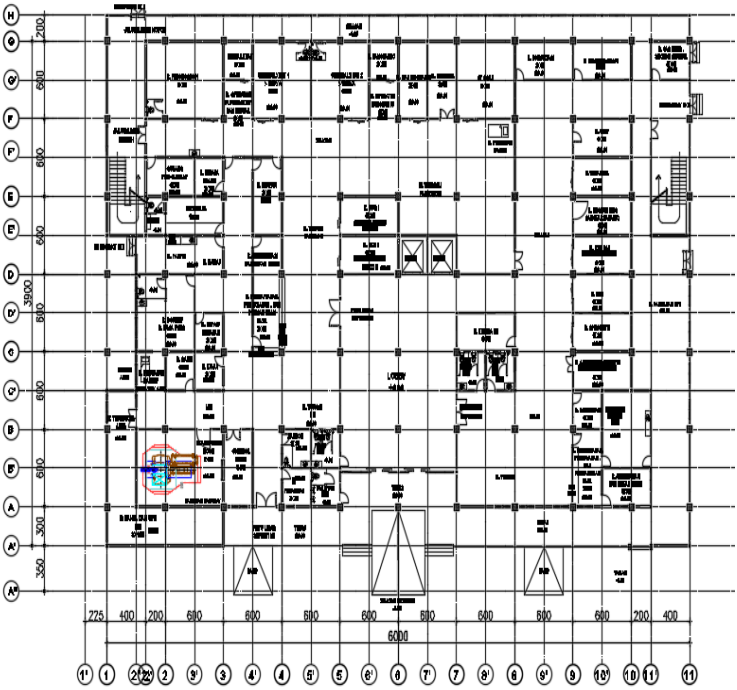
Gambar 4.2 Tampak Utara Bangunan



Gambar 4.3 Tampak Barat Bangunan



Gambar 4.4 Tampak Barat Bangunan



Gambar 4.5 Denah Bangunan

4.2 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Kontrol gaya geser dasar gempa dihitung untuk membandingkan apakah gaya gempa yang telah di input menggunakan response spektrum kedalam program SAP2000 sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726 2012 pasal 7.8.1

$$Cs = \frac{SDS}{\frac{R}{I}} = \frac{0{,}188}{\frac{4{,}5}{4}} = 0{,}1671$$

Tetapi nilai Cs diatas tidak perlu melebihi :

$$Cs = \frac{SD1}{T(\frac{R}{I})} = \frac{0{,}0929}{1{,}168(\frac{4{,}5}{4})} = 0{,}0707$$

Dan harus tidak kurang dari :

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

Cs = 0,044 x 0,188 x 1,5 $\geq$ 0,01

Cs = 0,0124 $\geq$ 0,01

Jadi dari hasil analisa diatas maka menggunakan nilai

Cs = 0,0707

Berikut perhitungan gaya geser dasar gempa struktur yang terjadi:

Tabel 4.1 Base Reaction Untuk Nilai Wt

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
1D+1L	Combination	2,078E-10	-2,064E-10	53580,449

V_{static} = Cs x Wt = 0,0707 x 53580,449 kN

= 3788,133 kN

0,85 V_{static} = 0,85 x 3788,137 kN = 3219,92 kN

Dan hasil analisa struktur pada SAP 2000 diperoleh nilai V base shear :

Tabel 4.2 Base Reaction Untuk Nilai Gempa

TABLE: Base Reactions				
Output-Case	**CaseType**	**Glob-alFX**	**GlobalF$_Y$**	**Glob-alFZ**
Text	Text	KN	KN	KN
Ex	LinRespSpec	3344,422	970,365	3,732
Ey	LinRespSpec	1004,402	3230,839	12,079

Syarat V base shear > 0,85 V statik

Arah X = 3344,42 kN > 3219,92 kN (memenuhi)

Arah Y = 3230,89 kN > 3219,92 kN (memenuhi)

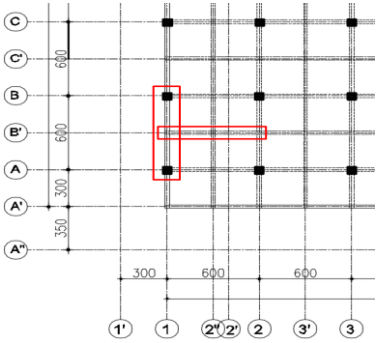
4.3 Preliminary Desain

Perencanaan dimensi struktur dilakukan sebelum melakukan perhitungan struktur. Perhitungan dimensi struktur disesuaikan dengan

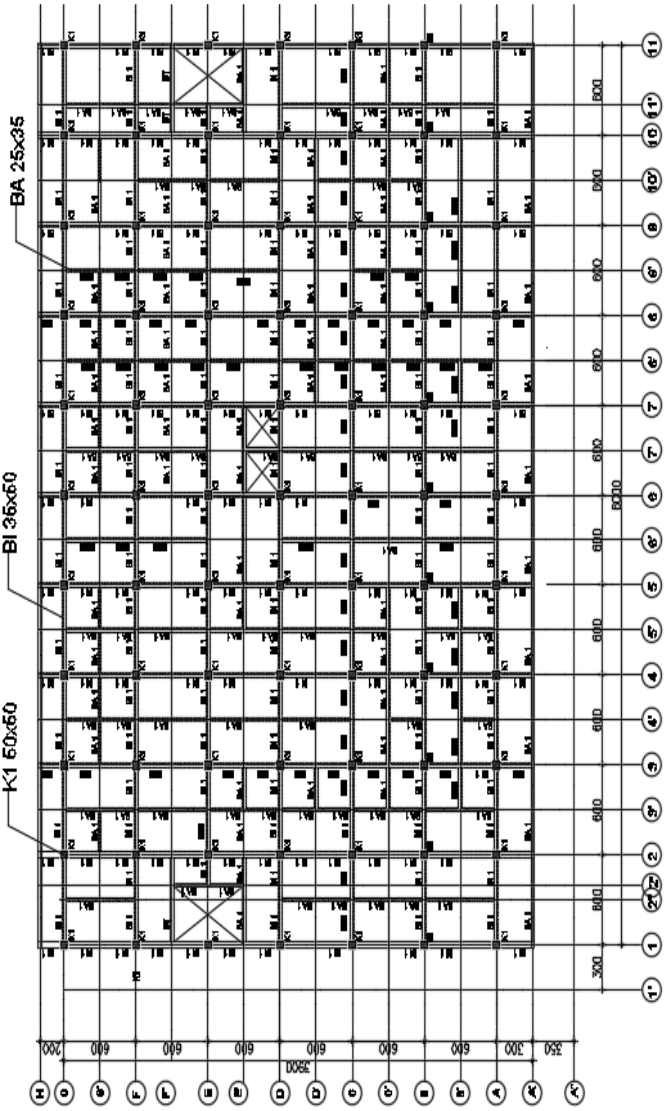
4.3.1 Perencanaan Dimensi Balok

Data bangunan:

- Mutu beton (fc') = 30 MPa
- Mutu baja (fy) = 420 Mpa



Gambar 4.6 Balok Tinjau Pada Perencanaan



Gambar 4.7 Denah Balok Lt.

a) Balok Induk dan Sloof
   - Bentang (L) : 600 cm
   - h ≥ L/16
   - h ≥ 600 cm/16
   - h ≥ 50 cm

   - b ≥ 2/3*h
   - b ≥ 2/3*40 cm
   - b ≥ 35 cm

b) Balok Anak
   - Balok tipe (BA1):
     - Bentang (L) : 600 cm
     - h ≥ L/21
     - h ≥ 600 cm/21
     - h ≥ 35 cm

     - b ≥ 2/3*h
     - b ≥ 2/3*30 cm
     - b ≥ 25 cm

4.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom Tipe (K1)

- Tinggi = 520 cm
  = 5.2 m.
- Dimensi Balok = 35/50
- Bentang Balok = 600 cm

  - $\frac{I\ kolom}{L\ Kolom} \geq \frac{I\ balok}{L\ balok}$

  - $\frac{\frac{1}{12} x\ b\ x\ h^3}{520} \geq \frac{\frac{1}{12} x\ b\ x\ h^3}{600}$
  - $\frac{\frac{1}{12} x\ b\ x\ h^3}{520} \geq \frac{\frac{1}{12} x 35\ x\ 50^3}{600}$

- $h^4 \geq 1664000$
- $h \geq 50\ cm$

4.3.3 Perencanaan Dimensi Plat

Dimensi Plat terbesar tipe 5= 300x400

Dimensi Plat terbesar tipe 5= 300x400

$$Ln = 400 - \left(\frac{30}{2} + \frac{20}{2}\right) = 375cm$$

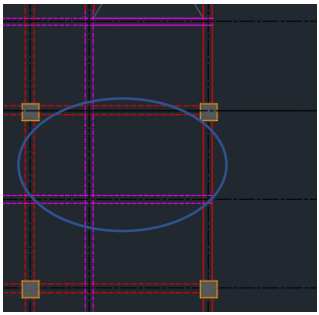
$$Sn = 300 - \left(\frac{20}{2} + \frac{30}{2}\right) = 275cm$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{375}{275} = 1{,}363636364 < 2$$

(Pelat dua arah)

Perhitungan Tebal Pelat

Direncanakan pelat dengan ketebalan 12 cm.



Gambar 4.8 Pelat yang ditinjau

1. Untuk plat yang dijepit balok 35/50 atas dengan panjang 400 cm

   be1 = $bw + 2hw$
   = 35 cm + 2(50cm-12cm) = 86cm.

   be2 = bw + 8hf
   = 35 + (8 x 12) = 126 cm.

   be diambil 86 cm

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

$$k = \frac{1+\left(\frac{86}{35}\right)\left(\frac{12}{50}\right)\left[4-6\left(\frac{12}{50}\right)+4\left(\frac{12}{50}\right)^2+\left(\frac{86}{35}-1\right)\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1+\left(\frac{81}{35}-1\right)\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$= 1{,}58$

$$lb = \frac{1}{12} x 35 x\, 50^3\, x 1{,}58 = 91674{,}2564\, cm^4$$

$$ls = \frac{1}{12} x bs\, x t^3 = \frac{1}{12} x(300+300)\frac{1}{2} x 12^3 = 43200 cm^4$$

$$\alpha 1 = \frac{lb}{ls} = \frac{91674{,}2564}{43200} = 5{,}84$$

2. Untuk pelat yang dijepit balok 35/50 kanan dengan panjang 300 cm

be1 = $bw + 2hw$

$= 35cm + 2(50cm - 12cm) = 86cm$

be2 = bw + 8hf

= 35 + (8 x 12) = 126 cm

be diambil 86 cm

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

$$k = \frac{1+\left(\frac{86}{35}\right)\left(\frac{12}{50}\right)\left[4-6\left(\frac{12}{50}\right)+4\left(\frac{12}{50}\right)^2+\left(\frac{86}{35}-1\right)\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1+\left(\frac{81}{35}-1\right)\left(\frac{12}{50}\right)} =$$

1,58

$$lb = \frac{1}{12} x 35x\ 50^3\ x1{,}58 = 91674{,}2564\,cm^4$$

$$ls = \frac{1}{12} x bs x t^3 = \frac{1}{12} x(0+400)\frac{1}{2} x12^3 = 28800 cm^4$$

$$\alpha 2 = \frac{lb}{ls} = \frac{91674.2564}{28800} = 8{,}76$$

3. Untuk plat yang diapit balok 25x35 bawah dengan panjang 400 cm

be1 = $bw + 2hw$

$= 25cm + 2(35cm - 12cm) = 56cm$

be2 = bw + 8hf

= 25 + (8 x 12) = 116 cm

be diambil 56 cm

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

$$k = \frac{1+\left(\frac{56}{25}\right)\left(\frac{12}{35}\right)\left[4-6\left(\frac{12}{35}\right)+4\left(\frac{12}{35}\right)^2+\left(\frac{56}{25}-1\right)\left(\frac{12}{35}\right)^3\right]}{1+\left(\frac{56}{25}-1\right)\left(\frac{12}{35}\right)} = 4{,}12$$

$$lb = \frac{1}{12} x 25x\ 35^3\ x4{,}12 = 185259{,}59 cm^4$$

$$ls = \frac{1}{12} x bs x t^3 = \frac{1}{12} x(300+300)\frac{1}{2} x12^3 = 43200 cm^4$$

$$\alpha 3 = \frac{lb}{ls} = \frac{185259{,}59}{43200} = 4{,}28$$

4. Untuk plat yang dijepit balok 25x35 kiri dengan panjang 300 cm

be1 = $bw + 2hw$

$= 25cm + 2(35cm - 12cm) = 56cm$

be2 = bw + 8hf

= 25 + (8 x 12) = 116 cm

be diambil 56 cm

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

$$k = \frac{1+\left(\frac{56}{25}\right)\left(\frac{12}{35}\right)\left[4-6\left(\frac{12}{35}\right)+4\left(\frac{12}{35}\right)^2+\left(\frac{56}{25}-1\right)\left(\frac{12}{35}\right)^3\right]}{1+\left(\frac{56}{25}-1\right)\left(\frac{12}{35}\right)} = 4{,}12$$

$$lb = \frac{1}{12}x25x\,35^3\,x4{,}12 = 185259{,}59cm^4$$

$$ls = \frac{1}{12}xbsxt^3 = \frac{1}{12}x(200+400)\frac{1}{2}x12^3 = 43200cm^4$$

$$\alpha 4 = \frac{lb}{ls} = \frac{185259{,}59}{43200} = 4{,}28$$

$\alpha_m = 5.795 > 0.2$

Karena $\alpha_m > 2$ maka

$$h = \frac{\ln\left(0{,}8+\frac{fy}{1400}\right)}{36+9\beta} = \frac{3750\times\left(0{,}8+\frac{400}{1400}\right)}{36+(9\times 1{,}36)}$$

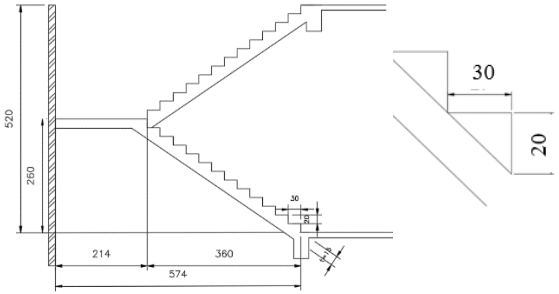
=

$84{,}34221mm < 90mm$

Dipakai 120 mm

4.3.4 Perencanaan Tangga

Preliminary Desain Tangga



Gambar 4.9 Detail Tangga

- Perencanaan tangga :
  Tebal plat tangga = 15 cm
  Tebal Plat Bordes = 15 cm
  Lebar Injakan = 30 cm
  Tinggi Injakan = 20 cm
- Panjang miring tangga = (n)
  n =
  $$\sqrt{(tinggi\ bordes)^2 + (Lebar\ tangga - Lebar\ Bordes)^2}$$
  n = $\sqrt{(260)^2 + (300)^2}$
  n = 444.07 cm
- Sudut Miring Anak Tangga
  Arc Tan = $\frac{260}{444,07}$ = 30,34º
  Syarat Kemiringan Tangga
  = 25 º ≤ α ≤ 40 º
  = 25 º ≤ 30,34 º ≤ 40 º (OK)

4.3.5 Rekapitulasi Hasil Preliminary Design

Rekapitulasi Hasil Preliminary Design			
Nama Struktur	Kategori Struktur	Bentang (cm)	Dimensi (cm)
S	Sloof	600	35/50
BI	Balok Induk	600	35/50
BA	Balok Anak	600	25/35
K1	Kolom	520	50/50

4.4 Perhitungan Pembebanan

4.4.1 Pembebanan Pada Plat

Pembebanan plat disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013 mengenai Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Selain SNI 1727:2013, digunakan brosur untuk mendapatkan beban material yang digunakan pada bangunan. Struktur plat memikul beban mati (DL) dan beban hidup (LL).

- Beban Mati

  Berat sendiri Pelat = 0,12x 2400 kg/m3
  = 288 kg/m2
  Keramik 17mm = 17
  Spesi 20mm = 42 kg/m2
  Plafond klasi + penggantung =18.6 kg/m2
  Instalasi listrik = 40 kg/m2
  Air bersih dan kotor = 25 kg/m2
  Total = 430.6 kg/m2

- Beban Hidup

  Beban hidup (R.Pasien) = 192 kg/m^2
  Beban hidup (koridor) = 383 kg/m^2
  Beban lantai atap = 98 kg/m^2

4.4.2 Pembebanan Tangga

Pembebanan plat tangga juga disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013 mengenai Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Struktur tangga memikul beban mati (DL) dan beban hidup (LL).

∗ Pembebanan pada tangga:

- Beban Mati:

Plat(15cm)	= 0.15×2400	
	= 360kg/m^2	
Spesi (2 cm)	= 2× 21	
	= 42 kg/m^2	
Keramik	= 21 kg/m^2	+
qDL	= 423 kg/m^2	

- Beban Hidup

Tangga = 479 kg/m^2

∗ Pembebanan pada bordes:

- Beban Mati:

Plat(15cm)	=0.15×2400	
	=360 kg/m^2	
Spesi (2 cm)	=2×21	
	=42 kg/m^2	
Keramik	= 13 kg/m^2	+
qDL	= 425 kg/m^2	

- Beban Hidup

Tangga = 479 kg/m^2

4.4.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan pada dinding disesuaikan dengan material dasar dinding tersebut dan berdasarkan data material tersebut. Pada bangunan ini digunakan bata ringan Citicon, acian NP S450, dan plester D200, dengan total berat sebesar 41 kg/m^2.

∗ Tinggi dinding tiap lantai:

Lantai dasar (H1) = 5.2 m
Lantai 1 (H2) = 5.2 m
Lantai 2 (H3) = 5.2m
Lantai 3 (H4) = 5.2 m

∗ Perhitungan:

Beban merata lantai dasar:
= H1 × 41 kg/m^2
= 5.2 m × 41 kg/m^2
= 213.2 kg/m^2
= H2 × 41 kg/m^2
= 5.2 m × 41 kg/m^2
= 213.2 kg/m^2
= H3 × 41 kg/m^2
= 5.2 m × 41 kg/m^2
= 213.2 kg/m^2
= H4 × 41 kg/m^2
= 5.2 m × 41 kg/m^2
= 213.2 kg/m^2

4.4.4 Beban Angin

Prosedur perhitungan beban angin berdasarkan pada SNI 1727-2013.

1. Kategori resiko bangunan gedung = IV

2. Kecepatan angin dasar (v) = 11 km/jam

= 3.056 m/s

3. Paramter beban angin.

- Faktor arah angin (K*d*) = 0,85
- Kategori eksposur = B
- Faktor topografi (K*zt*) = 1
- Faktor tiupan angin (G) = 0,85
- Kategori ketertutupan = tertutup
- Koefisien tekanan internal (GC_{pi}) = ± 0,18

4. Koefisien eksposur tekanan velositas.

- Z = 20.8
- α = 7
- zg = 365,76

Sehingga, $kz = 2{,}01(z/zg)^{2/\alpha}$

$= 2{,}01(20.8/365{,}76)^{2/7}$

$= 0{,}886$

Interpolasi untuk mencari nilai Kh

z(m)	Eksposur B
18	0.85
20.8	0.8839
21.3	0.89

$K_h = 0.8839$

5. Tekanan velositas.

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

$= 0.613*0{,}886*1*0{,}85*(3.056\ m/s)^2$

$= 4.311\ N/m^2 = 0.431\ kg/m^2$

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

$= 0.613*0.8839*1*0.85*(3.056\ m/s)^2$

$= 4.301\ N/m^2 = 0.43\ kg/m^2$

6. Koefisien tekanan eksternal.

L = dimensi horizontal bangunan gedung diukur tegak lurus

terhadap arah angin → 60 m

B = dimensi horizontal bangunan gedung diukur sejajar

terhadap arah angin. → 41 m

$\frac{L}{B} = 1.463$

$C_p = 0{,}8$ (Untuk dinding pada angin datang

berdasarkan SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1)

$C_p = -0{,}7$ (Untuk dinding pada angin tepi

berdasarkan SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1)

$C_p = -0{,}5$ (Untuk dinding pada angin pergi

berdasarkan SNI 1727-2013 Gambar 27.4.2-1)

Arah angin datang = $qz\ GC_p$

$= 0.431\ Kg/m^2 . 0{,}85 . 0{,}8$

$= 0.293\ kg/m^2$

Arah angin tepi = $qh\ GC_p$

$= 0.43\ Kg/m^2 . 0.85 . -0,7$

Arah angin pergi = $qh\ GC_p$

$= 0.43\ Kg/m^2 . 0,85 . -0,5$

$= -0.183\ Kg/m^2$

4.4.5 Beban Hujan

R = 0,0098 (ds+dh)

dimana: ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut (20 mm).

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut (10mm).

R = 0,0098 (ds+dh)
= 0,0098 (20 + 10)
= 0,294 kN/m 2 = 29,4 kg/m

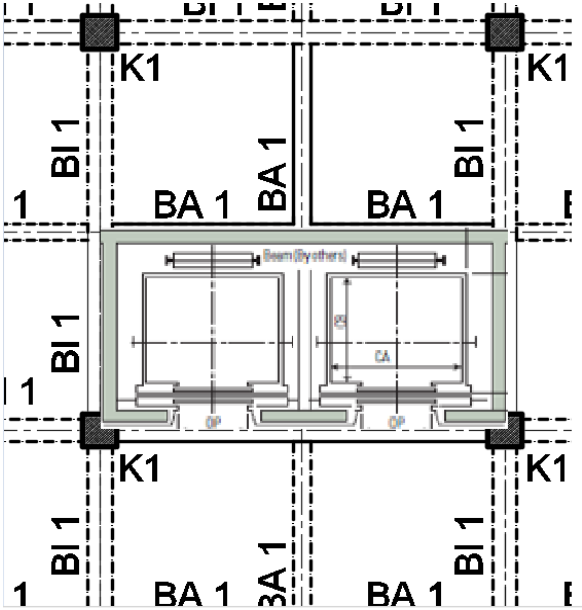
4.4.6 Beban Lift

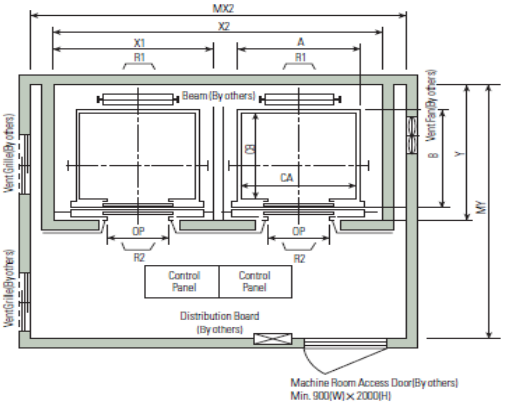
Data Perencanaan

	Tipe Lift	= LUXEN
	Balok Pen. Depan	= 3000 mm
	Balok Pen. Belakang	= 3000 mm
	Tebal Pelat	= 90 mm
	R1	= 5450 Kg
	R2	= 4300 Kg
	Mutu Beton	= 30 Mpa
	Jarak antara pen. msn	= 3000 mm
	Lebar pintu	= 900 mm
	Dimensi Elevator	
-	Eksternal	= 1460 x 1505 mm
-	Internal	= 1400 x 1350 mm
	Dimensi ruang mesin	= 6000 x 3000 mm



Gambar 4.10 Denah lift lantai atap





Gambar 4.11 Detail Dimensi Lift

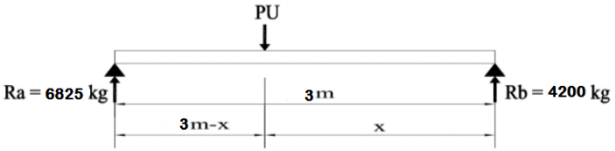
Tabel 4.1 Dimensi lift

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth				
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2	R3	R4
1	6	450	800	1400× 850	1460× 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550	800	1400× 1030	1460× 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600	800	1400× 1130	1460× 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6300	5100
1.5	10	700	800	1400× 1250	1460× 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750	800	1400× 1350	1460× 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	7100	5600
	13	900	900	1600× 1350	1660× 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	8100	6300
1.75	15	1000	900	1600× 1500	1660× 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8600	6600
2 Note 6)	17	1150	1000	1800× 1500	1900× 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	11000	8700
			1100	2000× 1350	2100× 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
2.5 Note 6)	20	1350	1000	1800× 1700	1900× 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	12200	9500
			1100	2000× 1500	2100× 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
	24	1600	1100	2000× 1750	2100× 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13600	10400
				2150× 1600	2250× 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:
Panjang balok penggantung lift =1,85 m

Ra = R1 . KLL = R1 x 150% = 4550 kg x 150% = 6825 kg
Rb = R2 . KLL = R2 x 150% = 2800 kg x 150% = 4200 kg

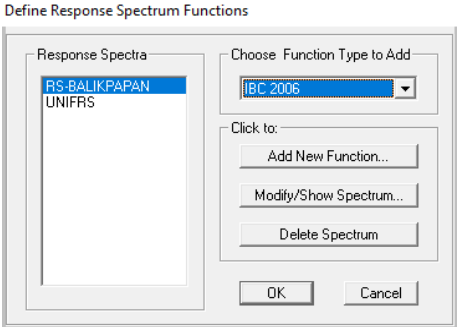


Gambar 4.12 Pembebanan Pada Balok Pengganttung Lift

Mb = 0
0 = 3m . 6825kg – Pu . x
Pu = $\frac{20475 kg.m}{x}$
∑Ma = 0
0 = 3m . 4200kg – Pu . (3m – x)
0 = 12600 kg.m - $\frac{20475 kg.m}{x}$ (3m-x)
0 = 12600kg.m - $\frac{61425 kg.m^2}{x}$ + $\frac{(20475 kg.m)x}{x}$
0 = - $\frac{61425 kg.m^2}{x}$ + 33075 kg.m
(33075 kg.m)x = $61425 kg.m^2$
X = 1.86
Pu = $\frac{20475 kg.m}{x}$ = = $\frac{20475 kg.m}{1.86\ m}$ = 11008 kg
Sehingga, untuk beban terpusat lift yang akan dimasukkan sebagai beban paa permodelan di program bantu SAP 2000 v.14 adalah sebesar 11.008 kg.

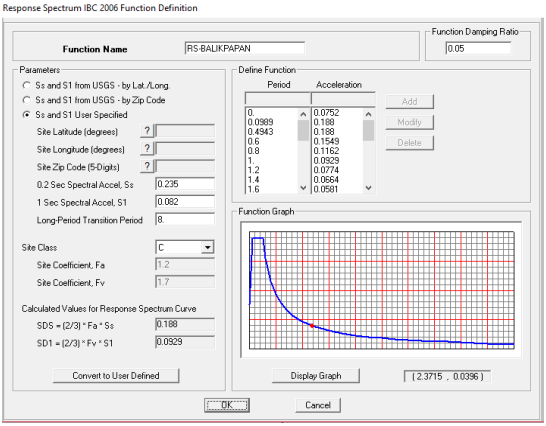
4.4.7 Beban Gempa

1. Menentukan SS,S1 dan kelas situs tanah (Kota BalikPapan)
2. Membuat Define Respon Spectrum (IBC 2006)



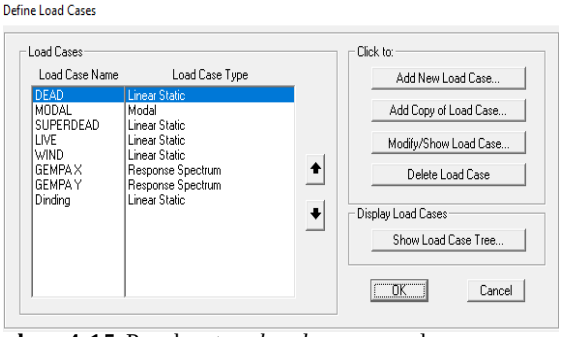
Gambar 4.13 Pendefinisian awal respons spectrum dalam SAP2000

3. Menginputkan nilai SS,S1,dan Kela situs tanah yang telah diketahui

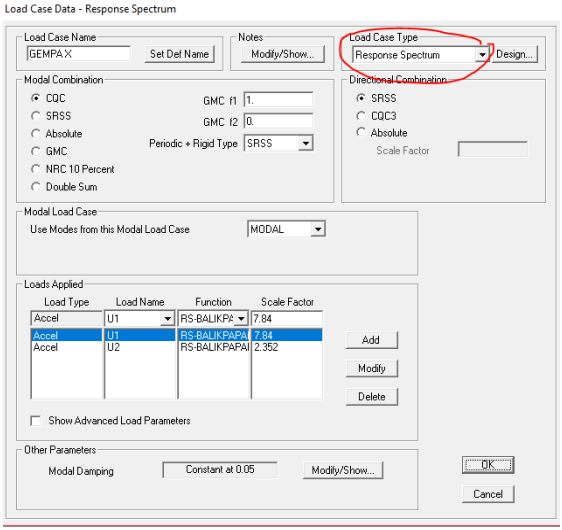


Gambar 4.14 Penginputan nilai Ss,S1 dan kelas situs tanah

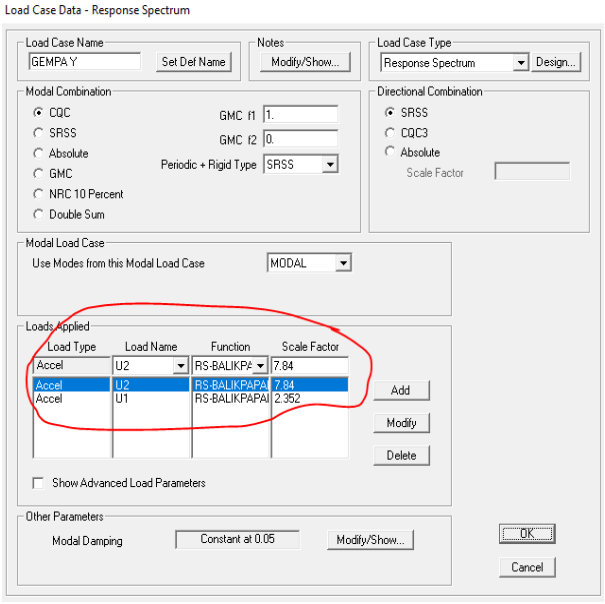
4. Membuat Load Cases Gempa dan Mengubahnya kedalam gempa Respon Spektrum, dan mengisi nilai U1 dan U2, dengan nilai U2 30% dari U1 (Gempa X) dan sebaliknya untuk (Gempa Y).



Gambar 4.15 Pembuatan *load cases* pada sap.

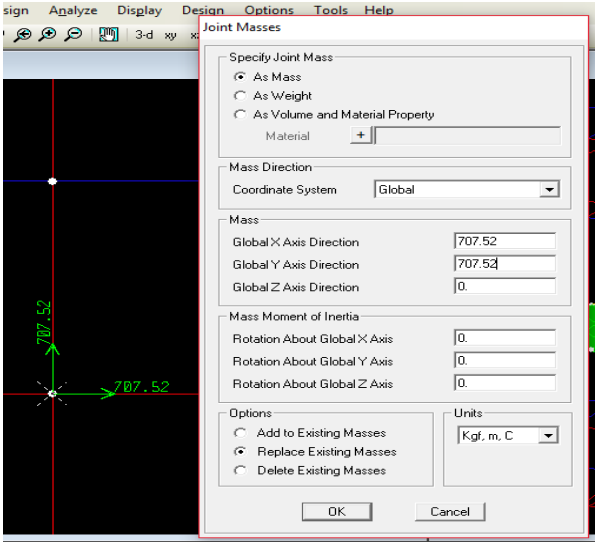


Gambar 4.16 Pengaturan model kegempaan pada SAP.



Gambar 4.17 Pengaturan nilai gempa pada masing – masing arah (Ex dan Ey)

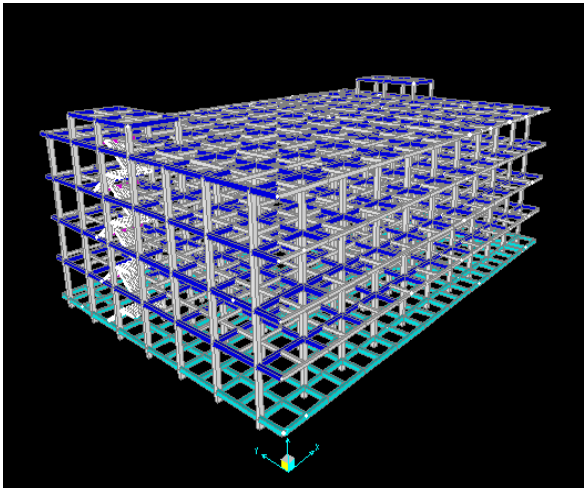
5. Menginputkan joint masses akibat beban yang diakibatkan pelat yang telah dihitung, pada setiap joint kolom tiap lantai yang ada didalam program SAP



Gambar 4.18 Cara Penginputan nilai joint mass pada setiap joint kolom dalam SAP.

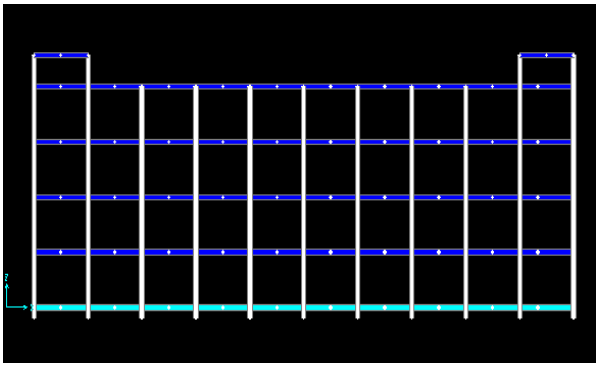
4.4.8 Permodelan Struktur

Permodelan struktur gedung pada SAP200 digunakan untuk menganalisa gaya –

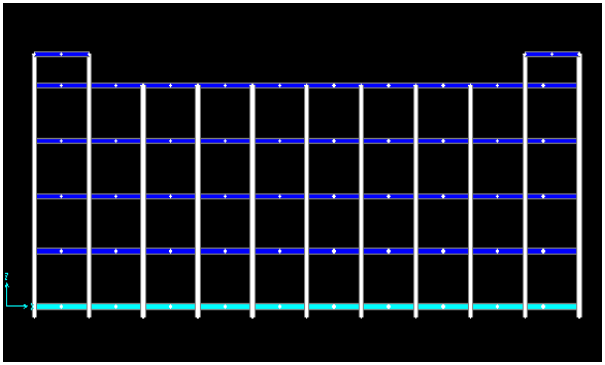


gaya dalam yang bekerja pada struktur, didalam Tugas Akhir Terapan ini digunakan program bantu aplikasi SAP 2000, berikut secara singkat permodelan struktur gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro Semarang

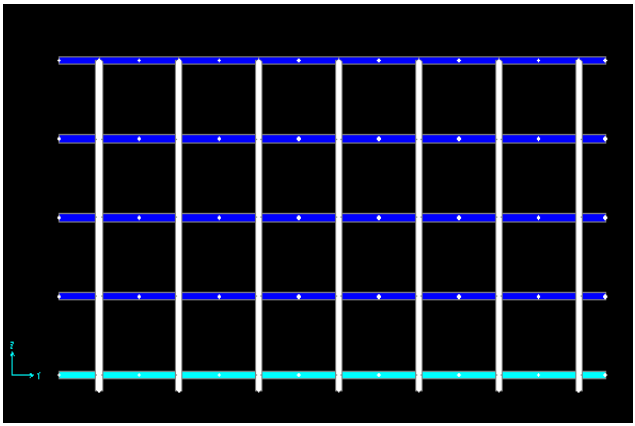
Gambar 4.19 Permodelan 3D Open Frame



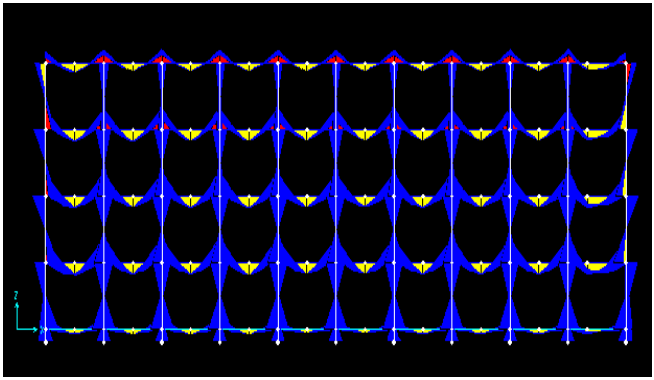
Gambar 4.20 Permodelan Tampak Depan (XZ)



Gambar 4.21 Permodelan Tampak Belakang (XZ)



Gambar 4.22 Permodelan Tampak Samping (YZ)

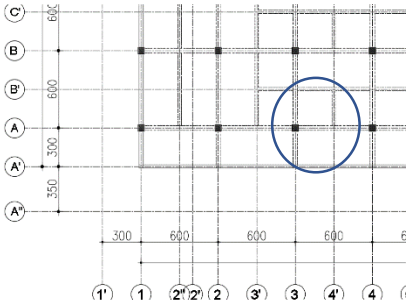


Gambar 4.17 Diagram momen (M33)

BAB 5

PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

5.1 Pelat



Gambar 5.1 Pelat yang Ditinjau

Data Properti Plat :

1	fc'	=	30	MPa
2	h plat	=	12	cm
3	b plat	=	1000	mm
4	fy	=	400	MPa
5	lx	=	2	m
6	ly	=	2	m
7	β	=	0.85	
8	φ	=	0.9	
9	ln	=	1.75	mm
10	sn	=	1.8	mm

Ukuran : 300 cm x 300 cm (pelat tipe 4)

Ly = 3-(0.35/2)-(0.25/2)= 2.7

Lx = 3-(0.35/2)-(0.25/2)= 2.7

Ly/lx =1 < 2 Two way

-Perhitungan Beban-Beban Pelat

- Beban Mati

Berat sendiri Pelat	=(0,12x 2400 kg/m3) =288 kg/m2
Keramik 17mm	=17
Spesi 20mm	=42 kg/m2
Plafond klasi + penggantung	=18.6 kg/m2
Instalasi listrik	=40 kg/m2
Air bersih dan kotor	= 25 kg/m2
Total	= 430.6 kg/m2

- Beban Hidup

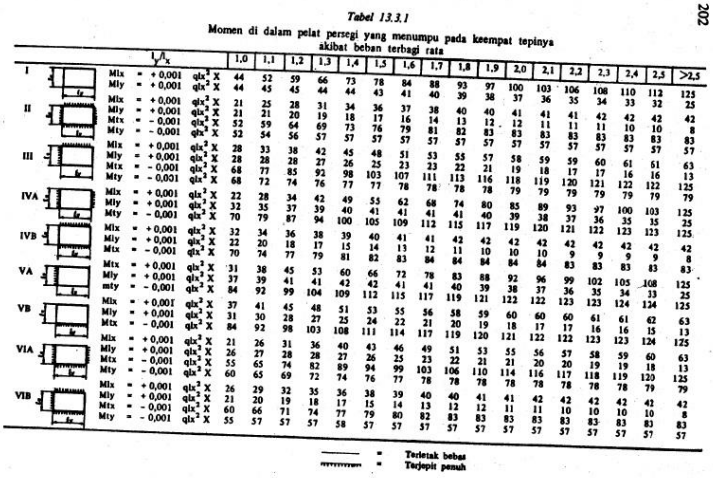
  Beban hidup r koridor =383 kg/m2

- Beban Ultimate

  qu = 1.2D + 1.6L

  = 1129.52 kg/m2

Tabel 5.1 Tabel momen pelat



Tabel 13.3.1

Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata

202

				1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
I	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mty	= - 0,001	qlx^2 X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
III	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	Mty	= - 0,001	qlx^2 X	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
IVA	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	Mty	= - 0,001	qlx^2 X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
IVB	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
VA	Mtx	= +0,001	qlx^2 X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	mty	= - 0,001	qlx^2 X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
VB	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
VIA	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	Mty	= - 0,001	qlx^2 X	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
VIB	Mlx	= +0,001	qlx^2 X	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	Mly	= +0,001	qlx^2 X	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	Mtx	= - 0,001	qlx^2 X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mty	= - 0,001	qlx^2 X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

——— = Terletak bebas

····· = Terjepit penuh

-Momen-momen yang di hitung

<u>Tulangan Lapangan</u>

Momen Positif

$$Mlx = +0{,}001.q.Ix^2.X$$
$$= 1729182{,}168 \text{ Nmm}$$

$$Mly = +0{,}001.q.Ix^2.X$$
$$= 4281784{,}416 \text{ Nmm}$$

<u>Tulangan Tumpuan</u>

Momen Negatif

$$Mtx = +0{,}001.q.tx^2.X$$
$$= 1729182{,}168 \text{ Nmm}$$

$$Mty = +0{,}001.q.tx^2.X$$
$$= 4281784{,}416 \text{ Nmm}$$

h plat =12 cm = 20mm

hcover = 2cm = 20 mm

asumsi D tulangan = D12

dx = 120 – 20 - 6 = 94mm
dy = 120 – 20 – 12-6 = 82mm

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

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

$= 0{,}024384375$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85\ x\ fc'} = 15{,}68627$$

- **Lapangan arah X**

Mu = Ml_x = 1729182,168 Nmm
Mn = Ml_x/ Ø = 1921313,52Nmm
Rn = M_n/ bd^2 = 0,217441548

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} = 0{,}000545941\right)$$

ρ min < ρ < ρ max
0,0018 < 0,000545941< 0,024384375
(TIDAK OK) maka dipakai ρ min

- As perlu =ρ x b x d
  =0,0018 x 1000 mmx 94mm
  = 169,2mm^2

Syarat jarak tulangan
Smax = 2 x h
= 2 x 12
= 24 cm
= 240 mm

Tulangan yang digunakan Ø 10 - 200

- As pakai= $\frac{\frac{1}{4}\pi d^2 b}{S}$ = 392,6990817

As perlu	<	As Pakai	
169,2	<	392,6990817	OKE

- **Tumpuan arah X**

Mu = M_{tx} = 4281784,416 Nmm
Mn = M_{tx}/ Ø = 4757538,24 Nmm
Rn = M_n/ bd^2 = 0,707545842

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}}\right) = 0{,}0017941$$

ρ min < ρ < ρ max

0,0018 < 0,0017941 < 0,024384375
(TIDAK OK) maka dipakai ρ min

As perlu = ρ x b x d
= 0,0018 x 1000 x 94
= 169,2 mm^2

Syarat jarak tulangan

Smax = 2 x h
= 2 x 12
= 24 cm
= 240 mm

Tulangan yang digunakan Ø 10 - 200

- As pakai = $\frac{\frac{1}{4}\pi d^2 b}{S}$ = 392,6990817

As perlu < As Pakai
169,2 < 392,6990817 OKE

- **Lapangan arah Y**

Mu = Mly = 1729182,168 Nmm
Mn = Mly/ Ø = 1921313,52Nmm
Rn = Mn/ bd^2 = 0,217441548

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} = 0{,}000545941\right)$$

ρ min < ρ < ρ max
0,0018 < 0,000545941< 0,024384375
(TIDAK OK) maka dipakai ρ min

- As perlu =ρ x b x d
=0,0018 x 1000 mmx 82mm
= 147,6 mm^2

Syarat jarak tulangan
Smax = 2 x h
= 2 x 12
= 24 cm
= 240 mm

Tulangan yang digunakan Ø 10 - 200

- As pakai= $\frac{\frac{1}{4}\pi d^2 b}{S}$ = 392,6990817

As perlu < As Pakai
147,6 < 392,6990817 OKE

- **Tumpuan arah Y**

Mu = Mty = 4281784,416 Nmm
Mn = Mty/ Ø = 4757538,24 Nmm
Rn = Mn/ bd^2 = 0,707545842

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}}\right) = 0{,}0017941$$

ρ min < ρ < ρ max

0,0018 < 0,0017941 < 0,024384375
(TIDAK OK) maka dipakai ρ min

- As perlu = ρ x b x d
  = 0,0018 x 1000 x 82
  = 147,6 mm^2

Syarat jarak tulangan

Smax = 2 x h
= 2 x 12
= 24 cm
= 240 mm

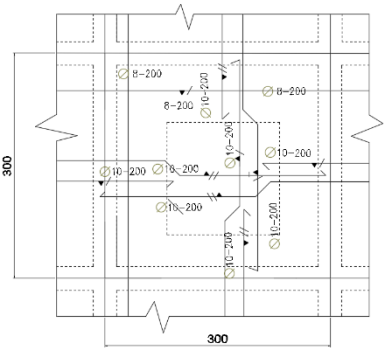
Tulangan yang digunakan Ø 10 - 200

- As pakai = $\frac{\frac{1}{4}\pi d^2 b}{S}$ = 392,6990817

As perlu < As Pakai
147,6 < 392,6990817 OKE

5.1.1 Rekapitulasi tulangan pelat lantai

Tipe pelat	Ukuran pelat (cm)	Tul tumpuan x	Tul lapan-gan x	Tul tumpuan y	Tul lapan-gan y
1	200 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	-	-
2	400 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
3	300 x 300	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
4	300 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	-	-
5	200 x 300	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
6	300 x 400	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200

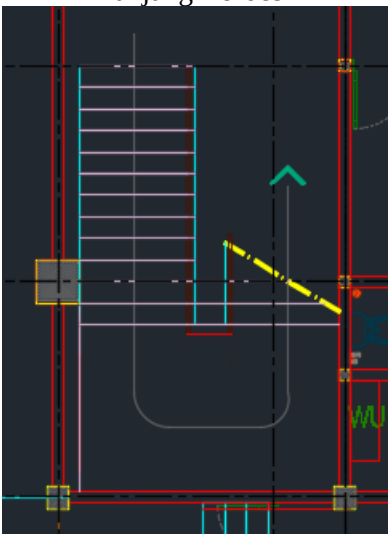


Gambar 5.2 Penulangan Pelat

5.2 Pelat Tangga dan Bordes

Spesifikasi teknik untuk pelat tangga dan pelat bordes yang didesain adalah sebagai berikut :
Data Perencanan Plat Tangga

1	Mutu Beton	=	30 Mpa	
2	Bj Tulangan Lentur (fy)	=	240 MPa	
3	Tebal Plat Tangga	=	15 cm	
4	Lebar Injakan (a)	=	30 cm	
5	Tinggi Injakan (b)	=	20 cm	
6	Tinggi Tangga	=	520 cm	
7	Panjang Tangga(Datar)	=	360 cm	
8	Tinggi Bordes	=	260 cm	
9	Lebar Tangga	=	160	cm
10	Lebar Bordes	=	360	cm
11	Panjang Bordes	=	240	cm



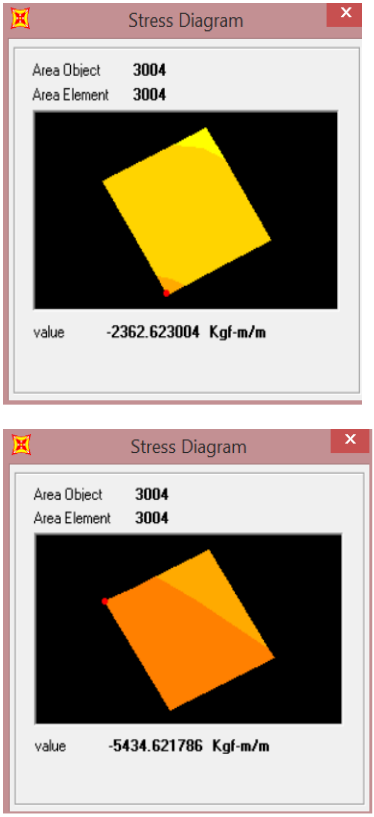
Gambar 5.3 Denah tangga

- Output SAP 2000

Tangga

M_{11} = 2.362,623 kg.m

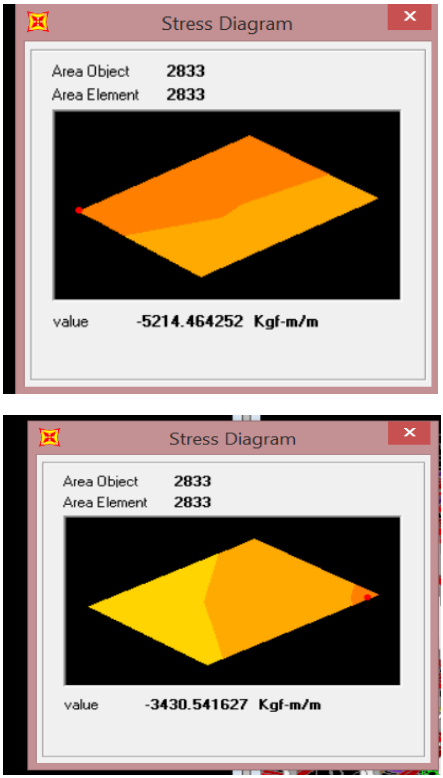
M_{22} = 5.434,621 kg.m



Gambar 5.4 Momen stress diagram tangga

M_{11} = 3818,528 kg.m

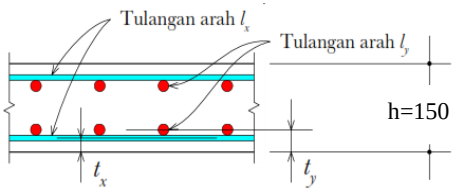
M_{22} = 9303,094181 kg.m



Gambar 5.5 Momen stress diagram bordes

Perhitungan tulangan :

- tebal decking : 30 mm
- D tulangan rencana : Ø13 mm



Pelat tangga dan pelat bordes :

d_x = $t_{pelat} - t_{decking} - (½d_{rencana})$
= 220 mm – 30 mm – ½ 13 mm
= 183,5 mm

d_y = $t_{pelat} - t_{decking} - d_{rencana} - (½d_{rencana})$
= 220 mm – 30 mm – 13 mm – ½ 13 mm
= 170,5 mm

b = 1000 mm

$\rho min = \frac{1,4}{fy}$
$= \frac{1,4}{400}$
$= 0,006$

$\rho b = \left(\frac{0,85 \ x \ fc' \ x \ \beta}{fy}\right)\left(\frac{600}{600+fy}\right)$
$= \left(\frac{0,85 \ x \ 30 \ x \ 0,85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+240}\right)$
$= 0,065$

$\rho max = 0,75 \text{ x } \rho b$
$= 0,75 \text{ x } 0,065$
$= 0,048$

$m = \frac{fy}{0,85 \ x \ fc'}$
$= \frac{240}{0,85 \ x \ 30}$
$= 9,412$

- **Penulangan Pelat Tangga**

- Arah Y

M_u = 5.434,621 kg.m = 54.346.210 N.mm

$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{54.346.210}{0,8}$ = 67.932.762,50 N.mm

$Rn = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{67.932.762,500}{1000 \text{ x } 183,51^2} =$ 2,017 N/mm^2

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{9,41}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.9,41.2,071}{240}}\right)$$

$$= 0,009$$

Syarat :

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

0,006 < 0,009 < 0,048 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,009 x 1000 mm x 183,5 mm

= 1.608,909 mm^2

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{maks} \leq$ 2h

$\leq$ 2 (220 mm)

$\leq$ 440 mm

Dipakai tulangan **Ø-13**

$S = \frac{¼ \, x \, \pi \text{ x } d^2 \text{ x b}}{As}$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ \text{x}\ (13\ mm)^2\ \text{x}\ 1000}{1.608{,}909}$$

= 70 mm

Maka, dipakai **S = 70 mm**

Kontrol jarak tulangan :

S_{maks} ≥ S_{tul}

440 mm ≥ 70 mm **(Memenuhi)**

Tulangan yang dipakai **Ø13-70mm**

$$As_{pakai} = \frac{¼\ x\ \pi\ \text{x}\ d^2\ \text{x}\ \text{b}}{s}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ \text{x}\ (13mm)^2\ \text{x}\ 1000}{70}$$

= 1.896,939 mm^2

Syarat luas tulangan :

As_{pakai} > As_{perlu}

1.896,939 mm^2 > 1.608,909 mm^2 **(Memenuhi)**

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **Ø13-70 mm.**

- Arah X

M_u = 2.362,623 kg.m = 23.626.230 N.mm

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{23.626.230}{0{,}8} = 68.502.437{,}5 \quad \text{N.mm}$$

$$Rn = \frac{M_n}{\text{b}dx^2} = \frac{29.532.787{,}5}{1000\ \text{x}\ 183{,}5^2} = 0{,}877 \ \text{N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{9{,}41}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.9{,}41.0{,}877}{240}}\right)$$

$$= 0{,}004$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,006 < 0,004 < 0,048

(Tidak Memenuhi)

Sehingga ρ harus diperbesar sebesar 30%

0,004 x 1,3 = 0,005

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 1000 x 183,5

= 887,298 mm^2

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{maks} \leq$ 2h

$\leq$ 2 (220mm)

$\leq$ 400mm

Dipakai tulangan **Ø-13**

$$S = \frac{¼\ x\ \pi \text{ x } d^2 \text{ x b}}{As}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi \text{ x } (13\ mm)^2 \text{ x } 1000}{887{,}298}$$

= 140 mm

Maka, dipakai **S = 140 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$S_{maks} \geq S_{tul}$

440 mm ≥ 140 mm **(Memenuhi)**

Tulangan yang dipakai **Ø13-140 mm**

$$As_{pakai} = \frac{¼ x \pi x d^2 x b}{s}$$

$$= \frac{¼ x \pi x (13mm)^2 x 1000}{140}$$

$= 948{,}469 \text{ mm}^2$

Syarat luas tulangan :

$As_{pakai} > As_{perlu}$

$948{,}469 \text{ mm}^2 > 887{,}298 \text{ mm}^2$

(Memenuhi)

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **Ø13-140 mm.**

- **<u>Tulangan Susut</u>**

  Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{susut} = 0{,}0020$

  $As_{susut} = \rho_{susut} x\ b\ x$ tebal pelat

  $= 0{,}0020 \times 1000 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}$

  $= 440 \text{ mm}^2$

  Syarat : $S_{maks} \leq 5h$ atau $S_{maks} \leq 450$

  $S_{maks} = 5 \times 220 \text{ mm}$

  $= 1.100 \text{ mm}$

Direncanakan menggunakan tulangan D12 mm

$$S = \frac{¼ x \pi x d^2 x b}{As}$$

$$= \frac{¼ x \pi x (12mm)^2 x 1000}{440}$$

= 257,143 mm

Syarat : $S_{maks} \leq$ 5h atau $S_{maks} \leq$ 450

257,143 ≤ 1100 atau 257,143≤ 450 **(Memenuhi)**

Maka digunakan S = 250 mm

Dipakai tulangan D12-250 mm

$$As_{pakai} = \frac{¼ x \pi x d^2 x b}{s}$$

$$= \frac{¼ x \pi x (12mm)^2 x 1000}{257,143}$$

= 452,571 mm^2

Syarat luas tulangan :

As_{pakai} > As_{perlu}

452,571 mm^2 > 440,000 mm^2 **(Memenuhi)**

- **<u>Penulangan Pelat Bordes</u>**

  - Arah X

  M_u = 5.214,46 kg.m

  = 52.144.600 N.mm

  $M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{52.144.600}{0,8}$ = 65.180.750 N.mm

  $Rn = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{65.180.750}{1000 \text{ x } 183,5^2}$ = 1,94 N/mm^2

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{9{,}41}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.9{,}41.1{,}97}{240}}\right)$$

$$= 0{,}01$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0058 < 0,008 < 0,048 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,008 x 1000 x 183,5

= 1.540,93 mm^2

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{maks} \leq$ 2h

$\leq$ 2 (220 mm)

$\leq$ 440 mm

Dipakai tulangan **Ø13**

$$S = \frac{¼\ x\ \pi\ x\ d^2\ x\ b}{As}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ x\ (13\ mm)^2\ x\ 1000}{1.540{,}93}$$

= 80 mm

Maka, dipakai **S = 80 mm**

Kontrol jarak tulangan :

S_{maks} ≥ S_{tul}

440 mm ≥ 80 mm **(Memenuhi)**

Tulangan yang dipakai **Ø13-200mm**

$As_{pakai} = \frac{¼ x \pi x d^2 x b}{s}$

$= \frac{¼ x \pi x (13mm)^2 x 1000}{80}$

$= 1.659,821 \text{ mm}^2$

Syarat luas tulangan :

As_{pakai} > As_{perlu}

$1.659,821 \text{ mm}^2 > 1.540,929 \text{ mm}^2$

(Memenuhi)

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **Ø13-80mm.**

- Arah Y

$M_u = 3.430,54$ kg.m = 34.305.410 N.mm

$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{34.305.410}{0,8} = 42.881.762,5$ N.mm

$Rn = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{42.881.762,5}{1000 x 183,5^2} = 1,27$ N/mm^2

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$

$= \frac{1}{9,41}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.9,41.1,94}{240}}\right)$

$= 0,0054$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}
0,0058 < 0,0054 < 0,05
(Tidak Memenuhi)

Sehingga ρ harus diperbesar sebesar 1,3
$\rho = 0{,}0054$ x 1,3 = 0,007
ρ_{min} < ρ < ρ_{max}
0,0058 < 0,007 < 0,05
(Memenuhi)

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,007 x 1000 x 183,5

= 1.299,103 mm^2

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{maks} \leq$ 2h

$\leq$ 2 (220 mm)

$\leq$ 440 mm

Dipakai tulangan **Ø13**

$$S = \frac{¼\ x\ \pi\ x\ d^2\ x\ b}{As}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ x\ (13\ mm)^2\ x\ 1000}{1.299{,}103}$$

= 100 mm

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$S_{maks} \geq S_{tul}$

440 mm $\geq$ 100 mm **(Memenuhi)**

Tulangan yang dipakai **Ø13-200 mm**

$As_{pakai} = \frac{¼ x \pi x d^2 x b}{s}$

$= \frac{¼ x \pi x (13mm)^2 x 1000}{100}$

$= 1.327,857 \text{ mm}^2$

Syarat luas tulangan :

$As_{pakai} > As_{perlu}$

$1.327,857 \text{ mm}^2 > 1.299,103 \text{ mm}^2$

(Memenuhi)

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **Ø13-100 mm.**

- **<u>Tulangan Susut</u>**
  Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{susut} = 0,0020$
  $As_{susut} = \rho_{susut} x\ b\ x$ tebal pelat
  $= 0,002 \text{ x } 1000 \text{ mm x } 220 \text{ mm}$
  $= 440 \text{ mm}^2$
  Syarat : $S_{maks} \leq 5h$ atau $S_{maks} \leq 450$
  $S_{maks} = 5 \text{ x } 220 \text{ mm}$
  $= 1100 \text{ mm}$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø12 mm

$$S = \frac{¼\ x\ \pi\ x\ d^2\ x\ b}{As}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ x\ (12mm)^2\ x\ 1000}{440}$$

= 257,143 mm

Syarat : $S_{maks} \leq$ 5h atau $S_{maks} \leq$ 450

257,143 ≤ 1100 atau 257,143 ≤ 450 **(Memenuhi)**

Maka digunakan S = 250 mm

Dipakai tulangan Ø12-250mm

$$As_{pakai} = \frac{¼\ x\ \pi\ x\ d^2\ x\ b}{s}$$

$$= \frac{¼\ x\ \pi\ x\ (12mm)^2\ x\ 1000}{257,143}$$

= 452,571 mm^2

Syarat luas tulangan :

As_{pakai} > As_{perlu}

452,571 mm^2 > 440 mm^2 **(Memenuhi)**

5.2.1 Rekapitulasi Penulangan Plat Tangga dan Bordes

Plat Tangga		
Arah X	Arah Y	Susut
Ø13- 140	Ø13 - 70	Ø12- 250

Plat Bordes		
Arah X	Arah Y	Susut
Ø13- 80	Ø 13- 100	Ø12- 250

5.3 Balok

5.3.1 Balok Sloof

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok sloof BI 350x500 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : Balok Sloof
- Bentang balok (L) : 600 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (fyt) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 16 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor ß1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (φ) : 0,9

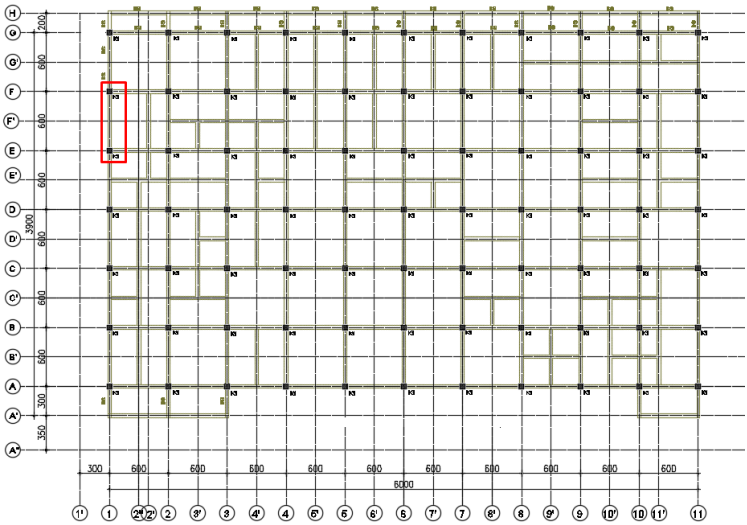
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (φ) : 0,75

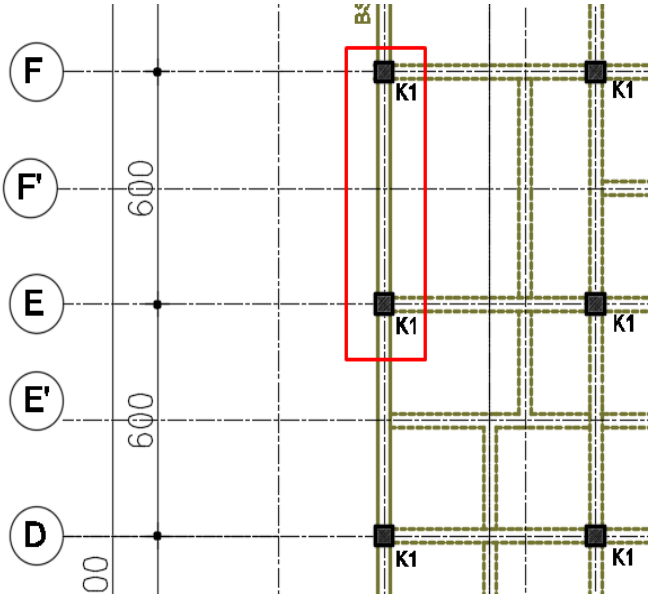
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

- Faktor reduksi kekuatan torsi (φ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)



Gambar 5.5 Balok sloof yang ditinjau



Gambar 5.6 Balok sloof tinjau

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

$dx = h - t_{decking} - \text{ø}_{tulangan\ geser} - ½\ \text{ø}_{tulangan\ lentur}$

$= 500\ mm - 40\ mm - 10\ mm - 19/2\ mm$

$= 440.5\ mm$

$d'' = decking + \text{ø}_{tulangan\ geser} + ½\ \text{ø}_{tulangan\ lentur}$

$= 40\ mm + 10\ mm + 19/2\ mm$

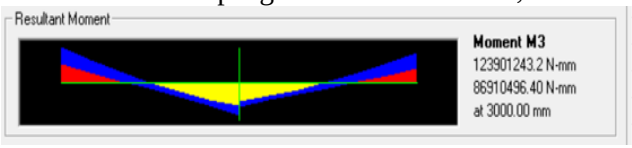
$= 59.5\ mm$

Hasil Output SAP 2000 :

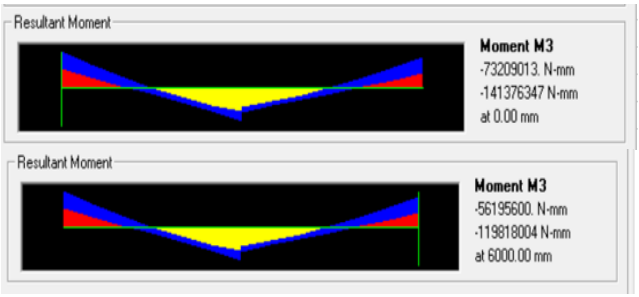
Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

- **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Momen Lentur Lapangan : 90928152,6 N-mm

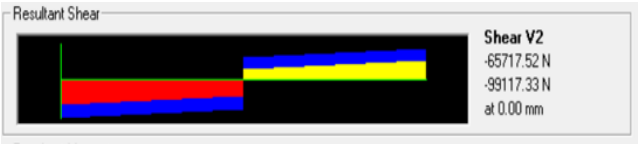


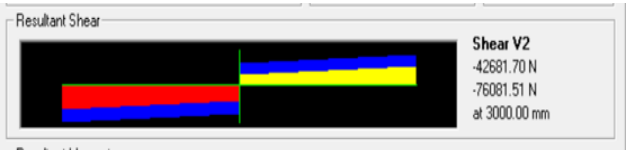
Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 83214651 N-mm
Momen Lentur Tumpuan Kanan: 62505719 N-mm



- **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi :1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Gaya geser Tumpuan : 99117,33 N
Gaya geser Lapangan : 76081,5 N





Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 440.5 \text{ mm}$$

$$= 264.3 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0{,}75 \times X_b$$

$$= 0{,}75 \times 264.3 \text{ mm}$$

$$= 198.225 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 59.5 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0{,}85 \times fc' \times b \times \beta 1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350\text{mm} \times 0{,}85 \times 150\text{mm}$$

$$C_c' = 1137937{,}5\ N$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{Cc'}{fy} = \frac{1137937{,}5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$Asc = 2844{,}83$ mm

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = \text{Asc} \times \text{fy} \times \left(\text{d} - \frac{\beta 1 \times \text{X}_{\text{rencana}}}{2}\right)$$

$$Mnc = 2844{,}83\ \text{mm}^2 \times 400\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(440.5\ \text{mm} - \frac{0{,}85 \times 150\text{mm}}{2}\right)$$

$$Mnc = 428717953{,}1\ \text{Nmm}$$

$$\rho\text{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$= \frac{1{,}4}{400}$$

$$= 0{,}0035$$

$$\rho\text{b} = \left(\frac{0{,}85\ x\ fc' x\ \beta}{\text{fy}}\right)\left(\frac{600}{600+\text{fy}}\right)$$

$$= \left(\frac{0{,}85\ x\ 30\ x\ 0{,}85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right)$$

$$= 0{,}0325$$

$$\rho\text{max} = 0{,}75 \text{ x } \rho\text{b}$$

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}033$$

$$= 0{,}024$$

$$\text{m} = \frac{fy}{0{,}85\ x\ fc'}$$

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

$$= 15{,}69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

$M_u = 141.376.347$ Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\text{Ø}}$$

$$\text{Mn} = \frac{141.376.347 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 157.084.830 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 157.084.830 Nmm – 428.717.953,125 Nmm

Mns = -271.633.123,125 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\text{R}_\text{n} = \frac{\text{M}_\text{n}}{\text{b} \times \text{d}^2} = \frac{157.084.830 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5\text{mm})^2}$$

$$= 2{,}313 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.2{,}313}{400}}\right)$$

$= 0{,}006$

Syarat :

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
$0{,}0035 < 0{,}006 < 0{,}0244$ **(Memenuhi)**
$\rho < \rho_{min}$ sehingga ρ harus diperbesar 30% dari

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,006 x 350 x 440.5

= 936,092 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 936,092 + 200,31

= 1.136,405 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283.528 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{1.136{,}405\ mm^2}{283.53 mm^2}$$

n = 5 Buah

Dipasang tulangan tarik **5-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 5 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 1.417,644\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$1.417,644\ mm^2 \geq 1.136,405\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0,3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0,3 \times 1.417,644\ mm^2$

$= 425,293\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{425,293\ mm^2}{283,528 mm^2}$

$n = 5$ Buah

Dipasang tulangan tekan **5-D19**

$As'_{pasang} = n \times As'_{tulangan\ tekan}$

$= 5 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 1.134,115 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$1.417,644\ mm^2 \geq 425,293\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = \ mm \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \ mm \rightarrow$ susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{5 - 1}$$

= 38,75 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

38,75 mm < 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{5 - 1}$$

= 38,75 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

38,75 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 5-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **5D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 5 x ¼ . π . $(19mm)^2$
= 1.417,644 mm^2

Tulangan tekan **5D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 5 x ¼ . π . $(19\ mm)^2$
= 1.417,644 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$1.417{,}644\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.417{,}644 mm^2$$

$1.417{,}644\ mm^2 \geq 1.417{,}644\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 5-D19
Tulangan tekan : 5-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **5D19** = 850,586 mm²

$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$

$a = \frac{1.417{,}644\ \text{mm}^2 \times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350\text{mm}}$

$a = 63{,}536$ mm

$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$

$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 63{,}536$ mm

$Cc' = 567.057{,}474\ N$

$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$

$T = 1.417{,}644 mm^2$ x 400 N/mm²

$T = 567.057{,}474\ N$

$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$

$Mn = \left(567.057{,}474\ N \times \left(440.5\ mm - \frac{63{,}536\ mm}{2} \right) \right)$

$Mn = 231.774.577{,}577\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

185.419.662,062 Nmm > 141.376.347,000 Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok sloof 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **5D19**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 83.214.651 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{119.818.004{,}000 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 133.131.115,556 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 133.131.115,556 Nmm – 428717953,1Nmm

Mns = -295.586.837,569 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{133.131.115{,}556\ \text{Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5\ \text{mm})^2}$$

$$= 1{,}960\ \text{N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.1{,}361}{400}}\right)$$

$$= 0{,}0035$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,005 < 0,0244

(Memenuhi)

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 350 x 440.5

= 787,083 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 787,083 + 200,31

= 987,396 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,529 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{901{,}739\ mm^2}{283{,}53 mm^2}$$

n = 5 Buah

Dipasang tulangan tarik **5-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

= 5 x ¼ . π . $(19mm)^2$

= 1.417,644 mm^2

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

1.417,644 $mm^2 \geq$ 425,293 mm^2 **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3$ x As_{pasang} (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

= 0,3 x 1.417,644 mm^2

= 425,293 mm^2

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{425{,}293\ mm^2}{283{,}53\ mm^2}$$

n = 5 Buah

Dipasang tulangan tekan **5-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 5 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 1.417{,}644\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$1.417{,}644\ mm^2 \geq 425{,}293\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{5 - 1}$$

$= 38{,}750$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

38,750 mm > 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{5 - 1}$$

$= 38{,}750$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

38,750 mm $\geq$ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 5-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **5D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19mm)^2$

$= 1.417{,}644\ mm^2$

Tulangan tekan **5D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

= 5 x ¼ . π . (19 mm)^2

= 1.417,644 mm^2

$$M_{\text{lentur tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}}(-)$$

$$1.417{,}644 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.417{,}644 \text{mm}^2$$

$1.417{,}644 \text{ mm}^2 \geq 472{,}548 \text{ mm}^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 5-D19
Tulangan tekan : 5-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **5D19** = 1.417,644 mm^2

$$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$$

$$a = \frac{1.417{,}644 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{mm}}$$

a = 63,536 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 63{,}536 \text{ mm}$$

$$Cc' = 567.057{,}474\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$$

$$T = 1.417{,}644\ mm^2 \text{ x } 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 567.057{,}474\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(567.057{,}474\ N \times \left(440.5\ mm - \frac{63{,}536\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 231.774.577{,}577\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

185.419.662,062 Nmm > 119.818.004,000 Nmm

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok sloof 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **5D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 123.901.243,200 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{123.901.243{,}200\ \text{Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 137.668.048 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 137.668.048 Nmm – 428717953.1Nmm

Mns = -291.049.905,125 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{137.668.048 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5\text{mm})^2}$$

$$= 2{,}027 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15.69.2{,}027}{400}}\right)$$

$$= 0{,}005$$

Syarat :

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

0,0035 < 0,005 < 0,024 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 350 x 440.5

= 815,117 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$As_{perlu} = As + {Al}/{4}$

= 815,117 + 200,31

= 1.015,430 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{1.015{,}430\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

n = 3,581 ≈ 4 Buah

Dipasang tulangan tarik **4-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

= 4 x ¼ . π . (19 mm)^2

= 1.015,430 mm^2

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

1.015,430 $mm^2 \geq$ 1.015,430 mm^2 **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$

(***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 255{,}176\ mm^2$

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

$n = 4$ Buah

Dipasang tulangan tekan 4-D19

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 4x\ ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 1.134{,}115\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$1.134{,}115\ mm^2 \geq 340{,}234\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{4 - 1}$$

$= 58$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm ≥ 25mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\ \text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1}$$

= 58 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 4-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **4D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$
$= 4 \times ¼ . \pi . (19\ mm)^2$
$= 850{,}586\ mm^2$

Tulangan tekan **4D19**

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$
$= 4 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$
$= 1.134{,}115\ mm^2$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$1.134{,}115\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.134{,}115\ mm^2$$

$850{,}586\ mm^2 \geq 378{,}038\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 4D19
Tulangan tekan : 4D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **4D19** = $1.134{,}115\ mm^2$

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850.591.134{,}115\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350mm}$$

$a = 50{,}829\ mm$

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350mm \times 30\ N/mm^2 \times 50{,}829mm$$

$Cc' = 453.645{,}979\ N$

$T = As_{\text{pakai}}\ x$ fy

$T = 1.134{,}115 mm^2$ x 400 N/mm^2

$T = 453.645{,}979\ N$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(453.645{,}979\ N \times \left(404{,}5\ mm - \frac{38{,}1215\ mm}{2} \right) \right)$$

$Mn = 188.301.940{,}415\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

150.641.552,332 Nmm > 123.901.243,200 Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/50 dengan bentang m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **4D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **4D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan

kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor yaitu

Vu = 183.398,995 Nmm

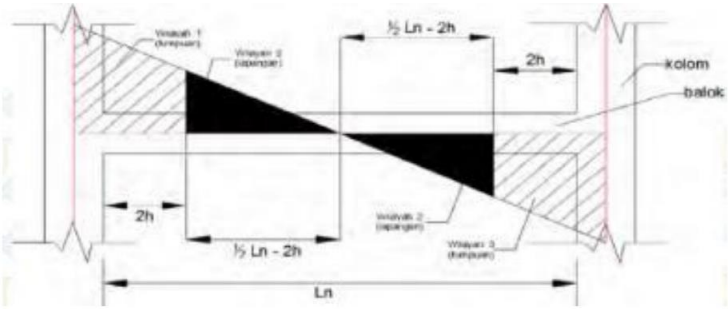
Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3)

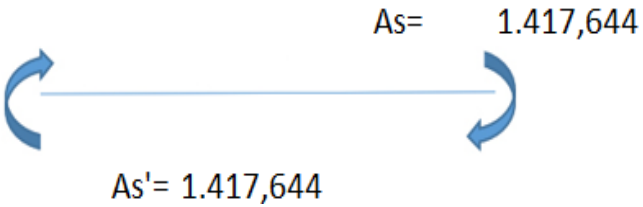
- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.



Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok.

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

As = 1.417,644 mm^2

As' = 1.417,644 mm^2

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As\prime \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.417{,}644\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350mm}$$

$a = 63{,}536$ mm

$$Mn_l = As'x\ fy\ x\ \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 1.417{,}644\ mm^2\ x400\ N/mm^2\ x\ \left(440.5mm - \frac{63{,}536\ mm}{2}\right)$$

$Mn_l = 231.774.577{,}577$ Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.417{,}644\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

a =63,536 mm

$$Mn_R = As\ x\ fy\ x\ \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

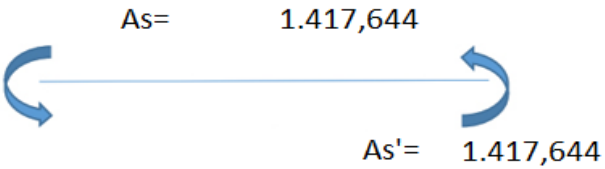
$$Mn_R = 1.417{,}644\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x\ \left(440{,}5mm - \frac{63{,}536\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_R = 231.774.577{,}577\ Nmm$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

As = 1.417,644 mm^2

As' = 1.417,644 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.417{,}644\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

a =63,536 mm

$$Mn_l = As' x\ fy\ x\ \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_l} = 1.417{,}644\ \mathrm{mm^2}\ \text{x}\ 400\ \ \mathrm{N/mm^2}\ \text{x}\left(440.5\mathrm{mm} - \frac{63{,}536\ \mathrm{mm}}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_l} = 231.774.577{,}577\ \mathrm{Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{\mathrm{As}\times\mathrm{fy}}{0{,}85\times\mathrm{fc'}\times\mathrm{b}}$$

$$a = \frac{1.417{,}644\ \mathrm{mm^2}\times 400\ \mathrm{N/mm^2}}{0{,}85\times 30\ \mathrm{N/mm^2}\times 350\mathrm{mm}}$$

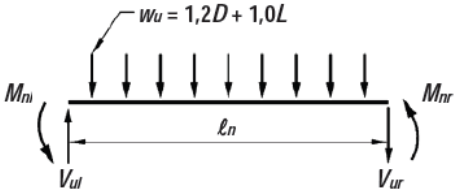
$$a = 63{,}536\ \mathrm{mm}$$

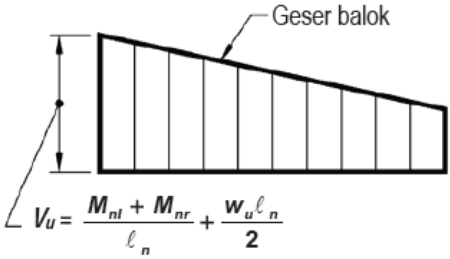
$$\mathrm{Mn_R} = \mathrm{As}\ \text{x}\ \mathrm{fy}\ \text{x}\left(\mathrm{d} - \frac{\mathrm{a}}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_R} = 1.417{,}644\ \mathrm{mm^2}\ \text{x}\ 240\ \ \mathrm{N/mm^2}\ \text{x}\left(440{,}5\ \mathrm{mm} - \frac{63{,}536\ \mathrm{mm}}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_R} = 231.774.577{,}577\ \mathrm{Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.***





Gambar 5.8 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$l_n = L_{balok} - 2\ (½ \times b_{kolom})$

$= 6000\ mm - 2\ (½ \times 50\ mm)$

$= 5500mm$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

V_u, didapatkan dari output SAP, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1L

V_u = 76.081,5 N

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{231.774.577{,}577 \text{ Nmm} + 231.774.577{,}577 \text{ Nmm}}{5500mm} + 76.081{,}5 \text{ N}$$

V_{u1} = 183.398,995 N …….....(5.1)

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{fc'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ Mpa$

$\sqrt{30}\ mpa < 8{,}3\ Mpa$

$5.48\ Mpa < 8{,}3\ Mpa$ **(memenuhi syarat SNI)**

Kuat Geser Beton

$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times d$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

λ = 1 , untuk beton normal

$$Vc = 0{,}17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{N}{mm^2}} \times 350mm \times 440.5mm$$

$$Vc = 140.741{,}876\ N$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times 350\ mm \times 440.5\ mm$$

$$Vs_{min} = 51.391{,}667\ N$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30\ N/mm^2} \times 350mm \times 440.5mm$$

$$Vs_{max} = 281.483{,}751\ N$$

$$2Vs_{max} = 2\ x\ 281.483{,}751\ N$$

$$2Vs_{max} = 562.967{,}502\ N$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1.Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom 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 (Daerah Tumpuan)

V_{u1} = 183.398,995 N

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \leq 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$183.398{,}995\ N \leq 119.630{,}594\ N$ **(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 183.398{,}995\ N \leq 119.630{,}594\ N$
(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$119.630{,}594\ N \leq 183.398{,}995\ N \leq 163.313{,}511N$
(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{max})$

$163313.51\ N \leq 183.398{,}995\ N \leq 358.891{,}783\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser :

$Vs_{perlu} = \frac{Vu}{\varphi} - Vc$

$Vs_{perlu} = \frac{183.398{,}995}{0.85} - 140.741{,}876$

$Vs_{perlu} = 75.021{,}648$ N

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulanga geser yang diperlukan :

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157{,}08mm^2$

Spasi perlu tulangan:

$s = \frac{Av\ x\ fy\ x\ d}{Vs}$

$s = \frac{157{,}08mm^2\ x\ 240\frac{N}{mm^2} x 440{,}5\ mm}{75.021{,}648\ N}$

$s = 221{,}356\ mm^2$

Syarat spasi tulangan:

Smaks ≤ d/4 ≤ 600 mm

Smaks = d/4

= 404,5/4

= 110,125 mm ~ 100 mm

Luas penampang geser :

$Av = \frac{Vs\ x\ s}{fy*d}$

$Av = \frac{75.021{,}648\ N\ x\ 100\ mm}{240\ N/mm^2 x 404{,}5}$

$Av = 70{,}963\ mm^2$

Luas tulangan geser perlu ditambah dengan luas tulangan punter dan disalurkan menjadi sengkang tertutup.

Pengaruh momen punter

$\frac{At}{s}$ =0,255 mm

Sehingga,

At = 0,255 mm x s

= 0,255 mm x 100 mm

= 25,521 mm

Luas total = Av + 2at

= 70,963 mm^2 + 2x25,521 mm

= 122,004 mm

Kontrol:

Av_{pakai} > Av_{perlu}

157,080 mm^2 > 122,004 mm^2 (**Memenuhi**)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a. d/4
b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c. 24 kali diameter sengkang
d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/4
   100 mm < 440.5 mm/4
   100 mm < 110,125 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   100 mm < 8 x 19 mm
   100 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   100 mm < 24 x 10 mm
   100 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) 10Ø-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

V_{u1}, merupakan gaya yang didapatkan dari perhitungan gaya geser di daerah tumpuan (1 dan 3) lihat persamaan (5.1)

$$\frac{V_{u2}}{0{,}5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0{,}5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0{,}5Ln + 2h)}{0{,}5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{116.708{,}4517\ N \times (0{,}5x5500mm - 2x500mm)}{0{,}5x5500\ mm}$$

$V_{u2} = 116.708{,}451\ N$ …….....…(5.2)

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$116.708{,}451\ N \leq 59.815{,}297\ \ N$ **(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 116.708{,}451\ N \leq \times\ 119.630{,}594\ N$ **(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/2 ≤ 600 mm

Smaks = 220,25 ≤ 600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

150mm < 220,25 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{350.150}{3.240}$

Avmin = 72,917 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 72,917 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

e. d/4
f. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
g. 24 kali diameter sengkang
h. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
   150 mm < 440.5 mm/4
   150 mm < 220,250 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   150 mm < 8 x 19 mm
   150 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   150 mm < 24 x 10 mm
   150 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   150 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-150mm pada daerah lapangan

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \; x \; \Psi_t \; x \; \Psi_e}{1{,}7 \; x \; \lambda \; x \; \sqrt{fc'}} \; x \; d_b \; \geq 300 \; mm$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm x } 1 \text{ x } 1}{2{,}1 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30}} \; x \; mm$$

$$l_d = 660{,}745 \; mm$$

Syarat :

$l_d \geq 300 \; mm$

$660{,}745 \; mm \geq 300 \; mm$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{As \; perlu}{As \; pasang} \; x \; l_d$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{1136{,}405 \text{ mm}^2}{1417{,}644 \text{ mm}^2} \; x \; 660{,}745 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = 529{,}663 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dc} = 333{,}015\ mm$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ fy\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ 400\ Mpa\ x\ 19mm$$

$$l_{dc} = 326{,}800\ mm$$

Diambil nilai terbesar, l_{dc} = 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \mathrm{l_{d\ c}}$$

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{425{,}293\ \mathrm{mm^2}}{1.417{,}644\ \mathrm{mm^2}}\ x\ 333{,}015\ \mathrm{mm}$$

$$l_{dc\ reduksi} = 99{,}905\ \mathrm{mm} \approx 100\ \mathrm{mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ \Psi e\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b \geq 8d_b\ dan\ 150\ mm$$

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ 1\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$l_{dh} = 333{,}015\ mm \approx\ 350\ mm$

$8d_b = 8\ x\ 19\ mm$

$= 152\ mm$

Syarat :

l_{dh} > 150 mm

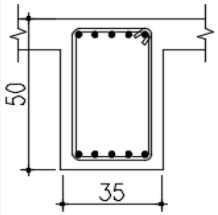
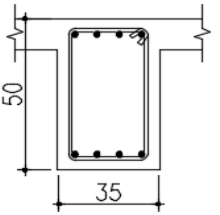
350 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

l_{dh} > $8d_b$

350 mm > 152 mm **(Memenuhi)**

-Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof

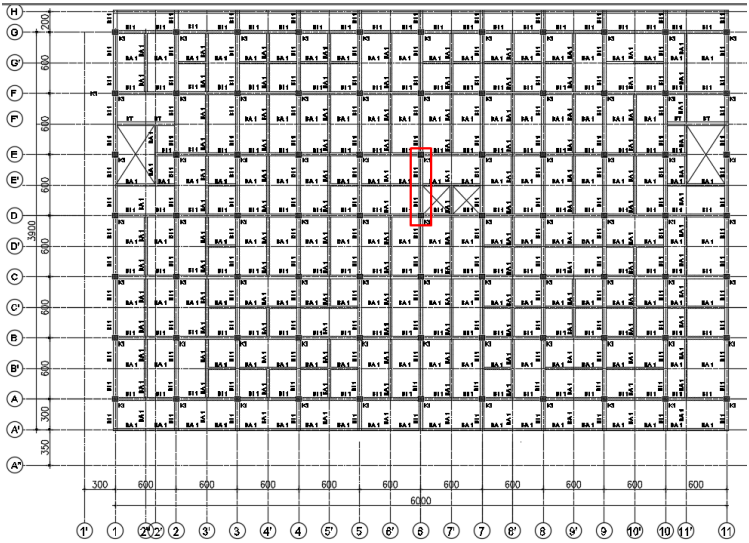
Tabel 5.2 Tabel penulangan balok sloof

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK SLOOF		
TUL. ATAS	5D19	4D19
TUL. BAWAH	5D19	4D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	40	40

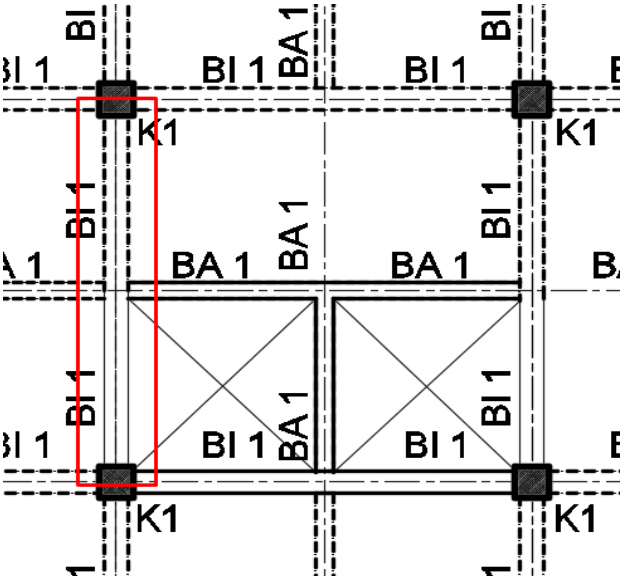
5.3.2 Balok Induk

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk BI 350x500 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Gambar balok induk yang ditinjau



Gambar 5.8 Balok induk yang ditinjau



Gambar 5.9 Detail balok induk yang ditinjau

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI
- Bentang balok (L) : 600 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (fyt) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 16 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor ß1 : 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 denah perencanaan :

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

dx = h – $t_{decking}$ – $ø_{tulangan\ geser}$ –$ø_{tulangan\ lentur}$ – jml susun tul lentur/juml tul lentur pasang*d agregat.

= 500 mm – 40 mm – 10 mm – 19 mm – (2/6*25 mm)

= 422,67 mm

d" = h - d

= 500 - 422,67 mm

= 77,33 mm

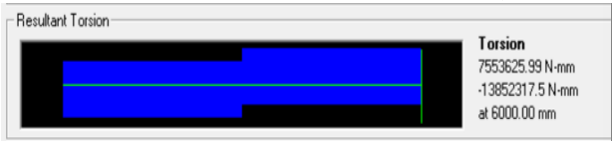
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

- **Hasil Output Torsi**

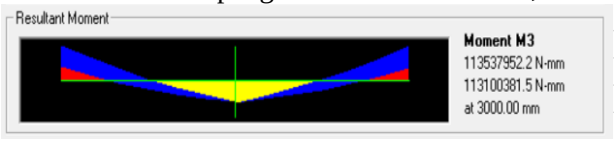
Kombinasi :1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen Puntir : 40011307,2 N-mm

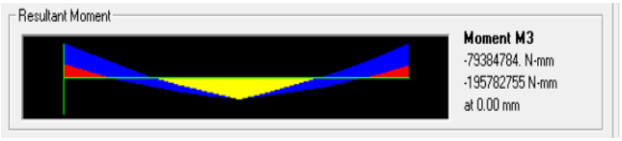


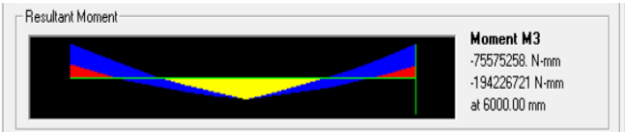
- **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Momen Lentur Lapangan : 197.750.157,2N-mm



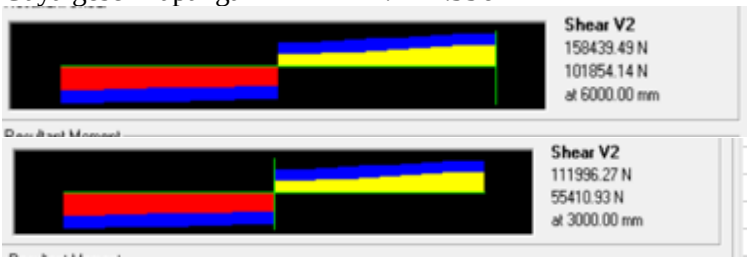
Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 137.410.926 N-mm
Momen Lentur Tumpuan Kanan: 96.386.845 N-mm





- **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L
Gaya geser Tumpuan : 158.439,49 N
Gaya geser Lapangan : 111.996 N



- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$

$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$

$A_{cp} = 175000 \text{ mm}^2$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$

$P_{cp} = 2 \times (35 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$

$P_{cp} = 1700 \text{ mm}$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser})$

$A_{oh} = (350\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$

$A_{oh} = 106600 \text{ mm}^2$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser})]$

$P_{oh} = 2 \times [(350\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$

$P_{oh} = 1340 \text{ mm}$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen puntir ultimate :

Tu = 13852317,5 Nmm

Momen puntir nominal :

$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$

$Tn = \frac{13852317{,}5\ Nmm}{0{,}75}$ = 18469756,67 Nmm

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot $\mathbf{T_u}$ besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

Tu min = ø 0,083 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

= 0,75 x 0,083 x 1 x $\sqrt{30}\left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

= 6142245,335 Nmm

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

Tu max = ø 0,33 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

= 0,75 x 0,33 x 1 x $\sqrt{30}\left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

= 8917279,412

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu\,min$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu\,min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu > Tu\,min$$

13852317,5 > 6142245,335 (perlu tulangan puntir)

- Tulangan puntir untuk lentur

  Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (***SNI 03-2847-2013pasal 11.5.3.7)*** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

  $$Al = \frac{At}{s} \text{ x Ph x } \left(\frac{Fyt}{Fy}\right) \text{ x Cot}^2\,Ø$$

  Dengan At/s dihitung sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)*** berasal dari persamaan berikut

  $$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \text{ x Ao x At x Fytx Cot } Ø}$$

  Dengan A_o = 0,85 x A_{oh}

  = 0,85 x 106600

  = 90610

  Maka :

  $$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \text{ x Ao x Fyt x Cot } Ø}$$

  $$\frac{At}{s} = \frac{18469756{,}67 \text{ Nmm}}{2 \text{ x } 90610 \text{ mm}^2 \text{x } 240 \text{ Nmmx Cot } 45}$$

  $$\frac{At}{s} = 0{,}424 \text{ mm}$$

  Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

  $$Al = \frac{At}{s} \text{x } Poh \text{ x } \left(\frac{Fyt}{Fy}\right) \text{ x } Cot^2\,Ø$$

  $$\text{Al} = \text{ 0,424 mm x 1340 mm x } \left(\frac{240\text{Mpa}}{400\text{Mpa}}\right) \text{ x Cot}^2 \text{ 45}$$

$$Al = 341{,}4285 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3)*** tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0{,}175 \text{ x Bw}}{Fyt}$$

$$0{,}425\ mm \geq \frac{0{,}175 \text{ x } 350 \text{ mm}}{240}$$

$$0{,}425 \text{ mm} \geq 0{,}2552 \text{ mm}$$

Maka nilai At/s diambil = 0,2552 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{fc'} \text{ x Acp}}{Fy} - \frac{At}{s}) \text{ x Poh x } \frac{Fyt}{Fy}\right)$$

Maka nilai Almin :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{30}\text{Mpa x } 175000\ \text{mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0{,}255\text{mm}) \text{ x } 1340\text{mm x } \frac{240\text{Mpa}}{400 \text{ Mpa}}\right)$$

Almin = 801,25 mm^2

Kontrol pengunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{perlu} \leq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{min}

$Al_{perlu} \geq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{perlu}

Maka ;

$Al_{perlu} \geq Al_{min}$

$341{,}429\ mm^2 \geq 801{,}252\ mm^2$

Sehingga yang digunakan nilai Al perlu sebesar 341,429 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok :

$$\frac{Al}{4} = \frac{801{,}253\ mm}{4} = 200{,}313\ mm^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 200,313 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$2 \times \frac{Al}{4} = 400{,}626\ mm^2$

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{400{,}626\ mm^2}{0{,}25\ \pi\ 16^2\ mm^2}$$

$n = 2$ Buah

Kontrol Al pasang > Al perlu

Al pasang = n pasang x Luasan D puntir

$= 2 \times (¼ \times 22/7 \times (16\ mm)^2)$

$= 402{,}124\ mm^2$

Maka = Al pasang > Al perlu

= 402,124 mm^2 > 341,429 mm^2

(Memenuhi)

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2Ø16**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 422{,}67 \text{ mm}$$

$= 253{,}6$ mm

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0{,}75 \times X_b$$

$$= 0{,}75 \times 253{,}6 \text{ mm}$$

$$= 190{,}200 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$= 77{,}333$ mm

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$X_{rencana} = 150$ mm

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0{,}85 \times fc' \times b \times \beta 1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350\text{mm} \times 0{,}85 \times 150\text{mm}$$

$$C_c' = 1137937{,}5\ N$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{\text{Cc}\prime}{\text{fy}} = \frac{1137937{,}5\ \text{N}}{400\ \text{N/mm}}$$

$$Asc = 2844{,}83\ \text{mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = \text{Asc} \times \text{fy} \times (\text{d} - \frac{\beta 1 \times \text{X}_{\text{rencana}}}{2})$$

$$Mnc = 2844{,}83\ \text{mm}^2 \times 400\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(422{,}67\ \text{mm} - \frac{0{,}85 \times 150\text{mm}}{2}\right)$$

$$Mnc = 408.424.734{,}375\ \text{Nmm}$$

$$\rho\text{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$= \frac{1{,}4}{400}$$

$$= 0{,}0035$$

$$\rho\text{b} = \left(\frac{0{,}85\ x\ fc'\ x\ \beta}{\text{fy}}\right)\left(\frac{600}{600+\text{fy}}\right)$$

$$= \left(\frac{0{,}85\ x\ 30\ x\ 0{,}85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right)$$

$$= 0{,}033$$

$$\rho\text{max} = 0{,}75 \text{ x } \rho\text{b}$$

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}033$$

$$= 0{,}024$$

$$\text{m} = \frac{fy}{0{,}85\ x\ fc'}$$

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

$$= 15{,}69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 194.226.721 Nmm

Momen lentur nominal :

$$Mn = \frac{Mu}{Ø}$$

$$Mn = \frac{194.226.721 \text{ Nmm}}{0,9}$$

Mn = 215.807.467,778 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 215.807.467,7 Nmm – 408.424.734,375 Nmm

Mns = -192.617.266,597 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{215.807.467,778 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (422,67\text{mm})^2}$$

$= 3{,}451$ N/mm^2

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.3{,}451}{400}}\right)$$

$= 0{,}009$

Syarat :

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

$0{,}0035 < 0{,}009 < 0{,}0244$ **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,009 x 350 x 440.5

= 1.376,992 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 627,867 + 246,547

= 874,414 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,528 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$n = \frac{627{,}867\ mm^2}{283.53 mm^2}$

n = 6 Buah

Dipasang tulangan tarik **6-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$
= 6 x ¼ . π . $(19mm)^2$
= 1.701,172 mm^2

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

1.701,172 $mm^2 \geq$ 1.577,305 mm^2 **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

As'_{perlu} = 0,3 x As_{pasang} (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

= 0,3 x 1.701,172 mm^2
= 510,352 mm^2

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283{,}528 mm^2}$

n = 1,2 ≈ 2 Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . $(19mm)^2$
= 567,057mm^2

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

567,057 $mm^2 \geq$ 510,352 mm^2 **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = \ mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \ mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 19\text{mm})}{4 - 1}$$

= 58 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm < 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

= 212,000 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 6-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **6D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 6 x ¼ . π . $(19mm)^2$
= 1.701,172 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . $(19\ mm)^2$
= 567,057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.701{,}172\ mm^2$$

$567{,}057 mm^2 \geq 567{,}057\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 6-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **6D19** = 1.134,115 mm^2

$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$

$a = \frac{1.701{,}172 \text{mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{mm}}$

a = 76,243 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 76{,}243 \text{ mm}$$

$$Cc' = 680.468{,}969\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$$

T =1.701,172 mm^2 x 400 N/mm^2

$$T = 680.468{,}969\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(\ 680.468{,}969\ N \times \left(422{,}67mm - \frac{76{,}243\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 261.671.045{,}620\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

209.336.836,496 Nmm > 194.226.721 Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **6D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 195.782.755 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{195.782.755 \text{ Nmm}}{0,9}$$

Mn = 217.536.394,444 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 217.536.394,4 Nmm – 408.424.734,37 Nmm

Mns = -190.888.339,931 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{217.536.394{,}444 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (422{,}67 \text{ mm})^2}$$

$$= 3{,}479 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.2{,}248}{400}}\right)$$

$$= 0{,}009$$

Syarat :

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

0,0035 < 0,009 < 0,0244 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,009 x 350 x 440,5

= 1.388,975 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$As_{perlu} = As + {Al}/{4}$

$= 1.388,975 + 200,313$

$= 1.589,288\ mm^2$

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

$= 283,529\ mm^2$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{1.589,288\ mm^2}{283,53 mm^2}$$

n = 6 Buah

Dipasang tulangan tarik **6-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

$= 6$ x ¼ . π . $(19mm)^2$

$= 1.701,172\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$1.701,172 mm^2 \geq 1.589,288\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 1.701{,}172\ mm^2$

$= 510{,}352\ mm^2$

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283{,}53\ mm^2}$$

$n = 1{,}2 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ \cdot \pi \cdot (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 510{,}352\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{4 - 1}$$

$= 58$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm > 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

= 212 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 6-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **6D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 6 x ¼ . π . (19mm)^2
= 1.701,172 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . (19 mm)^2
= 567.057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.701{,}172\ mm^2$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq 567{,}057\ mm^2$$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 6-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **6D19** = 1.701,172mm^2

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.701{,}172\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350mm}$$

a = 76,243 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30\frac{N}{mm^2} \times 76{,}243\text{mm}$$

$$Cc' = 680.468{,}969\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$$

$$T = 1.701{,}172\ mm^2 \text{ x } 400\ \text{N/mm}^2$$

$$T = 680.468{,}969\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)\right)$$

$$Mn = \left(680.468{,}969\ N \times \left(422{,}67\ \ mm - \frac{76{,}243\ mm}{2}\right)\right)$$

$$Mn = 261.671.045{,}620\ Nmm$$

Kontrol :

$$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$$

209.336.836,496 Nmm > 195.782.755 Nmm
(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **6D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 197.750.157,2 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{113.537.952{,}2 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 126.153.280,222 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 126.153.280,2 Nmm – 408.424.734,37 Nmm

Mns = -282.271.454,153Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{126.153.280{,}222 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (422{,}67 \text{ mm})^2}$$

$$= 2{,}018 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15.69.3{,}235}{400}}\right)$$

$$= 0{,}009$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,005 < 0,024 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 350 x 422,67

= 778,290 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 778,290 + 200,313

= 978,603 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{978{,}603\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

$n = 3{,}452 \approx 4$ Buah

Dipasang tulangan tarik **4-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 4 \times ¼ . \pi . (19\ mm)^2$

$= 1.134{,}115\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$1.134{,}115\ mm^2 \geq 978{,}603\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$

(***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 1.134{,}115\ mm^2$

$= 340{,}234\ mm^2$

$$n = \frac{As'\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

$n = 1{,}2 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan 2-D19

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 340{,}234\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{4 - 1}$$

= 58 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm ≥ 25mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350\ mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

= 212 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **4D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\ mm)^2$

$= 1.134{,}115\ mm^2$

Tulangan tekan **2D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2x \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.134{,}115\ mm^2$$

$567{,}057\ \text{mm}^2 \geq 378{,}038\ \text{mm}^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 4D19
Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **4D19** = 1.134,115 mm^2

$$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$$

$$a = \frac{1.134{,}115\ \text{mm}^2 \times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85 \times 30\ \text{N/mm}^2 \times 350\text{mm}}$$

$a = 50{,}829$ mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350mm \times 30\ N/mm^2 \times 50{,}829\text{mm}$$

$$Cc' = 453.645{,}979\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ \text{fy}$$

$$T = 1.701{,}172\ mm^2 \text{ x } 400\ \text{N/mm}^2$$

$$T = 453.645{,}979\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(680.468{,}969\ N \times \left(422{,}67\ mm - \frac{50{,}829\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 180.211.920{,}453\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

144.169.536,362 Nmm > 113.537.952,200 Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/50 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **4D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh

Vu = 133.448,650 Nmm.

Pembagian Wilayah Geser Balok

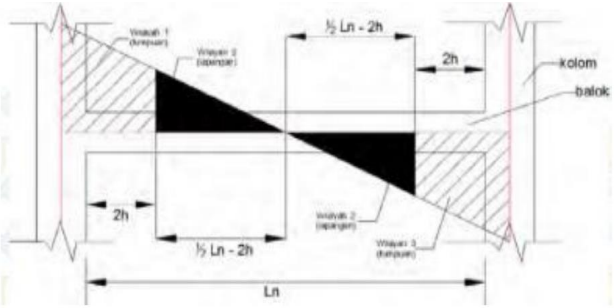
Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok,

wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3)

- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.



Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok.

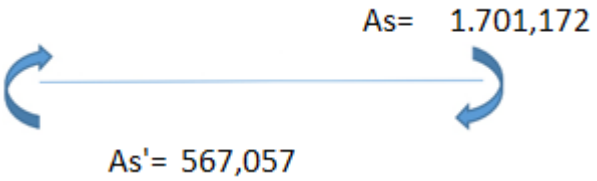
Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

As = 1.701,172 mm^2

As' = 567.06 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350 mm}$$

$a = 25{,}414$ mm

$$Mn_l = As' x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 567{,}06\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(422{,}67\ mm - \frac{25{,}414\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_l = 92.988.238{,}58\ Nmm$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.701{,}172\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

$a = 76{,}243$ mm

$$Mn_R = As\ x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

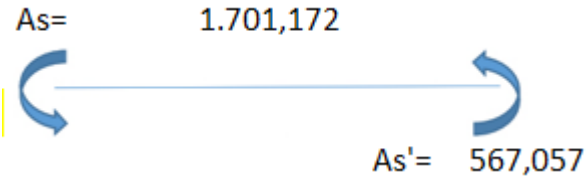
$$Mn_R = 1.701{,}172\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(422{,}67\ mm - \frac{76{,}243\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_R = 261.671.045{,}620\ Nmm$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

As = 1.701,172 mm^2

As' = 567,06 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.701{,}172\ mm^2 \times 400 N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

a = 76,243 mm

$$Mn_l = As \text{ x } fy \text{ x } \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 1.701{,}172\ mm^2 \text{ x } 400\ N/mm^2 \text{ x } \left(440.5mm - \frac{76{,}243\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_l = 261.671.045{,}620\ Nmm$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350mm}$$

a = 25,414mm

$$\mathrm{Mn_R} = \mathrm{As'\ x\ fy\ x}\left(\mathrm{d} - \frac{\mathrm{a}}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_R} = 567.06\ \mathrm{mm^2}\ \mathrm{x}\ 400\ \mathrm{N/mm^2\ x}\left(567.06\ \mathrm{mm} - \frac{25{,}414\ \mathrm{mm}}{2}\right)$$

$$\mathrm{Mn_R} = 92.988.238{,}580\ \mathrm{Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser 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

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$l_n = L_{balok} - 2\ (½ \times b_{kolom})$

$= 6000\ \mathrm{mm} - 2\ (½ \times 50\ \mathrm{mm})$

$= 5500\ \mathrm{mm}$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

V_u, didapatkan dari output SAP, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1L

V_u = 133.448,650 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{92.988.238{,}580 \text{ Nmm} + 261.671.045{,}620 \text{ Nmm}}{5500mm} + 133.448{,}650 \text{ N}$$

V_{u1} = 197.932,156 N ……..(5.3)

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{fc'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ Mpa$

$\sqrt{30}\ mpa < 8{,}3\ Mpa$

$5.48\ Mpa < 8{,}3\ Mpa$ **(memenuhi syarat SNI)**

Kuat Geser Beton

$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times d$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

λ = 1 , untuk beton normal

$$Vc = 0{,}17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{N}{mm^2}} \times 350mm \times 422{,}67\ mm$$

$$Vc = 135.044{,}039\ N$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times 350\ mm \times 422{,}67\ mm$$

$$Vs_{min} = 49.311{,}111\ N$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30\ N/mm^2} \times 350mm \times 422{,}67mm$$

$$Vs_{max} = 270.088{,}079\ N$$

$$2Vs_{max} = 2\ x\ 281.483{,}751\ N$$

$$2Vs_{max} = 540.176{,}158\ N$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1.Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom 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 (Daerah Tumpuan)

Vu_1 = 197.932,156 N

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$197.932{,}156\ N \quad \leq \quad 57.393{,}717\ N$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$57.393{,}717\ N \leq 197.932{,}156\ N \leq 114.787{,}434\ N$
(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$114.787{,}434\ N \leq 197.932{,}156\ N \leq 156.701{,}878\ N$
(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{max})$

$156.701{,}878\ N \leq 197.932{,}156\ N \leq 573.937{,}168\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser :

$Vs_{perlu} = \frac{Vu}{\varphi} - Vc$

$Vs_{perlu} = \frac{228.601,757}{0.85} - 57.393,717$

$Vs_{perlu} = 97.817,321$ N

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulanga geser yang diperlukan :

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157,08mm^2$

Spasi perlu tulangan:

$s = \frac{Av\ x\ fy\ x\ d}{Vs}$

$s = \frac{157,08mm^2\ x\ 240\frac{N}{mm^2} x 422,67\ mm}{94.731,549\ N}$

$s = 162,897\ mm^2$

Syarat spasi tulangan:

Smaks ≤ d/4 ≤ 600 mm

Smaks = d/4

= 422,67/4

= 105,667 mm ~ 100 mm

Luas penampang geser :

$Av = \frac{Vs\ x\ s}{fy*d}$

$Av = \frac{97.817{,}321\ N\ x\ 80\ mm}{240\ N/mm^2 x 422{,}67}$

Av = 96,429 mm^2

Luas tulangan geser perlu ditambah dengan luas tulangan punter dan disalurkan menjadi sengkang tertutup.

Pengaruh momen punter

$\frac{At}{s}$ = 0,255 mm

Sehingga,

At = 0,255 mm x s

= 0,255 mm x 80 mm

= 25,521mm

Luas total = Av + 2at

= 96,429 mm^2 + 2 x 25,521 mm

= 147,470 mm

Kontrol:

Av_{pakai} > Av_{perlu}

157,080 mm^2 > 147,470 mm^2 (**Memenuhi**)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

i. d/4
j. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
k. 24 kali diameter sengkang
l. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/4
   100 mm < 422,67mm/4
   100 mm < 105,667 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   100 mm < 8 x 19 mm
   100 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   100 mm < 24 x 10 mm
   100 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

V_{u1}, merupakan gaya yang didapatkan dari perhitungan gaya geser di daerah tumpuan (1 dan 3) lihat persamaan (5.3)

$$\frac{V_{u2}}{0{,}5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0{,}5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0{,}5Ln + 2h)}{0{,}5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{197.932{,}156\ N \times (0{,}5x5500mm - 2x500mm)}{0{,}5x5500\ mm}$$

$V_{u2} = 125.956{,}827\ N$ ……..(5.4)

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$125.956{,}827\ N \leq 57.393{,}717\ \ N$
(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$57.393{,}717\ N \leq 125.956{,}827\ N \leq 114.787{,}434\ N$
(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$114.787{,}434\ N \leq 125.956{,}827\ N \leq 156.701{,}878\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/2 ≤ 600 mm

Smaks ≤ 211,333≤ 600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

150 mm < 211,333 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

$$Avmin = \frac{bw.s}{3.fy}$$

$$Avmin = \frac{350.160}{3.240}$$

$$Avmin = 77{,}778 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \text{ x n kaki}$$

$$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm}^2) \text{ x } 2$$

$$Av = 157.08\text{mm}^2$$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 72,917 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.d/4
b.Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c.24 kali diameter sengkang
d.300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
150 mm < 422,67 mm/2
150 mm < 211,333mm **(Memenuhi)**

b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
150 mm < 8 x 19 mm
150 mm < 152 mm **(Memenuhi)**

c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
150 mm < 24 x 10 mm
150 mm < 240 mm **(Memenuhi)**

d. S_{pakai} < 300 mm
150 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-150mm pada daerah lapangan

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \; x \; \Psi_t \; x \; \Psi_e}{1{,}7 \; x \; \lambda \; x \; \sqrt{fc'}} \; x \; d_b \; \geq 300 \; mm$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm x } 1 \text{ x } 1}{2{,}1 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30}} \; x \; mm$$

$$l_d = 660{,}745 \; mm$$

Syarat :

$l_d \; \geq 300 \; mm$

$660{,}745 \; mm \geq 300 \; mm$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \text{I}_{\text{d}}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{1577{,}305\ \text{mm}^2}{1.701{,}172\ \text{mm}^2}\ x\ 660{,}745\ \text{mm}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = 612{,}634\ \text{mm} \approx 700\ \text{mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dc} = 333{,}015\ mm$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ fy\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ 400\ Mpa\ x\ 19mm$$

$$l_{dc} = 326{,}800\ mm$$

Diambil nilai terbesar, l_{dc} = 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \text{l}_{\text{d c}}$$

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{510{,}532\ \text{mm}^2}{567{,}057\ \text{mm}^2}\ x\ 333{,}015\ \text{mm}$$

$l_{dc\ reduksi} = 299{,}714 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ \Psi e\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b \geq 8d_b\ dan\ 150\ mm$$

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ 1\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dh} = 333{,}015\ mm \approx 350\ mm$$

$$8d_b = 8\ x\ 19\ mm$$

$$= 152\ mm$$

Syarat :

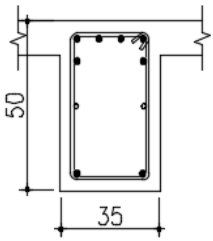
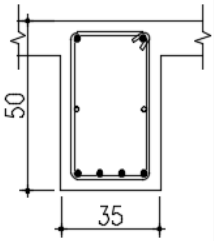
$l_{dh} > 150\ mm$

350 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

$l_{dh} > 8d_b$

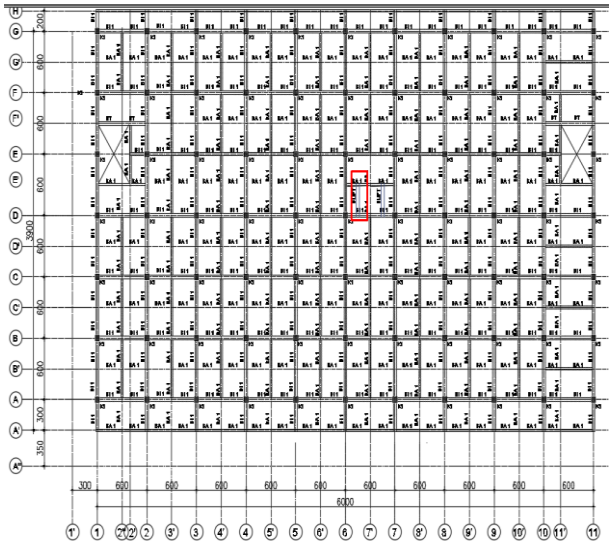
350 mm > 152 mm **(Memenuhi)**

Tabel 5.3 Tabel penulangan balok induk

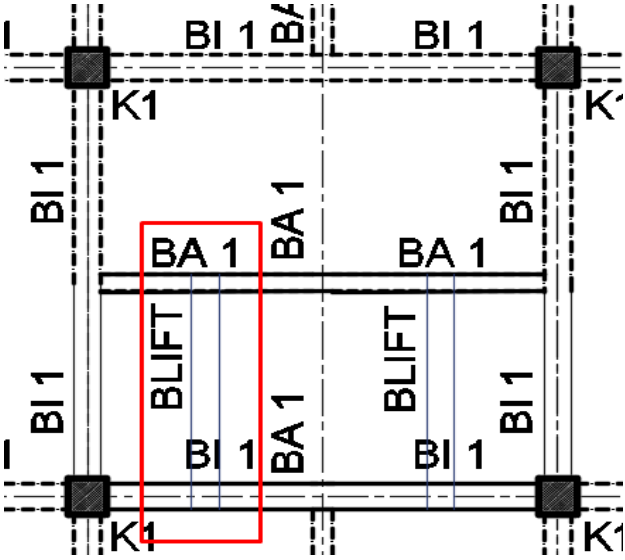
DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK LT.2-4		
TUL. ATAS	6D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	4D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

5.3.3 Balok Lift

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok Balok Lift 350x500 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.



Gambar 5.9 Balok lift yang ditinjau



Gambar 5.10 Balok Lift Yang Ditinjau

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : Balok Lift
- Bentang balok (L) : 300 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (fyt) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 16 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor ß1 : 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 denah perencanaan :

<u>Perhitungan Tulangan Balok :</u>

- Tinggi efektif balok :

$dx = h - t_{decking} - ø_{tulangan\ geser} - ½\ ø_{tulangan\ lentur}$

$= 500\ mm - 40\ mm - 10\ mm - 19/2\ mm$

$= 440.5\ mm$

$d" = decking + ø_{tulangan\ geser} + ½\ ø_{tulangan\ lentur}$

$= 40\ mm + 10\ mm + 19/2\ mm$

$= 59.5\ mm$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

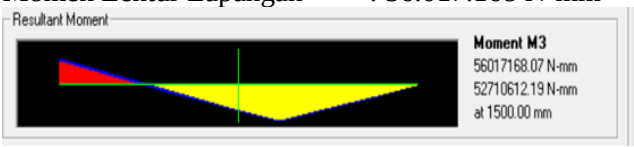
- **Hasil Output Torsi**

Kombinasi :1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Momen Puntir : 17.091.720,6 N-mm



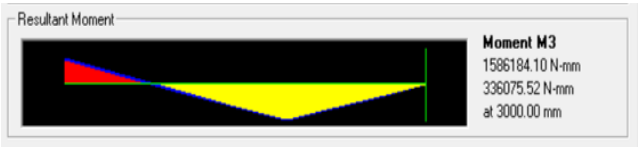
- **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Momen Lentur Lapangan : 56.017.168 N-mm



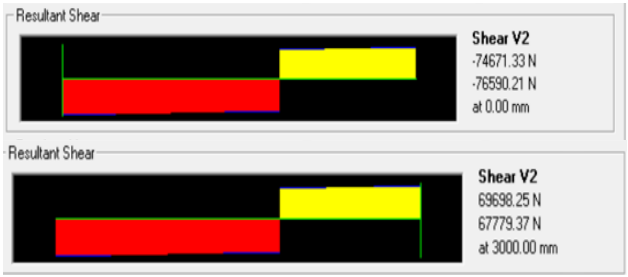
Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 1.586.184,1 N-mm
Momen Lentur Tumpuan Kanan: 56.461.911 N-mm





➢ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Gaya geser Tumpuan : 76.590,21 N
Gaya geser Lapangan : 69.176,39 N



- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$

$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$

$A_{cp} = 175000 \text{ mm}^2$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$

$P_{cp} = 2 \times (35 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$

$P_{cp} = 1700 \text{ mm}$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser})$

A_{oh} = (350mm – 2.40mm – 10mm) x (500mm – 2.40mm – 10mm)

A_{oh} = 106600 mm^2

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - ø_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - ø_{geser})]$

P_{oh} = 2 x [(350mm – 2.40mm – 10mm) + (500mm – 2.40mm – 10mm)]

P_{oh} = 1340 mm

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen puntir ultimate :

Tu = 17.091.720,600 Nmm

Momen puntir nominal :

$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$

$Tn = \frac{17.091.720{,}600\ Nmm}{0{,}75}$ = 22.788.960,8 Nmm

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot $\mathbf{T_u}$ besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

Tu min = ø 0,083 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

= 0,75 x 0,083 x 1 x $\sqrt{30}\left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

= 6142245,335 Nmm

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

Tu max = ø 0,33 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

= 0,75 x 0,33 x 1 x $\sqrt{30}\left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

= 8917279,412

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu\,min$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu\,min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$Tu \quad > \quad Tu\,min$

17.091.720,600> 6142245,335 (perlu tulangan puntir)

- Tulangan puntir untuk lentur
  Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (***SNI 03-2847-2013pasal 11.5.3.7)*** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :
  $Al = \frac{At}{s}$ x Ph x $\left(\frac{Fyt}{Fy}\right)$ x Cot^2 Ø

  Dengan At/s dihitung sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)*** berasal dari persamaan berikut

  $$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \text{ x Ao x At x Fytx Cot } Ø}$$

  Dengan A_o = 0,85 x A_{oh}

  = 0,85 x 106600

  = 90610

Maka :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{\text{Tn}}{2 \text{ x Ao x Fyt x Cot } \emptyset}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{22.788.960{,}800 \text{ Nmm}}{2 \text{ x } 90610 \text{ mm}^2 \text{x } 240 \text{ Nmmx Cot } 45}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = 0{,}524 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{\text{At}}{\text{s}} \text{x } Poh \text{ x } \left(\frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right) \text{ x } Cot^2 \emptyset$$

$$\text{Al} = 0{,}524 \text{ mm x } 1340 \text{ mm x } \left(\frac{240\text{Mpa}}{400\text{Mpa}}\right) \text{ x Cot}^2 45$$

$$\text{Al} = 400{,}273 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3)*** tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} \geq \frac{0{,}175 \text{ x Bw}}{\text{Fyt}}$$

$$0{,}524\ mm \geq \frac{0{,}175 \text{ x } 350 \text{ mm}}{240}$$

$$0{,}524 \text{ mm} \geq 0{,}2552 \text{ mm}$$

Maka nilai At/s diambil = 0,2552 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{f c'} \text{ x Acp}}{\text{Fy}} - \frac{\text{At}}{\text{s}}) \text{ x Poh x } \frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right)$$

Maka nilai Almin :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{30}\text{Mpa x } 175000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0{,}255\text{mm}) \text{ x } 1340\text{mm x } \frac{240\text{Mpa}}{400 \text{ Mpa}}\right)$$

Almin = 801,25 mm^2

Kontrol pengunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{perlu} \leq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{min}

$Al_{perlu} \geq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{perlu}

Maka ;

$$Al_{perlu} \quad \leq \quad Al_{min}$$
$$400{,}273 \text{ mm}^2 \quad \leq \quad 801{,}252 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al min sebesar 801,252 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok :

$$\frac{Al}{4} = \frac{986{,}189 \text{ mm}}{4} = 200{,}313 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 200,313mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

2 x $\frac{Al}{4}$ = 400,626 mm^2

$$n = \frac{\text{Al}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{421{,}273\ mm^2}{0{,}25\ \pi\ 16^2\ mm^2}$$

$$n = \ 1{,}991 \sim 2 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

Al pasang = n pasang x Luasan D puntir

= 2 x (¼ x 22/7 x(16 mm)^2)

= 402,124 mm^2

Maka = Al pasang > Al perlu

= 402,124 mm^2 > 400,273 mm^2

(Memenuhi)

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2Ø16**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 440.5 \text{ mm}$$

$$= 264{,}3 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0{,}75 \times X_b$$

$$= 0{,}75 \times 264.3 \text{ mm}$$

$$= 198{,}225 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$X_{min} = d'$

$= 59{,}5$ mm

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$X_{rencana} = 150$ mm

Komponen Beton Tertekan

$C_c' = 0{,}85 \times fc' \times b \times \beta 1 \times X_{rencana}$

$C_c' = 0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350mm \times 0{,}85 \times 150mm$

$C_c' = 1137937{,}5\ N$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$Asc = \frac{Cc'}{fy} = \frac{1137937{,}5\ N}{400\ N/mm}$

$Asc = 2844{,}83$ mm

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$Mnc = Asc \times fy \times (d - \frac{\beta 1 \times X_{rencana}}{2})$

$Mnc = 2844{,}83\ mm^2 \times 400\ \frac{N}{mm^2} \times \left(440.5\ mm - \frac{0{,}85 \times 150mm}{2}\right)$

$= 428.717.953{,}125$ Nmm

$\rho min = \frac{1{,}4}{fy}$

$= \frac{1{,}4}{400}$

$= 0{,}0035$

$\rho b = \left(\frac{0{,}85\ x\ fc'\ x\ \beta}{fy}\right)\left(\frac{600}{600+fy}\right)$

$= \left(\frac{0{,}85\ x\ 30\ x\ 0{,}85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right)$

$= 0{,}0325$

$\rho\max = 0{,}75 \text{ x } \rho b$

$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}033$

$= 0{,}024$

$m = \frac{fy}{0{,}85\ x\ fc'}$

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

$= 15{,}69$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 56.461.911 Nmm

Momen lentur nominal :

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

$$Mn = \frac{56.461.911 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 62.735.456,667 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 62.735.456,667 Nmm – 428717953,1 Nmm

Mns = -365.982.496,458 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{62.735.456{,}667 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5\text{mm})^2}$$

$$= 0{,}924 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.0{,}126}{400}}\right)$$

$$= 0{,}002$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,002 < 0,0244

(Tidak Memenuhi)

$\rho < \rho_{min}$ sehingga ρ harus diperbesar 30% dari semula

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,0031 < 0,0244

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,0031 x 350 x 440.5

= 471,563 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 471,563 + 200,31

= 671,876 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,528 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{671{,}876\ mm^2}{283.53 mm^2}$

n = 3 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$

= 3 x ¼ . π . $(19mm)^2$

= 850,586 mm^2

Kontrol luas tulangan

As_{pasang} ≥ As_{perlu}

850,586 mm^2 ≥ 671,876 mm^2 **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 255{,}176\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{255{,}176 mm^2}{283{,}528 mm^2}$

$n = 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times \frac{1}{4} . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times \emptyset geser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (3 \times 19mm)}{3 - 1}$$

$= 96{,}5$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

96,5 mm < 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

= 212,000 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **3D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 3 x ¼ . π . (19mm)^2
= 850,586 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . (19 mm)^2
= 567,057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 850{,}586\ mm^2$$

$567{,}057\ mm^2 \geq 283{,}529 mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 3-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = 1.134,115 mm^2

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586 mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350 mm}$$

a = 38,122 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 38{,}122 mm$$

$Cc' = 340.234{,}484\ N$

$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$

T =850,586 mm^2 x 400 N/mm^2

$T = 340.234{,}484\ N$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.234{,}484\ N \times \left(440.5\ mm - \frac{38{,}122\ mm}{2} \right) \right)$$

$Mn = 143.388.164{,}076\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

114.710.531,261 Nmm > 56.461.911 Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok Lift 35/50 dengan bentang 300 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 induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 1.586.184,100 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{1.586.184{,}100 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 1.762.426,778 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 1.762.426,778 Nmm – 428717953,1Nmm

Mns = -426.955.526,347 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1.762.426{,}778 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0{,}026 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.0{,}938}{400}}\right)$$

$$= 0{,}000065$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,000065 < 0,0244

(Tidak Memenuhi)

$\rho < \rho_{min}$ sehingga ρ harus diperbesar 30% dari semula

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,0000844 < 0,0244

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,0000844 x 350 x 440,5

= 13,010 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 13,010 + 200,31

= 213,323 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,529 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{213{,}323\ mm^2}{283{,}53 mm^2}$$

n = 4 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 3 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 850{,}586\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$850{,}586\ mm^2 \geq 679{,}489\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 255{,}176\ mm^2$

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{255{,}176\ mm^2}{283{,}53\ mm^2}$$

n = 2 Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (3 \times 19mm)}{3 - 1}$$

$= 96{,}5$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

96,5 mm > 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$= 212$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok Lift 35/50 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19
Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **3D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 3 x ¼ . π . (19mm)^2
= 850,586 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . (19 mm)^2
= 567.057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ \text{mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.134{,}115\text{mm}^2$$

$567{,}057\ \text{mm}^2 \geq 283{,}529\ \text{mm}^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 3-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = 850.59 mm^2

$a = \frac{\text{As}\times\text{fy}}{0{,}85\times\text{fc}'\times\text{b}}$

$a = \frac{850{,}586\ \text{mm}^2\times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85\times 30\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\times 350\text{mm}}$

$a = 38{,}122$ mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30\ \frac{N}{mm^2} \times 38{,}122\ \text{mm}$$

$$Cc' = 340.234{,}484\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$$

$$T = 850{,}586\ mm^2 \text{ x } 400\ \text{N/mm}^2$$

$$T = 340.234{,}484\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)\right)$$

$$Mn = \left(340.234{,}484N \times \left(440.5\ mm - \frac{38{,}122\ mm}{2}\right)\right)$$

$$Mn = 143.388.164{,}076\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

114.710.531,261 Nmm > 1.586.184,1 Nmm

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok lift 35/50 dengan bentang 300 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 56.017.168,070 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{56.017.168{,}070 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 62.241.297,856 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan
Maka :
Mns = Mn – Mnc
Mns = 62.241.297,856 Nmm – 428717953.1Nmm
Mns = -366.476.655,269 Nmm
Mns < 0
Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{62.241.297{,}856 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440.5\text{mm})^2}$$

$$= 0{,}916 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15.69.0{,}916}{400}}\right)$$

$$= 0{,}002$$

Syarat :

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
0,0035 < 0,002 < 0,024 **(Tidak Memenuhi)**
$\rho < \rho_{min}$ sehingga ρ harus diperbesar 30% dari semula
$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
0,0035 < 0,003 < 0,0244

$As_{perlu} = \rho$ x b x d
= 0,003 x 350 x 440.5
= 467,778 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$As_{perlu} = As + {}^{Al}/_{4}$

$= 467{,}778 + 200{,}31$

$= 668{,}091\ mm^2$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{668{,}091\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

n = 3 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 3 \times ¼ . \pi . (19\ mm)^2$

$= 850{,}586\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$850{,}586\ mm^2 \geq 668{,}091\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$

(***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 340{,}234\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{340{,}234 mm^2}{283.528\ mm^2}$

$n = 1{,}2 \approx$ 2 Buah

Dipasang tulangan tekan 2-D19

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$
$= 2$ x ¼ . π . $(19mm)^2$
$= 567{,}057 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times \emptyset geser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (3 \times 19mm)}{3 - 1}$$

$= 96{,}5$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm ≥ 25mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

= 212 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok lift 35/50 untuk daerah lapangan :
Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19
Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **3D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

= 3 x ¼ . π . (19 mm)^2

= 850,586 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$

$= 2x\ ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 850{,}586\ mm^2$$

$567{,}057\ mm^2 \geq 283{,}529\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 3D19
Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = 1.134,115 mm^2

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350mm}$$

$a = 38{,}122\ mm$

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350mm \times 30\ N/mm^2 \times 38{,}122mm$$

$$Cc' = 340.234{,}484\ N$$

$$T = As_{pakai}\ x\ fy$$

$T = 850{,}586\ mm^2$ x 400 N/mm^2

$T = 340.234{,}484\ N$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.234{,}484\ N \times \left(404{,}5\ mm - \frac{38{,}122\ mm}{2} \right) \right)$$

$Mn = 143.388.164{,}076\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

114.710.531,261 Nmm > 56.017.168,070Nmm **(Memenuhi)**

Jadi, penulangan lentur untuk balok Lift 35/50 dengan bentang 3 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor yaitu

Vu = 158.439,490 N.

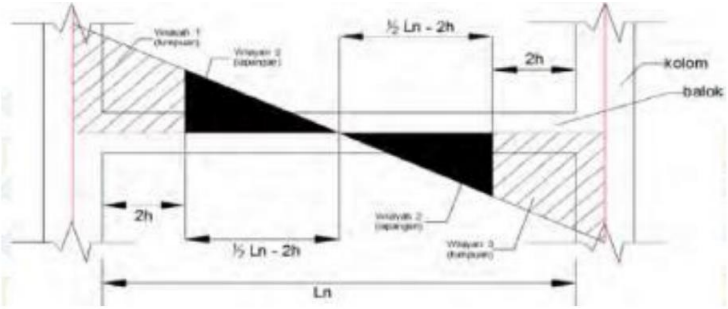
Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3)

- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.



Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok.

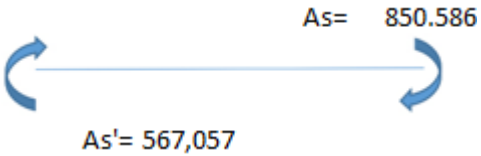
Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

As = 850,586 mm^2

As' = 567.06 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350 mm}$$

$a = 25{,}414$ mm

$$Mn_l = As' x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 567{,}06\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(440.5mm - \frac{25{,}414\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_l = 97.033.248{,}561\ Nmm$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

$a = 38{,}122$ mm

$$Mn_R = As\ x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

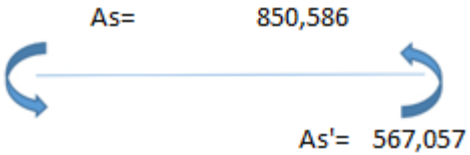
$$Mn_R = 850{,}586\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x\left(440{,}5mm - \frac{38{,}122\ mm}{2}\right)$$

$Mn_R = 143.388.164{,}076$ Nmm

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

As = 850,586 mm^2

As' = 567,0576 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

a =38,122 mm

$$Mn_l = As\ x\ fy\ x\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 850{,}586\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x\left(440.5mm - \frac{38{,}122\ mm}{2}\right)$$

$Mn_l = 143.388.164{,}076$ Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350 mm}$$

a = 25,414 mm

$$Mn_R = As' \text{ x } fy \text{ x } \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 567.06\ mm^2 \text{ x } 400\ N/mm^2 \text{ x } \left(567.06\ mm - \frac{25{,}414\ mm}{2}\right)$$

Mn_R = 97.033.248,561 Nmm

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan
M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)
M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
l_n : panjang balok bersih

$l_n = L_{balok} - 2$ (½ x b_{kolom})

= 3000 mm – 2 (½ x 50 mm)

= 2500 mm

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

V_u, didapatkan dari output SAP, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1L

V_u = 120.303,194 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{97.033.248{,}561\ \text{Nmm} + 143.388.164{,}076\ \text{Nmm}}{2500mm} + 158.439{,}490\ \text{N}$$

V_{u1} = 120.303,194 N …….(5.5)

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{fc'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ Mpa$

$\sqrt{30}\ mpa < 8{,}3\ Mpa$

$5.48\ Mpa < 8{,}3\ Mpa$ **(memenuhi syarat SNI)**

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

λ = 1 , untuk beton normal

$$Vc = 0{,}17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{N}{mm^2}} \times 350mm \times 440.5mm$$

$$Vc = 140.741{,}876\ N$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times 350\ mm \times 440.5\ mm$$

$$Vs_{min} = 51.391{,}667\ N$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30\ N/mm^2} \times 350mm \times 440.5mm$$

$$Vs_{max} = 281.483{,}751\ N$$

$$2Vs_{max} = 2\ x\ 281.483{,}751\ N$$

$$2Vs_{max} = 562.967{,}502\ N$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom 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 (Daerah Tumpuan)

Vu_1 = 128.731,361 N

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$120.303{,}194 \quad \leq \quad 59.815{,}297\ N$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 120.303{,}194\ N \leq 119.630{,}594\ N$

(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$119.630{,}594\ N \leq 120.303{,}194\ N \leq 163.313{,}511\ N$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/4 ≤ 600,000mm

Smaks = 110,125≤ 600,000mm

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

100,000< 110,125 **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{350.100}{3.240}$

Avmin = 48,611 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 48.61 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

m. d/4
n. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
o. 24 kali diameter sengkang
p. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/4
   100 mm < 440.5 mm/4
   100 mm < 110,125 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   100 mm < 8 x 19 mm
   100 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   100 mm < 24 x 10 mm
   100 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) 10Ø-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

V_{u1}, merupakan gaya yang didapatkan dari perhitungan gaya geser di daerah tumpuan (1 dan 3) lihat persamaan (5.5)

$$\frac{V_{u2}}{0{,}5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0{,}5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0{,}5Ln + 2h)}{0{,}5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{120.303{,}194\ N \times (0{,}5x2500mm - 2x500mm)}{0{,}5x2500\ mm}$$

$V_{u2} = 76.556{,}578\ N$ ……..(5.6)

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$76.556{,}578\ N \leq 119.630{,}594\ \ N$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 76.556{,}578\ N \leq 119.630{,}594\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/2 ≤ 600 mm

Smaks = 220,25 ≤ 600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

150mm < 220,25 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{350.150}{3.240}$

Avmin = 72,917 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 72,917 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.d/4
b.Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c.24 kali diameter sengkang
d.300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
150 mm < 440.5 mm/2
150 mm < 220,250 mm **(Memenuhi)**

b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
150 mm < 8 x 19 mm
150 mm < 152 mm **(Memenuhi)**

c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
150 mm < 24 x 10 mm
150 mm < 240 mm **(Memenuhi)**

d. S_{pakai} < 300 mm
150 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-150mm pada daerah lapangan

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \; x \; \Psi_t \; x \; \Psi_e}{1{,}7 \; x \; \lambda \; x \; \sqrt{fc'}} \; x \; d_b \; \geq 300 \; mm$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm x } 1 \text{ x } 1}{2{,}1 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30}} \; x \; mm$$

$$l_d = 660{,}745 \; mm$$

Syarat :

$l_d \geq 300 \; mm$

$660{,}745 \; mm \geq 300 \; mm$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{As \; perlu}{As \; pasang} \; x \; l_d$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{671{,}876 \text{ mm}^2}{850{,}586 \text{ mm}^2} \; x \; 660{,}745 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = 521{,}921 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dc} = 333{,}015\ mm$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ fy\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ 400\ Mpa\ x\ 19mm$$

$$l_{dc} = 326{,}800\ mm$$

Diambil nilai terbesar, l_{dc} = 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \mathrm{l_{d\ c}}$$

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{255{,}176\ \mathrm{mm^2}}{567{,}057\ \mathrm{mm^2}}\ x\ 333{,}015\ \mathrm{mm}$$

$$l_{dc\ reduksi} = 149{,}857\mathrm{mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ \Psi e\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b\ \geq\ 8d_b\ dan\ 150\ mm$$

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ 1\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dh} = 333{,}015\ mm \approx\ 350\ mm$$

$$8d_b = 8\ x\ 19\ mm$$

$$= 152\ mm$$

Syarat :

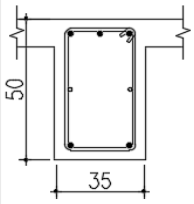
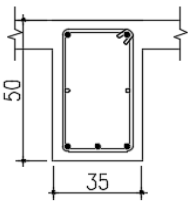
$l_{dh} > 150\ mm$

350 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

$l_{dh} > 8d_b$

350 mm > 152 mm **(Memenuhi)**

Tabel 5.4 Tabel penulangan balok lift.

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK LIFT		
TUL. ATAS	3D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	3D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

5.3.4 Balok Anak

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok Balok Lift 250x350 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : Balok Anak
- Bentang balok (L) : 600 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 250 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 350 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (fyt) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 12 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor ß1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (φ) : 0,9

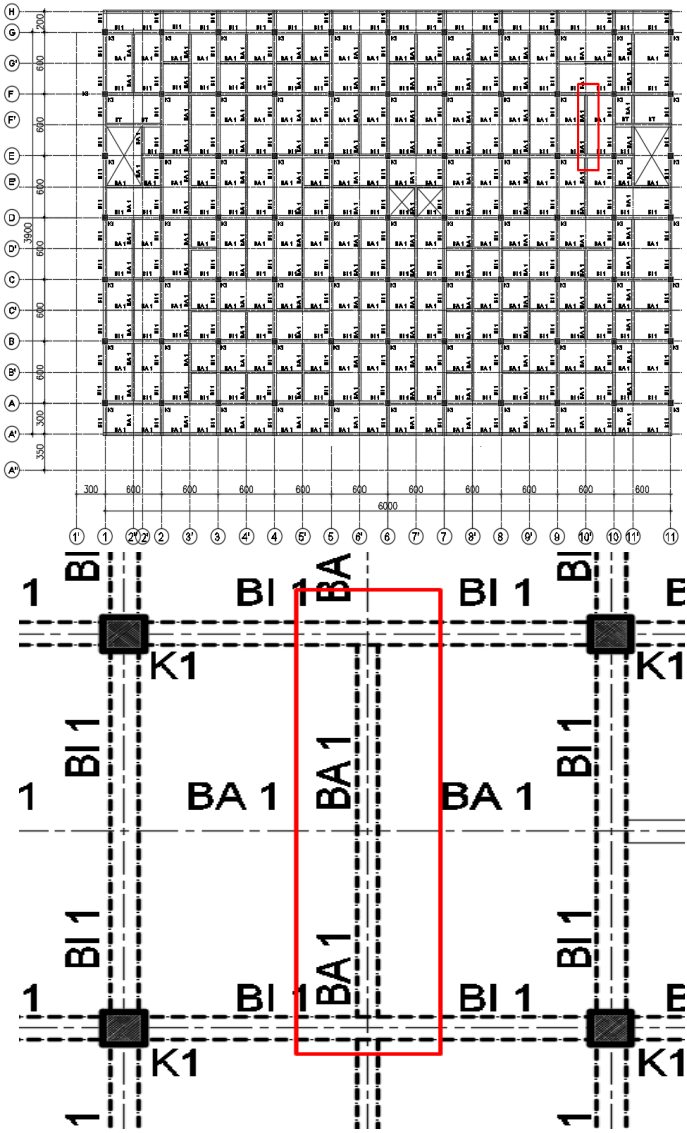
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

- 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 5.11 balok anak tinjau

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

dx = h – $t_{decking}$ – $ø_{tulangan\ geser}$ – ½ $ø_{tulangan\ lentur}$

= 350 mm – 40 mm – 10 mm – 19/2 mm

= 290,5 mm

d" = decking + $ø_{tulangan\ geser}$ + ½ $ø_{tulangan\ lentur}$

= 40 mm + 8 mm + 19/2 mm

= 59,5 mm

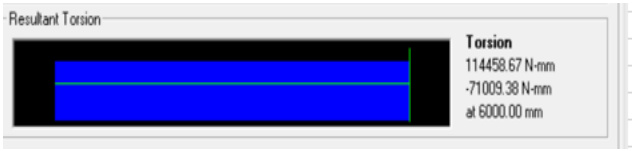
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

- **Hasil Output Torsi**

Kombinasi :1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

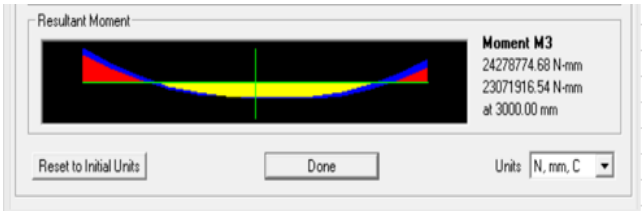
Momen Puntir : 114.458,670 N-mm



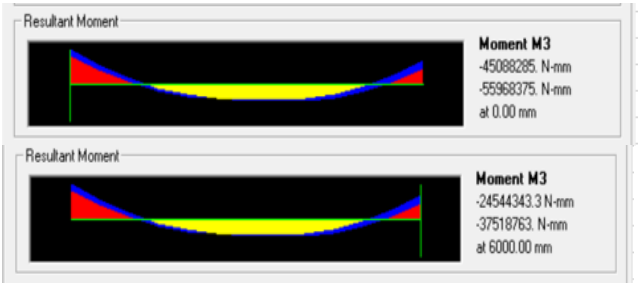
- **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen Lentur Lapangan : 24.278.774,6 N-mm



Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 55.968.375 N-mm
Momen Lentur Tumpuan Kanan: 37.518.763 N-mm



- **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L
Gaya geser Tumpuan : 48.204,960 N
Gaya geser Lapangan : 5.234,760 N

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$

$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$

$A_{cp} = 87.500 \text{ mm}^2$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

P_{cp} = 2 x (b_{balok} + h_{balok})

P_{cp} = 2 x (250 mm + 350 mm)

P_{cp} = 1.200 mm

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

A_{oh} = (b_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$) x (h_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$)

A_{oh} = (250mm – 2.40mm – 10mm) x (350mm – 2.40mm – 10mm)

A_{oh} = 41.600 mm^2

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

P_{oh} = 2 x [(b_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$) + (h_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$)]

P_{oh} = 2 x [(250mm – 2.40mm – 10mm) + (35mm – 2.40mm – 10mm)]

P_{oh} = 840 mm

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen puntir ultimate :

Tu = 114.458,670Nmm

Momen puntir nominal :

$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$

$Tn = \frac{114.458{,}670\ Nmm}{0{,}75}$ = 152.611,560 Nmm

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot $\mathbf{T_u}$ besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$Tu \text{ min} = \text{ø } 0{,}083\ \lambda \sqrt{fc'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}083 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200}\right)$$

$$= 2.175.378{,}556 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$Tu \text{ max} = \text{ø } 0{,}33\ \lambda \sqrt{fc'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}33 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200}\right)$$

$$= 3.158.203{,}125$$

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu\ min$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu\ min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu \quad < \quad Tu\ min$$

114.458,670 < 2.175.378,556

(tulangan puntir diabaikan)

- Tulangan puntir untuk lentur
  Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (***SNI 03-2847-2013pasal 11.5.3.7)*** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

  $$\text{Al} = \frac{\text{At}}{\text{s}} \text{x Ph x} \left(\frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right) \text{ x Cot}^2 \text{ Ø}$$

Dengan At/s dihitung sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)*** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{\text{Tn}}{2 \text{ x Ao x At x Fytx Cot } \emptyset}$$

Dengan A_o = 0,85 x A_{oh}

= 0,85 x 41.600

= 35.360

Maka :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{\text{Tn}}{2 \text{ x Ao x Fyt x Cot } \emptyset}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{114.458{,}670 \text{ Nmm}}{2 \text{ x } 35.360 \text{ mm}^2 \text{x } 240 \text{ Nmm x Cot } 45}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = 0{,}009\text{mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{\text{At}}{\text{s}} \text{x } Po\text{h x } \left(\frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right) \text{ x } Cot^2 \emptyset$$

$$\text{Al} = 0{,}009\text{mm x } 840 \text{ mm x } \left(\frac{240\text{Mpa}}{400\text{Mpa}}\right) \text{ x Cot}^2 \text{ } 45$$

$$\text{Al} = 4{,}532 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3)*** tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} \geq \frac{0{,}175 \text{ x Bw}}{\text{Fyt}}$$

$$0{,}009\ mm \geq \frac{0{,}175 \text{ x } 250 \text{ mm}}{240}$$

$0{,}009 \text{ mm} \geq 0{,}182 \text{ mm}$

Maka nilai At/s diambil = 0,182 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{fc'} \text{ x Acp}}{\text{Fy}} - \frac{\text{At}}{\text{s}}) \text{ x Poh x } \frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right)$$

Maka nilai Almin :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{30}\text{Mpa x } 87.500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0{,}009 \text{ mm}) \text{ x } 840 \text{ mm x } \frac{240\text{Mpa}}{400 \text{ Mpa}}\right)$$

Almin = 411,345 mm^2

Kontrol pengunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{perlu} \leq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{min}

$Al_{perlu} \geq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{perlu}

Maka ;

$$Al_{perlu} \quad \leq \quad Al_{min}$$
$$4{,}532 \text{ mm}^2 \quad \leq \quad 411{,}345 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al min sebesar 411,345 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok :

$$\frac{\text{Al}}{4} = \frac{411{,}345 \text{ mm}}{4} = 102{,}836 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 200,313mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$2 \text{ x } \frac{Al}{4} = 205{,}673 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{205{,}673\ mm^2}{0{,}25\ \pi\ 12^2\ mm^2}$$

$n = 2$ Buah

Kontrol Al pasang > Al perlu

Al pasang = n pasang x Luasan D puntir

= 2 x (¼ x 22/7 x(10 mm)^2)

= 402,124 mm^2

Maka = Al pasang > Al perlu

= 402,124 mm^2 > 7,633 mm^2

(Memenuhi)

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2Ø16**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 290{,}5 \text{ mm}$$

$$= 174{,}3 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0{,}75 \times X_b$$

$$= 0{,}75 \times 174{,}3 \text{ mm}$$

$$= 130{,}725 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 59{,}5 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0{,}85 \times fc' \times b \times \beta 1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 250\text{mm} \times 0{,}85 \times 150\text{mm}$$

$$C_c' = 812.812{,}5\ N$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{Cc'}{fy} = \frac{812.812{,}5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 2.032{,}031 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = \text{Asc} \times \text{fy} \times (\text{d} - \frac{\beta 1 \times \text{X}_{\text{rencana}}}{2})$$

$$Mnc = 2.032{,}031 \text{mm}^2 \times 400 \ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(440.5 \text{ mm} - \frac{0{,}85 \times 150 \text{mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 184.305.234{,}375 \text{ Nmm}$$

$$\rho\text{min} = \frac{1{,}4}{fy}$$

$$= \frac{1{,}4}{400}$$

$$= 0{,}0035$$

$$\rho\text{b} = \left(\frac{0{,}85 \ x \ fc' \ x \ \beta}{\text{fy}}\right)\left(\frac{600}{600+\text{fy}}\right)$$

$$= \left(\frac{0{,}85 \ x \ 30 \ x \ 0{,}85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right)$$

$$= 0{,}0325$$

$$\rho\text{max} = 0{,}75 \text{ x } \rho\text{b}$$

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}033$$

$$= 0{,}024$$

$$\text{m} = \frac{fy}{0{,}85 \ x \ fc'}$$

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

$$= 15{,}69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 37.518.763 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{37.518.763 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 41.687.514,444 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 41.687.514,44Nmm – 184.305.234,375 Nmm

Mns = -142.617.719,931 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{41.687.514{,}444 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (440.5\text{mm})^2}$$

$$= 1{,}976 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.1{,}976}{400}}\right)$$

$$= 0{,}005$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}
0,0035 < 0,005 < 0,0244
(Memenuhi)

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 250 x 290.5

= 373,850 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 373,850+ 102,836

= 476,687mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,528 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{476{,}687\ mm^2}{283.53 mm^2}$

n = 3 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 3 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 850{,}586\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$850{,}586\ mm^2 \geq 476{,}687\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 255{,}176\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{255{,}176\ mm^2}{283{,}528 mm^2}$

$n = 0{,}9 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = \ mm \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \ mm \rightarrow$ susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19\text{mm})}{3 - 1}$$

= 46,5 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

46,5 mm < 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

= 112 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

112 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok Anak induk 25/35 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$

= 3 x ¼ . π . $(19mm)^2$

= 850,586 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$

= 2 x ¼ . π . $(19\ mm)^2$

= 567,057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 850{,}586\ mm^2$$

$567{,}057\ mm^2 \geq 283{,}529\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3-D19

Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = 850,586 mm²

$a = \frac{\text{As}\times\text{fy}}{0{,}85\times\text{fc}'\times\text{b}}$

$a = \frac{850{,}586\ \text{mm}^2\times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85\times 30\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\times\ 250\text{mm}}$

a = 53,370 mm

$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$

$Cc' = 0{,}85 \times 250\ mm \times 30\frac{N}{mm^2} \times 53{,}370\ \text{mm}$

$Cc' = 340.234{,}484\ N$

$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$

T =850,586 mm^2 x 400 N/mm²

$T = 340.234{,}484\ N$

$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)\right)$

$Mn = \left(340.234{,}484\ N \times \left(440.5\ mm - \frac{53{,}37\ mm}{2}\right)\right)$

$Mn = 89.758.940{,}901\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

71.807.152,721 Nmm > 37.518.763 Nmm (**Memenuhi**)

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/35 dengan bentang 600 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 induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 55.968.375 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{55.968.375 \text{ Nmm}}{0,9}$$

Mn = 62.187.083,333 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 62.187.083,333 Nmm – 184.305.234,375 Nmm

Mns = -122.118.151,042 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{62.187.083{,}333 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (290{,}5 \text{ mm})^2}$$

$$= 2{,}948 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.2{,}948}{400}}\right)$$

$$= 0{,}008$$

Syarat :

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

0,0035 < 0,008 < 0,0244

(Memenuhi)

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,008 x 250 x 290,5

= 570,297mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 570,297 + 102,836

= v mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,529 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{570{,}297 mm^2}{283{,}53 mm^2}$$

n = 3 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 3 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 850{,}586\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$850{,}586\ mm^2 \geq 673{,}133\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 850{,}586\ mm^2$

$= 255{,}176\ mm^2$

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{255{,}176\ mm^2}{283{,}53\ mm^2}$$

$n = 0{,}9 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{250mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (3 \times 19mm)}{3 - 1}$$

$= 46{,}5$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

46,5 mm > 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{250mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$= 112$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

112 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/35 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **3D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 3 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 850{,}586\ mm^2$

Tulangan tekan **2D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\ mm)^2$

$= 567.057\ mm^2$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 850{,}586\ mm^2$$

$567{,}057\ mm^2 \geq 283{,}529 mm^2$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 3-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = $850{,}586\ mm^2$

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 250 mm}$$

$a = 53{,}37\ mm$

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 250\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 53{,}37 mm$$

$$Cc' = 340.234{,}484\ N$$

$$T = As_{pakai}\ x\ fy$$

$$T = 340.234{,}484 N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.234{,}484\ N \times \left(290.5\ mm - \frac{53{,}37\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 89.758.940{,}901\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

71.807.152,721 Nmm > 55.968.375 Nmm

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok lift 35/50 dengan bentang 300 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 24.278.774,680 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{24.278.774{,}680\ \text{Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 26.976.416,311Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 26.976.416,311Nmm – 184.305.234,37 Nmm

Mns = -157.328.818,064 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{26.976.416{,}311\text{Nmm}}{250\text{mm} \times (290.5\text{mm})^2}$$

$$= 1{,}279\ \text{N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15.69.1{,}279}{400}}\right)$$

$$= 0{,}003$$

Syarat :

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

0,0035 < 0,003 < 0,024 **(Tidak Memenuhi)**

Maka ρ harus diperbesar sebesar 30% dari semula, sehingga $\rho = 0{,}003 \text{x} 1{,}3 = 0{,}004$

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

$0{,}0035 < 0{,}004 < 0{,}024$ **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

$= 0{,}004$ 250 x 290,5

$= 309{,}773 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$As_{perlu} = As + {}^{Al}/_{4}$

$= 309{,}773 + 102{,}836$

$= 412{,}609 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{412{,}609 mm^2}{283.528\ mm^2}$$

$n = 1{,}455 \approx$ 2 Buah

Dipasang tulangan tarik **2-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

$= 2$ x ¼ . π . $(19 \text{ mm})^2$

$= 567{,}057 \text{ mm}^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 412{,}609\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$

(***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 567{,}057\ mm^2$

$= 170{,}117\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{170{,}117 mm^2}{283.528\ mm^2}$

$n = 0{,}6 \approx$ 2 Buah

Dipasang tulangan tekan 2-D19

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 170{,}117\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$
$$= \frac{250mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

= 112 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

112 mm ≥ 25mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$
$$= \frac{250\ mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

= 112 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

112 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/35 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang

sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **2D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 2 x ¼ . π . (19 mm)^2
= 567,057mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2x ¼ . π . (19mm)^2
= 567,057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 567{,}057 mm^2$$

567,057 mm^2 ≥ 189,019 mm^2 **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 2D19
Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **2D19** = 567,057 mm^2

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$a = \frac{567{,}057\ \text{mm}^2 \times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85 \times 30\ \text{N/mm}^2 \times 250\text{mm}}$

$a = 35{,}580\ \text{mm}$

$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$

$Cc' = 0{,}85 \times 250mm \times 30\ N/mm^2 \times 35{,}580\text{mm}$

$Cc' = 226.822{,}990\ N$

$T = As_{\text{pakai}}\ x\ \text{fy}$

$T = 567{,}057\ mm^2\ \text{x}\ 400\ \text{N/mm}^2$

$T = 226.822{,}990\ N$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(226.822{,}990N \times \left(290{,}5\ mm - \frac{35{,}580\ mm}{2} \right) \right)$$

$Mn = 61.856.888{,}781\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

49.485.511,025 Nmm > 42.077.440,440 Nmm
(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/35 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan adalah:
Tulangan lentur tarik 1 lapis = **2D19**
Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor yaitu

Vu = 59703,75 N.

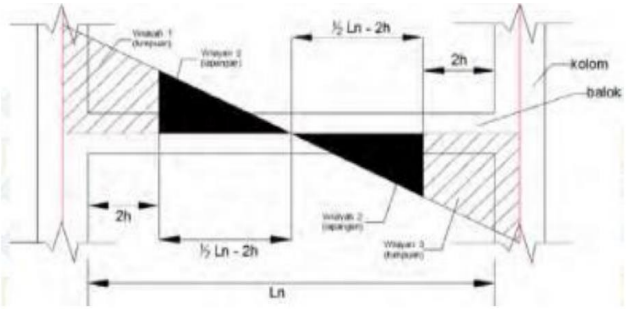
Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3)

- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.



Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok.

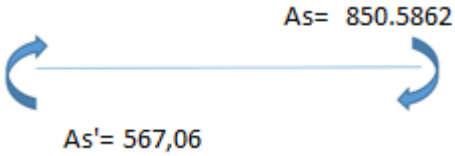
Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

As = 850,586 mm^2

As' = 567.06 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 250 mm}$$

a =35,580 mm

$$Mn_l = As' x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 567{,}06\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(290.5mm - \frac{35{,}580\ mm}{2}\right)$$

Mn_l = 61.856.888,781 Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 250\ mm}$$

a = 53,370 mm

$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

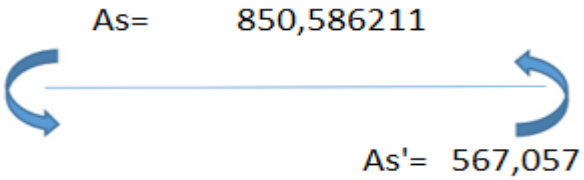
$$Mn_R = 850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2 \times \left(290{,}5mm - \frac{32{,}022\ mm}{2}\right)$$

Mn_R = 89.758.940,901 Nmm

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

As = 850,586 mm^2

As' = 567,0576 mm^2



<u>Momen nominal tumpuan kiri</u>

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 250mm}$$

a =53,370 mm

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 850{,}586\ mm^2 \times 400\ N/mm^2 \times \left(290.5mm - \frac{53{,}370\ mm}{2}\right)$$

Mn_l = 89.758.940,901 Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}057\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 250\ mm}$$

$$a = 35{,}580\ mm$$

$$Mn_R = As' \text{ x } fy \text{ x } \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 567{,}057 mm^2 \text{ x } 400\ N/mm^2 \text{ x } \left(290{,}5mm - \frac{21{,}348\ mm}{2}\right)$$

$$Mn_R = 61.856.888{,}781 Nmm$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan
M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)
M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
l_n : panjang balok bersih

$l_n = L_{balok} - 2\ (½ \text{ x } b_{kolom})$

$= 6000\ mm - 2\ (½ \text{ x } 50\ mm)$

= 5500 mm

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

V_u, didapatkan dari output SAP, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1L

V_u = 59.703,750 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{61856888{,}78 + 89758940{,}9 \text{ Nmm}}{5500mm} + 59.703{,}750 \text{ N}$$

V_{u1} = 87270,26449 N …….....(5.7)

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{fc'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ Mpa$

$\sqrt{30}\ mpa < 8{,}3\ Mpa$

$5.48\ Mpa < 8{,}3\ Mpa$ **(memenuhi syarat SNI)**

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

λ = 1 , untuk beton normal

$$Vc = 0{,}17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{N}{mm^2}} \times 250mm \times 290.5mm$$

$$Vc = 66.297{,}251\ N$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times 250\ mm \times 290.5\ mm$$

$$Vs_{min} = 24.208{,}333\ N$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30\ N/mm^2} \times 250mm \times 290.5mm$$

$$Vs_{max} = 132.594{,}502\ N$$

$$2Vs_{max} = 2\ x\ 132.594{,}502\ N$$

$$2Vs_{max} = 265.189{,}005\ N$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1.Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom 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 (Daerah Tumpuan)

Vu_1 = 87270,26449 N

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$87270{,}264 \quad \leq \quad 28.176{,}332\ N$ **(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$28.176{,}332\ N \leq 87270{,}264 N \leq 56.352{,}664\ N$ **(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$56.352{,}664\ N \leq 87270{,}264\ N \leq 76.929{,}747\ N$
(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{max})$

$76.929{,}747\ N \leq 87270{,}264\ N \leq 169.057{,}991\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser :

$Vs_{perlu} = \frac{Vu}{\varphi} - Vc$

$Vs_{perlu} = \frac{80.844,575}{0.85} - 66.297,251$

$Vs_{perlu} = 36373,65$ N

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulanga geser yang diperlukan :

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157,08mm^2$

Spasi perlu tulangan:

$s = \frac{Av\ x\ fy\ x\ d}{Vs}$

$s = \frac{157,08mm^2\ x\ 240\frac{N}{mm^2} x 440,5\ mm}{28.814,013\ N}$

$s = 380,079\ mm^2$

Syarat spasi tulangan:

Smaks ≤ d/4 ≤ 600 mm

Smaks = d/4

= 290,5/4

= 72,625 mm ~ 72 mm

Luas penampang geser :

$Av = \frac{Vs\ x\ s}{fy*d}$

$Av = \frac{28.814{,}013\ N\ x\ 70\ mm}{240\ N/mm^2 x 290{,}5}$

$Av = 28{,}930\ mm^2$

Luas tulangan geser perlu ditambah dengan luas tulangan punter dan disalurkan menjadi sengkang tertutup.

Pengaruh momen punter

$\frac{At}{s} = 0{,}182mm$

Sehingga,

At = 0,182 mm x s

= 0,255 mm x 70 mm

= 12,760 mm

Luas total = Av + 2at

= 28,930 mm^2 + 2x12,760 mm

= 62,041 mm

Kontrol:

Av_{pakai}	>	Av_{perlu}	
157,080 mm^2	>	62,041 mm^2	(**Memenuhi**)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a. d/4
b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c. 24 kali diameter sengkang
d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/4
   70 mm < 440.5 mm/4
   70 mm < 72,625 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   70 mm < 8 x 19 mm
   70 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   70 mm < 24 x 10 mm
   70 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   70 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) 10Ø-70 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan

<u>Wilayah 2 (Daerah Lapangan)</u>

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

V_{u1}, merupakan gaya yang didapatkan dari perhitungan gaya geser di daerah tumpuan (1 dan 3) lihat persamaan (5.7)

$$\frac{V_{u2}}{0{,}5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0{,}5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0{,}5Ln + 2h)}{0{,}5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{87270{,}264N \times (0{,}5x5500mm - 2x350mm)}{0{,}5x5500\ mm}$$

$V_{u2} = 65056{,}0\ N$N ……..(5.8)

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$65056{,}0\ N\ N \leq 56.352{,}664\ \ N$ **(Tidak Memenuhi)**

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$56.352{,}664\ N \leq 65056{,}0\ N\ N \leq 56.352{,}664\ N$ **(Tidak Memenuhi)**

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$56.352{,}664\ N \leq 65056{,}0\ N\ N \leq 76.929{,}747\ N$ **(Memenuhi)**

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/2 ≤ 600 mm

Smaks = 145,250 ≤ 600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 140 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

140 mm < 145,250 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{250.140}{3.240}$

Avmin = 48,611 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 48.61 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.d/4
b.Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c.24 kali diameter sengkang
d.300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
   140 mm < 290,5 mm/2
   140 mm < 145,250 mm **(Memenuhi)**
b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   140 mm < 8 x 19 mm
   140 mm < 152 mm **(Memenuhi)**
c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   140 mm < 24 x 10 mm
   140 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
d. S_{pakai} < 300 mm
   140 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-140mm pada daerah lapangan

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \; x \; \Psi_t \; x \; \Psi_e}{1{,}7 \; x \; \lambda \; x \; \sqrt{fc'}} \; x \; d_b \; \geq 300 \; mm$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm x } 1 \text{ x } 1}{2{,}1 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30}} \; x \; mm$$

$$l_d = 660{,}745 \; mm$$

Syarat :

$l_d \geq 300 \; mm$

$660{,}745 \; mm \geq 300 \; mm$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{As \; perlu}{As \; pasang} \; x \; l_d$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{438{,}455 \text{ mm}^2}{850{,}586 \text{ mm}^2} \; x \; 660{,}745 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = 340{,}597 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dc} = 333{,}015\ mm$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ fy\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ 400\ Mpa\ x\ 19mm$$

$$l_{dc} = 326{,}800\ mm$$

Diambil nilai terbesar, l_{dc} = 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \mathrm{l_{d\ c}}$$

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{255{,}176\ \mathrm{mm^2}}{567{,}057\ \mathrm{mm^2}}\ x\ 333{,}015\ \mathrm{mm}$$

$$l_{dc\ reduksi} = 149{,}857\ \mathrm{mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ \Psi e\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b\ \geq\ 8d_b\ dan\ 150\ mm$$

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ 1\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dh} = 333{,}015\ mm \approx\ 350\ mm$$

$8d_b = 8\ x\ 19\ mm$

$= 152\ mm$

Syarat :

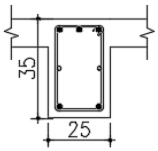
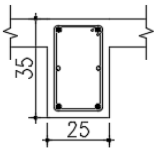
l_{dh} > 150 mm

350 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

$l_{dh} > 8d_b$

350 mm > 152 mm **(Memenuhi)**

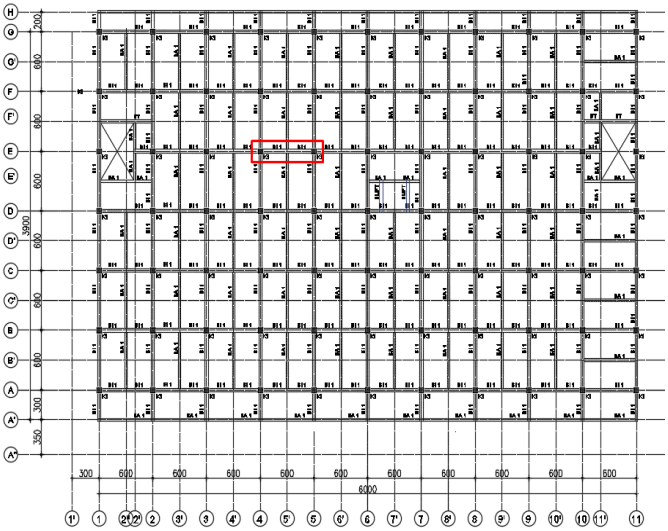
Tabel 5.5 Tabel penulangan balok anak

DIMENSI	25 x 35	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK		
TUL. ATAS	3D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	2D19
SENGKANG	2Ø10-70	2Ø10-140
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

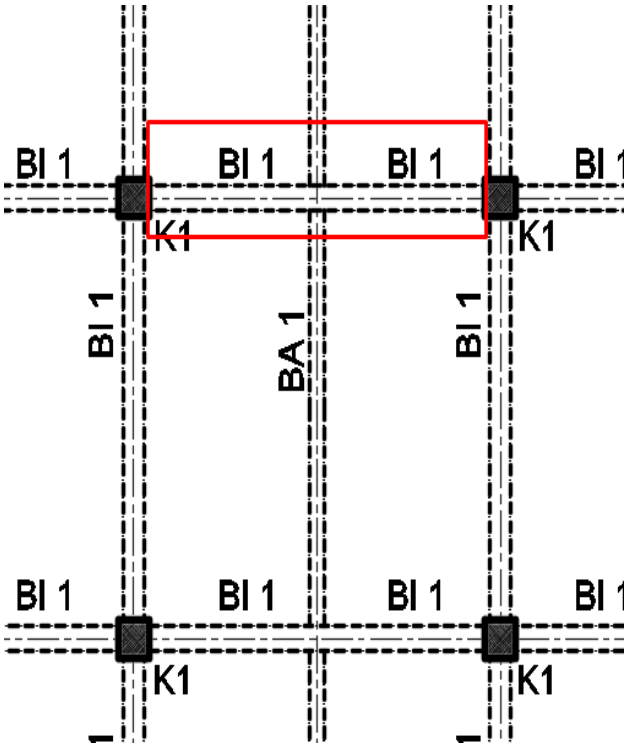
5.3.5 Balok Induk Atap

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk BI atap 350x500 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Gambar balok induk yang ditinjau



Gambar 5.10 Balok induk atap yang ditinjau



Gambar 5.12 Detail balok induk yang ditinjau

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI
- Bentang balok (L) : 600 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa

- Kuat leleh tulangan puntir (fyt) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 16 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor ß1 : 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 denah perencanaan :

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

dx = h – $t_{decking}$ – $ø_{tulangan\ geser}$ –$ø_{tulangan\ lentur}$ – jml susun tul lentur/juml tul lentur pasang*d agregat.
= 500 mm – 40 mm – 10 mm – 19 mm – (2/6*25 mm)
= 422,67 mm

d" = h - d
= 500 - 422,67 mm
= 77,33 mm

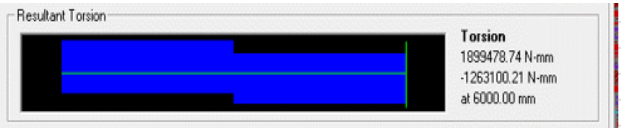
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

- **Hasil Output Torsi**

Kombinasi :1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

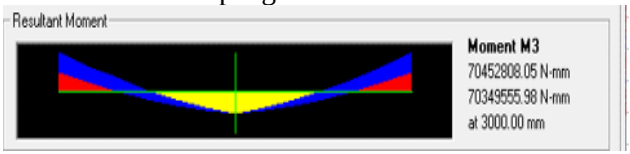
Momen Puntir : 1899478 N-mm



- **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

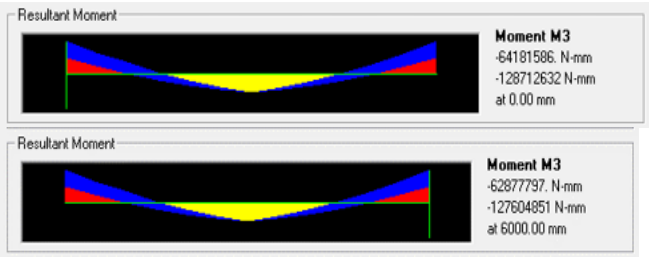
Momen Lentur Lapangan : 70.452.808 N-mm



Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen Lentur Tumpuan Kiri : 128.712.632 N-mm

Momen Lentur Tumpuan Kanan: 127.604.851 N-mm

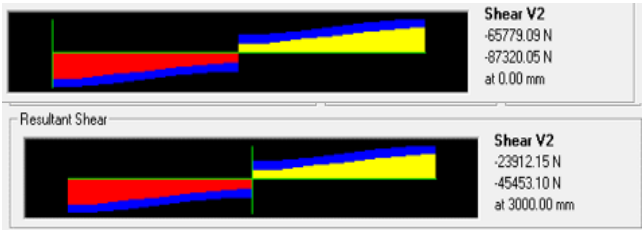


- **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Gaya geser Tumpuan : 87.320 N

Gaya geser Lapangan : 4.543,1 N



- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$

$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$

$A_{cp} = 175000 \text{ mm}^2$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$

$P_{cp} = 2 \times (35 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$

$P_{cp} = 1700 \text{ mm}$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \text{ø}_{geser})$

$A_{oh} = (350\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$

$A_{oh} = 106600 \text{ mm}^2$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

P_{oh} = 2 x [(b_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$) + (h_{balok} – 2.$t_{decking}$ – ø $_{geser}$)]

P_{oh} = 2 x [(350mm – 2.40mm – 10mm) + (500mm – 2.40mm – 10mm)]

P_{oh} = 1340 mm

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen puntir ultimate :

Tu = 1.899.478,740 Nmm

Momen puntir nominal :

$Tn = \frac{Tu}{\varphi}$

$Tn = \frac{1.899.478{,}740\ Nmm}{0{,}75}$ = 2.532.638,320 Nmm

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot $\mathbf{T_u}$ besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

Tu min = ø 0,083 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

= 0,75 x 0,083 x 1 x $\sqrt{30}\left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

= 6142245,335 Nmm

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

Tu max = ø 0,33 λ $\sqrt{fc'}\left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

$= 0{,}75 \times 0{,}33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{175000^2}{1700}\right)$

$= 8917279{,}412$

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu\,min$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu\,min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$Tu \quad > \quad Tu\,min$

$1.899.478{,}740 > \ 6.142.245{,}335$

(tulangan puntir diabaikan)

- Tulangan puntir untuk lentur
  Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (***SNI 03-2847-2013pasal 11.5.3.7)*** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :
  $\text{Al} = \frac{\text{At}}{\text{s}} \text{x Ph x} \left(\frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right) \text{x Cot}^2 \text{Ø}$
  Dengan At/s dihitung sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6)*** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{\text{Tn}}{2 \text{ x Ao x At x Fytx Cot Ø}}$$

Dengan $A_o = 0{,}85 \times A_{oh}$

$= 0{,}85 \times 106600$

$= 90610$

Maka :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{\text{Tn}}{2 \text{ x Ao x Fyt x Cot Ø}}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = \frac{2.532.638{,}320 \ \text{Nmm}}{2 \text{ x } 90610 \text{ mm}^2 \text{x } 240 \text{ Nmmx Cot } 45}$$

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} = 0{,}058 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{\text{At}}{\text{s}} \text{x } Poh \text{ x } \left(\frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right) \text{ x } Cot^2 \text{ Ø}$$

$$\text{Al} = \text{ 0,255 mm x 1340 mm x } \left(\frac{240\text{Mpa}}{400\text{Mpa}}\right) \text{ x Cot}^2 \text{ 45}$$

$$\text{Al} = \text{ 46,818 mm}^2$$

Sesuai dengan ***(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3)*** tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{\text{At}}{\text{s}} \geq \frac{0{,}175 \text{ x Bw}}{\text{Fyt}}$$

$$0{,}058mm \geq \frac{0{,}175 \text{ x } 350 \text{ mm}}{240}$$

$$0{,}058 \text{ mm} \geq \text{ 0,2552 mm}$$

Maka nilai At/s diambil = 0,2552 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{fc'} \text{ x Acp}}{\text{Fy}} - \frac{\text{At}}{\text{s}}) \text{ x Poh x } \frac{\text{Fyt}}{\text{Fy}}\right)$$

Maka nilai Almin :

$$\left(\frac{0{,}42 \text{ x } \sqrt{30}\text{Mpa x } 175000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0{,}255\text{mm}) \text{ x } 1340\text{mm x } \frac{240\text{Mpa}}{400 \text{ Mpa}}\right)$$

Almin = 801,25 mm^2

Kontrol pengunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{perlu} \leq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{min}

$Al_{perlu} \geq Al_{min}$ Maka mengunakan Al_{perlu}

Maka ;

$$Al_{perlu} \geq Al_{min}$$
$$46{,}818\ mm^2 \geq 801{,}252\ mm^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al perlu sebesar 801,253 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok :

$$\frac{Al}{4} = \frac{801{,}253\ mm}{4} = 200{,}313\ mm^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 200,313 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$2 \times \frac{Al}{4} = 400{,}626\ mm^2$

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{400{,}626\ mm^2}{0{,}25\ \pi\ 16^2\ mm^2}$$

n = 2 Buah

Kontrol Al pasang > Al perlu

Al pasang = n pasang x Luasan D puntir

= 2 x (¼ x 22/7 x(16 mm)^2)

= 402,124 mm^2

Maka = Al pasang > Al perlu

= 402,124 mm^2 > 46,818 mm^2

(Memenuhi)

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2Ø16**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 440{,}5 \text{ mm}$$

$= 264{,}3$ mm

Garis Netral Maksimum

$$X_{max} = 0{,}75 \times X_b$$

$$= 0{,}75 \times 253{,}6 \text{ mm}$$

$$= 264{,}300 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$= 59{,}5$ mm

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$X_{rencana} = 150$ mm

Komponen Beton Tertekan

$C_c' = 0{,}85 \times fc' \times b \times \beta 1 \times X_{rencana}$

$C_c' = 0{,}85 \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 350mm \times 0{,}85 \times 150mm$

$C_c' = 1137937{,}5\ N$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$Asc = \frac{Cc'}{fy} = \frac{1137937{,}5\ N}{400\ N/mm}$

$Asc = 2844{,}83$ mm

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$Mnc = Asc \times fy \times (d - \frac{\beta 1 \times X_{rencana}}{2})$

$Mnc = 2844{,}83\ mm^2 \times 400\ \frac{N}{mm^2} \times \left(4440{,}5\ mm - \frac{0{,}85 \times 150mm}{2}\right)$

$Mnc = 428.717.953{,}125$ Nmm

$\rho min = \frac{1{,}4}{fy}$

$= \frac{1{,}4}{400}$

$= 0{,}0035$

$\rho b = \left(\frac{0{,}85\ x\ fc'\ x\ \beta}{fy}\right)\left(\frac{600}{600+fy}\right)$

$= \left(\frac{0{,}85\ x\ 30\ x\ 0{,}85}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right)$

$= 0{,}033$

$\rho max = 0{,}75\ x\ \rho b$

$= 0{,}75\ x\ 0{,}033$

$= 0{,}024$

m $= \frac{fy}{0{,}85\ x\ fc'}$

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

$= 15{,}69$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 127.604.851 Nmm

Momen lentur nominal :

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

$$Mn = \frac{127.604.851\ Nmm}{0{,}9}$$

Mn = 141.783.167,778 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns ≤ 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 141.783.167,7 Nmm – 428.717.953,125 Nmm

Mns = -286.934.785,347 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{141.783.167{,}778\ \text{Nmm}}{350\text{mm} \times (440{,}5\ \text{mm})^2}$$

$$= 2{,}088\ \text{N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}69.2{,}088}{400}}\right)$$

$$= 0{,}005$$

Syarat :

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

0,0035 < 0,005 < 0,0244 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,005 x 350 x 440.5

= 840,620 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 840,620 + 246,547

= 1.040,933 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x (19)^2

= 283,528 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{1.040{,}933\ mm^2}{283.53 mm^2}$$

n = 4 Buah

Dipasang tulangan tarik **4-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

$= 4 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 1.134{,}115\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$1.134{,}115\ mm^2 \geq 1.040{,}933\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 1.040{,}933\ mm^2$

$= 340{,}234\ mm^2$

$$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283{,}528 mm^2}$$

$n = 1{,}2 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057 mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 340{,}234\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{4 - 1}$$

$= 58$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm < 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$= 212{,}000$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk atap 35/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **4D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$
$= 4 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$
$= 1.134{,}115\ mm^2$

Tulangan tekan **2D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$
$= 2 \times ¼ . \pi . (19\ mm)^2$
$= 567{,}057\ mm^2$

$$M_{\text{lentur tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}}(-)$$

$$567{,}057 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.134{,}115 \text{ mm}^2$$

$$567{,}057 \text{mm}^2 \geq 378{,}038 \text{ mm}^2$$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 4-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **4D19** = 1.134,115 mm^2

$$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$$

$$a = \frac{1.134{,}115 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{mm}}$$

a = 50,829 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 50{,}829 \text{mm}$$

$$Cc' = 453.645{,}979\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$$

$$T = 1.134{,}115\ mm^2 \text{ x } 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 453.645{,}979\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(453.645{,}979\ N \times \left(440{,}5mm - \frac{50{,}829\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 150.641.552{,}332\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

150.641.552,332 Nmm > 127.604.851 Nmm

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **4D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ey+0,3Ex +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 128.712.632 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$Mn = \frac{128.712.632 \text{ Nmm}}{0,9}$$

Mn = 143.014.035,556Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 143.014.035,5 Nmm – 428.717.953,125Nmm

Mns = -285.703.917,569 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{217.536.394,444 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (440,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,106 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15,69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.2,248}{400}}\right)$$

$$= 0,009$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,006 < 0,0244 **(Memenuhi)**

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,006 x 350 x 440,5

= 848,262 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 848,262+ 200,313

= 1.048,575 mm^2

Luas tulangan lentur = ¼ x π x $(19)^2$

= 283,529 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{1.048{,}575\ mm^2}{283{,}53 mm^2}$

n = 4 Buah

Dipasang tulangan tarik **4-D19**

$As_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tarik}$

= 4 x ¼ . π . $(19mm)^2$

$= 1.134{,}115\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

$1.134{,}115\ mm^2 \geq 1.048{,}575\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$ (***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

$= 0{,}3 \times 1.134{,}115\ mm^2$

$= 340{,}234\ mm^2$

$n = \frac{As' perlu}{Luas\ tulangan}$

$n = \frac{340{,}234\ mm^2}{283{,}53\ mm^2}$

$n = 1{,}2 \approx 2$ Buah

Dipasang tulangan tekan **2-D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$

$= 567{,}057\ mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 510{,}352\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$
$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (4 \times 19mm)}{4 - 1}$$

= 58 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm > 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times Øgeser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$
$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

= 212 mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk atap 35/50 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang

sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **4D19**

As_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tarik}$
= 4 x ¼ . π . (19mm)^2
= 1.134,115 mm^2

Tulangan tekan **2D19**

As'_{pasang} = n x $As_{tulangan\ tekan}$
= 2 x ¼ . π . (19 mm)^2
= 567.057 mm^2

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.134{,}115\ mm^2$$

$$567{,}057\ mm^2 \geq 378{,}038\ mm^2$$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 4-D19
Tulangan tekan : 2-D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **4D19** = 1.701,172mm^2

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$a = \frac{1.134{,}115\ \text{mm}^2 \times 400\ \text{N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350\text{mm}}$

$a = 50{,}829\text{mm}$

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350\ mm \times 30 \frac{N}{mm^2} \times 50{,}829\text{mm}$$

$$Cc' = 453.645{,}979\ N$$

$T = As_{\text{pakai}}\ x\ fy$

$T = 1.134{,}115\ mm^2$ x 400 N/mm^2

$$T = 453.645{,}979\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(453.645{,}979\ N \times \left(440{,}5\ \ mm - \frac{50{,}829\ mm}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 188.301.940{,}415\ Nmm$$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

150.641.552,332 Nmm > 128.712.632,000 Nmm
(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk atap 35/50 dengan bentang 600 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **4D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk

menggunakan momen terbesar akibat kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey +1L

Momen lentur ultimate

M_u = 197.750.157,2 Nmm

Momen lentur nominal :

$$\text{Mn} = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$\text{Mn} = \frac{70.452.808{,}050 \text{ Nmm}}{0{,}9}$$

Mn = 78.280.897,833 Nmm

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

Mns > 0, maka perlu tulangan lentur tekan

Mns = 0, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

Mns = Mn – Mnc

Mns = 78.280.897,833 Nmm – 428.717.953 Nmm

Mns = -350.437.055,292 Nmm

Mns < 0

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{78.280.897{,}833 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \times (422{,}67 \text{ mm})^2}$$

$$= 1{,}153 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{15{,}69}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15.69.3{,}235}{400}}\right)$$

$$= 0{,}003$$

Syarat :

ρ_{min} < ρ < ρ_{max}

0,0035 < 0,003 < 0,024

(Tidak Memenuhi)

Sehingga nilai ρ harus diperbesar 30% dari nilai Semula, 0,003 x 1,3 = 0,00383

$As_{perlu} = \rho$ x b x d

= 0,00383 x 350 x 422,67

= 591,234 mm^2

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

As_{perlu} = As + $Al/_4$

= 591,234 + 200,313

= 791,547 mm^2

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{978{,}603\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

n = 2,792 ≈ 3 Buah

Dipasang tulangan tarik **3-D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$

= 3 x ¼ . π . (19 mm)^2

= 850,586 mm^2

Kontrol luas tulangan

$As_{pasang} \geq As_{perlu}$

850,586 mm^2 ≥ 791,547 mm^2 **(Memenuhi)**

Jumlah tulangan tekan :

$As'_{perlu} = 0{,}3 \times As_{pasang}$

(***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)***

= 0,3 x 850,586 mm^2

= 255,176 mm^2

$$n = \frac{As'\ perlu}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{255{,}176\ mm^2}{283.528\ mm^2}$$

n = 0,9 ≈ 2 Buah

Dipasang tulangan tekan 2-D19

$As'_{pasang} = n$ x $As_{tulangan\ tekan}$

$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19mm)^2$

$= 567{,}057mm^2$

Kontrol luas tulangan

$As'_{pasang} \geq As'_{perlu}$

$567{,}057\ mm^2 \geq 255{,}176\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm$ → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm$ → susun lebih dari satu

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times \emptyset geser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (3 \times 19mm)}{3 - 1}$$

$= 96{,}5$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

58 mm ≥ 25mm **(Susun 1 lapis)**

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times decking) - (2 \times \emptyset geser) - (jumlah\ tul \times D_{lentur})}{jumlah\ tulangan - 1}$$

$$= \frac{350\ mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$= 212$ mm

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

212 mm ≥ 25 mm **(Susun 1 lapis)**

Maka dipakai tulangan lentur balok induk atap 35/50 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3-D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada 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 sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :
Tulangan tarik **3D19**

$As_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tarik}$
$= 3 \times ¼ . \pi . (19\ mm)^2$
$= 850{,}586\ mm^2$

Tulangan tekan **2D19**

$As'_{pasang} = n \times As_{tulangan\ tekan}$
$= 2 \times ¼ . \pi . (19mm)^2$
$= 567{,}057\ mm^2$

$$M_{\text{lentur tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}}(-)$$

$$567{,}057 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 850{,}586 \text{mm}^2$$

$$567{,}057 \text{ mm}^2 \geq 283{,}529 \text{ mm}^2$$ **(Memenuhi)**

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:
Tulangan tarik : 3D19
Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

As_{pasang} tulangan tarik **3D19** = 850,586mm^2

$$a = \frac{\text{As} \times \text{fy}}{0{,}85 \times \text{fc}' \times \text{b}}$$

$$a = \frac{850{,}586 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0{,}85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350\text{mm}}$$

a = 38,122 mm

$$Cc' = 0{,}85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0{,}85 \times 350mm \times 30\ N/mm^2 \times 38{,}122 \text{ mm}$$

$$Cc' = 340.234{,}484\ N$$

$$T = As_{\text{pakai}}\ x \text{ fy}$$

$$T = 850{,}586\ mm^2 \text{ x } 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340.234{,}484\ N$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.234{,}484\ N \times \left(440{,}5\ mm - \frac{38{,}122\ mm}{2}\right)\right)$$

$Mn = 143.388.164{,}076\ Nmm$

Kontrol :

$\text{Mn}_{\text{pasang}} > Mu$

114.710.531,261 Nmm > 70.452.808,050 Nmm

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk atap 35/50 dengan bentang 6 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor yaitu

Vu = 87.320 Nmm.

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok,

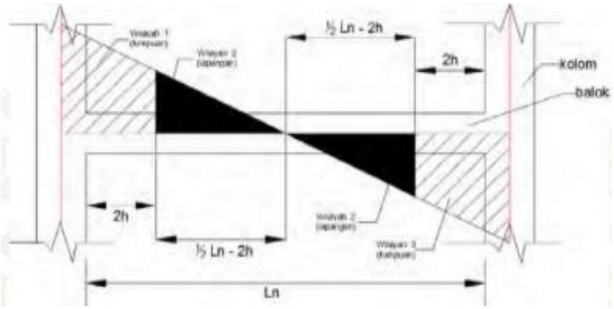
wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali

tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3)

- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.



Gambar 5.7 Pembagian wilayah geser balok.

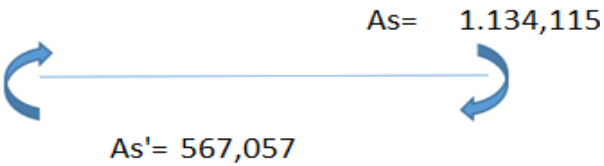
Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

As = 1.134,115 mm^2

As' = 567,057 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350 mm}$$

$a = 25{,}414$ mm

$$Mn_1 = As' x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_1 = 567{,}06\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(440{,}5\ mm - \frac{25{,}414\ mm}{2}\right)$$

$Mn_1 = 97.033.248{,}561$ Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.134{,}115\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

$a = 50{,}829$ mm

$$Mn_R = As\ x\ fy\ x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

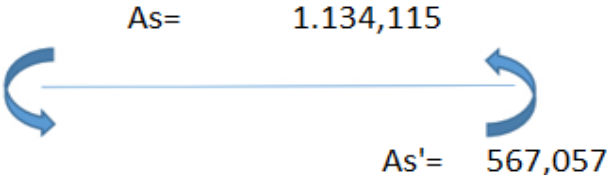
$$Mn_R = 1.134{,}115\ mm^2\ x\ 400\ N/mm^2\ x \left(422{,}67\ mm - \frac{50{,}829\ mm}{2}\right)$$

$Mn_R = 188.301.940{,}415$ Nmm

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

As = 1.134,115 mm^2

As' = 567,06 mm^2



Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.134{,}115\ mm^2 \times 400 N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350\ mm}$$

a = 50,829 mm

$$Mn_l = As \text{ x } fy \text{ x } \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 1.134{,}115\ mm^2 \text{ x } 400\ N/mm^2 \text{ x } \left(440.5mm - \frac{50{,}829\ mm}{2}\right)$$

Mn_l = 188.301.940,415 Nmm

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0{,}85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{567{,}06\ mm^2 \times 400\ N/mm^2}{0{,}85 \times 30\ N/mm^2 \times 350mm}$$

a = 25,414mm

$$Mn_R = As' \text{ x } fy \text{ x } \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 567.06 \text{ mm}^2 \text{ x } 400 \text{ N/mm}^2 \text{ x } \left(567.06 \text{ mm} - \frac{25{,}414 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 97.033.248{,}561 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser 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

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$l_n = L_{balok} - 2$ (½ x b_{kolom})

= 6000 mm – 2 (½ x 50 mm)

= 5500 mm

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

V_u, didapatkan dari output SAP, dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1L

V_u = 87,32 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{ln} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{97.033.248{,}561\ \text{Nmm} + 188.301.940{,}415\ \text{Nmm}}{5500mm} + 87{,}32\ \text{N}$$

V_{u1} = 139.199,125N ……(5.9)

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{fc'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$\sqrt{fc'} < 8{,}3\ Mpa$

$\sqrt{30}\ mpa < 8{,}3\ Mpa$

$5.48\ Mpa < 8{,}3\ Mpa$ **(memenuhi syarat SNI)**

Kuat Geser Beton

$V_c = 0{,}17 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times b \times d$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

λ = 1 , untuk beton normal

$$\text{Vc} = 0{,}17 \times 1 \times \sqrt{30\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 350\text{mm} \times 440{,}5\ \text{mm}$$

$Vc = 140.741{,}876$ N

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 440{,}5 \text{ mm}$$

$$Vs_{min} = 51.391{,}667 \text{ N}$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$Vs_{max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 350\text{mm} \times 440{,}5\text{mm}$$

$$Vs_{max} = 281.483{,}751 \text{ N}$$

$$2Vs_{max} = 2 \text{ x } 281.483{,}751 \text{ N}$$

$$2Vs_{max} = 562.967{,}502 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

<u>Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)</u>

$Vu_1 = 139.199{,}125$ N

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$139.199{,}125\ N \quad \leq \quad 59.815{,}297\ N$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 139.199{,}125\ N \leq 119.630{,}594\ N$
(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$

$119.630{,}594\ N \leq 139.199{,}125\ N \leq 163.313{,}511\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Syarat spasi tulangan :

Smaks	≤	d/4	≤	600 mm
Smaks	=	110,125	≤	600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol

Spakai	<	Smaks
100 mm	<	110 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{350.110}{3.240}$

Avmin = 48,611 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

Av = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

Av = $\frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

Av = $157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 48,611 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.d/4
b.Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c.24 kali diameter sengkang
d.300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
   100 mm < 440.5 mm/4
   100 mm < 110,125 mm **(Memenuhi)**

b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}
   100 mm < 8 x 19 mm
   100 mm < 152 mm **(Memenuhi)**

c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
   100 mm < 24 x 10 mm
   100 mm < 240 mm **(Memenuhi)**

d. S_{pakai} < 300 mm
   100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-100mm pada daerah tumpuan

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

V_{u1}, merupakan gaya yang didapatkan dari perhitungan gaya geser di daerah tumpuan (1 dan 3) lihat persamaan (5.9)

$$\frac{V_{u2}}{0{,}5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0{,}5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0{,}5Ln + 2h)}{0{,}5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{139.199{,}125\ N \times (0{,}5x5500mm - 2x500mm)}{0{,}5x5500\ mm}$$

$V_{u2} = 88.581{,}262\ N$ …….(5.10)

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$V_u \quad \leq \quad 0{,}5 \times \varphi \times V_c$

$88.581{,}262\ N \leq 59.815{,}297\ \ N$
(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$0{,}5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$

$59.815{,}297\ N \leq 88.581{,}262\ N \leq 119.630{,}594\ N$
(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Syarat spasi tulangan :

Smaks ≤ d/2 ≤ 600 mm

Smaks ≤ 220,250≤ 600 mm

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol

Spakai < Smaks

150 mm < 211,333 mm **(Memenuhi)**

Luas tulangan geser minimum

Avmin = $\frac{bw.s}{3.fy}$

Avmin = $\frac{350.150}{3.240}$

Avmin = 72,917 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ x n kaki

$Av = \frac{1}{4} \times \pi \times (10mm^2)$ x 2

$Av = 157.08mm^2$

Kontrol :

Av > Av_{min}

157.08 mm^2 > 72,917 mm^2 **(Memenuhi)**

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang.Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.d/4
b.Delapan kali diameter tulangan longitudinal
c.24 kali diameter sengkang
d.300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. S_{pakai} < d/2
150 mm < 422,67 mm/2
150 mm < 211,333mm **(Memenuhi)**

b. S_{pakai} < 8 x D_{lentur}

150 mm < 8 x 19 mm
150 mm < 152 mm **(Memenuhi)**

c. S_{pakai} < 24 x D_{geser}
150 mm < 24 x 10 mm
150 mm < 240 mm **(Memenuhi)**

d. S_{pakai} < 300 mm
150 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-150mm pada daerah lapangan

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \, x \, \Psi_t \, x \, \Psi_e}{1{,}7 \, x \, \lambda \, x \, \sqrt{fc'}} \, x \, d_b \geq 300 \, mm$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm x } 1 \text{ x } 1}{2{,}1 \text{ x } 1 \text{ x } \sqrt{30}} \, x \, mm$$

$$l_d = 660{,}745 \, mm$$

Syarat :

$l_d \geq 300\ mm$

$660{,}745\ mm \geq 300\ mm$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \text{I}_\text{d}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = \frac{671{,}876\ \text{mm}^2}{80{,}586\ \text{mm}^2}\ x\ 660{,}745\ \text{mm}$$

$$\lambda_{\text{d reduksi}} = 521{,}921\ \text{mm} \approx 600\ \text{mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0{,}24\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dc} = 333{,}015\ mm$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ fy\ x\ d_b$$

$$l_{dc} = 0{,}043\ x\ 400\ Mpa\ x\ 19mm$$

$$l_{dc} = 326{,}800\ mm$$

Diambil nilai terbesar, l_{dc} = 333,015 mm

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{As\ perlu}{As\ pasang}\ x\ \mathrm{l_{d\ c}}$$

$$l_{dc\ reduksi} = \frac{255{,}176\ \mathrm{mm^2}}{567{,}057\ \mathrm{mm^2}}\ x\ 333{,}015\ \mathrm{mm}$$

$$l_{dc\ reduksi} = 149{,}857\ \mathrm{mm} \approx 150\ \mathrm{mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ \Psi e\ x\ fy}{\lambda\ x\ \sqrt{Fc'}}\ x\ d_b \geq 8d_b\ dan\ 150\ mm$$

$$l_{dh} = \frac{0{,}24\ x\ 1\ x\ 400\ Nmm}{1\ x\ \sqrt{30\ Nmm}}\ x\ 19\ mm$$

$$l_{dh} = 333{,}015\ mm \approx 350\ mm$$

$$8d_b = 8\ x\ 19\ mm$$

$$= 152\ mm$$

Syarat :

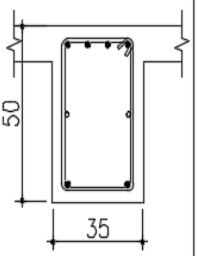
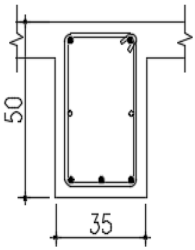
$l_{dh} > 150\ mm$

350 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

$l_{dh} > 8d_b$

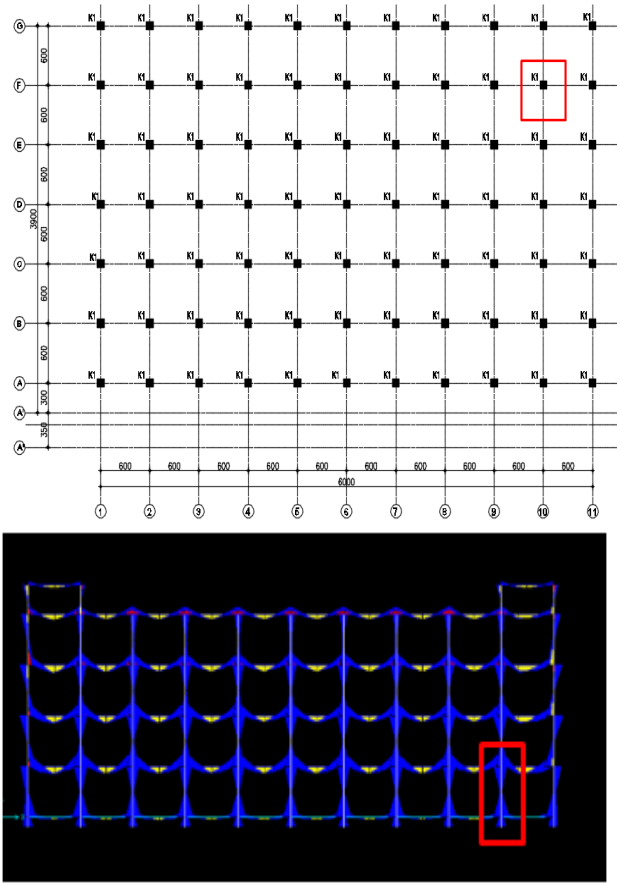
350 mm > 152 mm **(Memenuhi)**

Tabel 5.6 Tabel penulangan balok induk atap

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK ATAP		
TUL. ATAS	4D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	3D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

5.4 Kolom

Perhitungan tulangan kolom diambil dari data kolom K1 (500x500) mm pada lantai as berdasarkan beban aksial ultimate terbesar (Pu) . Berikut adalah data-data perencanaan kolom, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.



Gambar 5.13 Kolom Yang Ditinjau

Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom : 520 mm
- Dimensi balok (B_{kolom}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{kolom}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa

- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 25mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 8mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 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 ß1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.1)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (φ): 0,65

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2)

- Faktor reduksi kekuatan geser (φ) :0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Perhitungan Tulangan Kolom :

Maka lebar efektif kolom :

$dx = b - t_{decking} - ø_{sengkang} - ½\ ø_{tulangan\ lentur}$

$= 500\ mm - 40\ mm - 8\ mm - 25/2\ mm$

$= 439,5\ mm$

$d' = decking + ø_{sengkang} + ½\ ø_{tulangan\ lentur}$

$= 40\ mm + 8\ mm + 25/2\ mm = 60,5\ mm$

$d'' = b - t_{decking} - ø_{sengkang} - ½\ ø_{tulangan\ lentur} - ½\ b$

$= 500\ mm - 40\ mm - 8\ mm - 25/2\ mm - 250\ mm$

$= 189,5\ mm$

Hasil Output SAP 2000 :

Berdasarkan hasil output SAP 2000 frame didapatkan diagram analisa sebagai berikut.

- **Hasil Output Aksial**



Kombinasi : (1,2DL+1,6LL)
Gaya Aksial : 2278848,78 N



Kombinasi : (1,4DL)
Gaya Aksial : 1735260,03 N



Kombinasi : (1,2DL+1Ex+0,3Ey+1LL)
Gaya Aksial : 1928436,21 N



Kombinasi : (1,2DL+0,3Ex+1Ey+1LL)
Gaya Aksial : 1950835,99 N

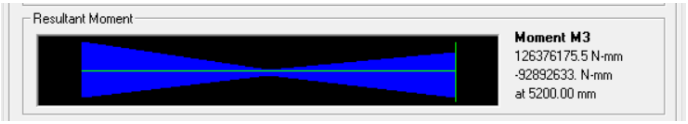
Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y

- **Hasil Output Momen Arah X**

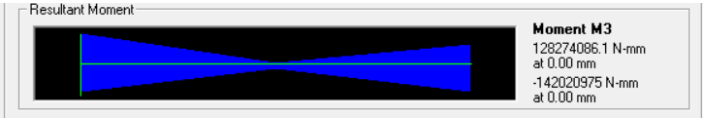
<u>Momen akibat pengaruh gempa</u>

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)



Kombinasi : (1,2DL+1Ex+0,3Ey+1LL)
Momen M_{1s} : 126376175,5 N



Kombinasi : (1,2DL+1Ex+0,3Ey+1LL)
Momen M_{2s} : 128274086,1 N

Momen akibat pengaruh gravitasi
M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung ter-faktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung ter-faktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)



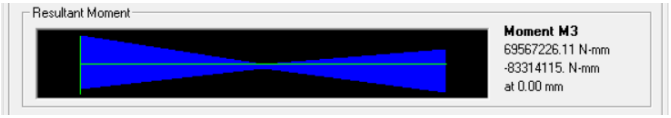
Kombinasi : 1D+1L
Momen M_{1ns} : 6234445,03 N



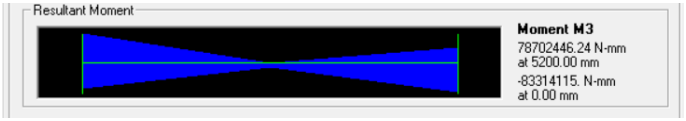
Kombinasi : 1D+1L
Momen M_{2ns} : 14935271,28 N

➢ **Hasil Output Momen Arah Y**

Momen akibat pengaruh gempa



Kombinasi : (1,2DL+0,3Ex+1Ey+1LL)
Momen M_{1s} : 69567226,11 N

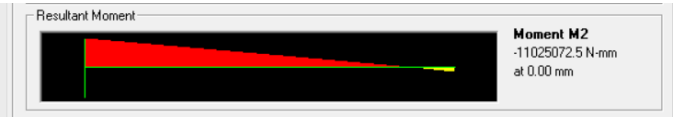


Kombinasi : (1,2DL+0,3Ex+1Ey+1LL)
Momen M_{2s} : 78702446,24 N

Momen akibat pengaruh gravitasi



Kombinasi : 1D+1L
Momen M_{1ns} : 1430867,76 N



Kombinasi : 1D+1L
Momen M_{2ns} : 11025072,50 N

Syarat gaya aksial pada kolom

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2** Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi Ag . fc'/10 dan Bila Pu lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$\frac{\text{Ag. fc}'}{10} < Pu$$

$$\frac{250000\text{mm}^2 \times 30\ \text{N/mm}^2}{10} < 2278848{,}78\ \text{N}$$

$$750000\ N < 2278848{,}78\ N\ \ N$$

- Perhitungan tulangan lentur

Menghitung β_d

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\beta_d = \frac{P_u\ (akibat\ beban\ gravitasi\ )}{P_u\ (akibat\ beban\ gempa\ )}$$

$$\beta_d = \frac{2278848{,}78N}{1928436{,}21N}$$

$$\beta_d = 1{,}181$$

Kolom (50 x 50)

$$\text{Elk} = \frac{0{,}4 \text{ x Ec x Ig}}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

Ig = 1/12 x b x h^3

= 1/12 x 500mm x $(500\text{mm})^3$

= 5208333333 mm^4

Ec = $4700\sqrt{\text{fc}'}$

= $4700\sqrt{30\ \text{MPa}}$

= 25742,96 Nmm

$$Elk = \frac{0{,}4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0{,}4 \text{ x } 25742{,}96 \text{ Nmm x } 5208333333 \text{ mm4}}{1 + 1{,}181}$$

$$= 2{,}45 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Balok Induk (35 x 50)

$$Elb = \frac{0{,}4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$Ig = 1/12 \text{ x } b \text{ x } h^3$

$= 1/12 \text{ x } 350\text{mm x } (500\text{mm})^3$

$= 3645833333\text{mm}^4$

$Ec = 4700\sqrt{fc'}$

$= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}}$

$= 25742{,}96 \text{ Nmm}$

$$Elb = \frac{0{,}4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0{,}4 \text{ x } 25742{,}96 \text{ Nmm x } 3645833333 \text{ mm4}}{1 + 1{,}181}$$

$$= 1{,}73 \text{ x } 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

$$\Psi_A = \frac{\Sigma\left(^{EI}/_{L}\right)_{\text{kolom atas}}}{\left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B}$$

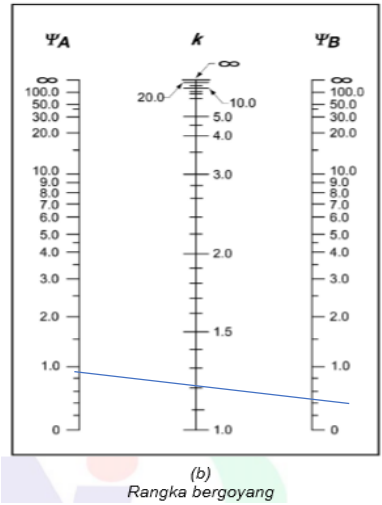
$\Psi_A = 0.824175824$

Kekakuan kolom bawah

$$\Psi_B = \frac{\Sigma\left(^{EI}/_{L}\right)_{\text{kolom bawah}}}{\left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B}$$

$\Psi_B = 0.412087912$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom



Gambar 5.14 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang)

Dari nomogram diatas didapatkan nilai K = 1,2

Menghitung jari-jari inersia (r)

r = 0,3 x h

r = 0,3 x 500 mm

r = 150 mm

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{\text{k x Lu}}{\text{r}} \leq 22$$

$$\lambda = \frac{1{,}2 \text{ x } 5200\text{mm}}{150\text{r}}$$

41,60 ≥ 22 maka kolom termasuk kolom langsing

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1(a))

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000 kobinasi

M_{1s} = 126376175,50 Nmm

M_{2s} = 128274086,10 Nmm

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi

M_{1ns} = 6234445,03 Nmm

M_{2ns} = 14935271,28 Nmm

Menghitung nilai Pc (kritis) pada kolom

$$\text{Pc} = \frac{\pi^2 \text{x EI}}{(\text{K x Lu})^2}$$

$$= \frac{3{,}14^2 \text{x } 2{,}4 \text{ x} 10^{12} \text{Nmm}^2}{(1{,}2 \text{ x } 5200\text{mm})^2}$$

= 7483106,788 N

ΣPc = 77 x 7483106,788 N

= 576199222,6 N

ΣPu = n x Pu

= 77 x 2278848,78 N

= 175471356,1 N

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0{,}75 \sum Pc}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{175471356{,}1N}{0{,}75 \text{ x } 576199222{,}6}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1{,}6836 \geq 1$$

Maka dipakai δ_s= dalam perhitungan perbesaran momen.

<u>Pembesaran momen kolom arah X (M33):</u>

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

= 6234445,03Nmm + (1,6836 x 126376175,5 Nmm)

= 219004443.2 Nmm

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

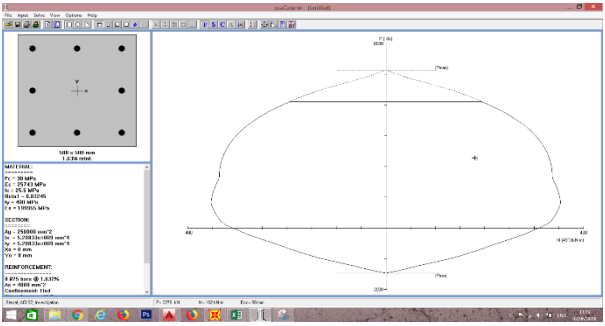
= 14935271,28Nmm + (1,6836 x 128274086,10 Nmm)

= 230900637,9Nmm

Maka diambil momen terbesar yaitu M_2 = 230900637,9Nmm yang digunakan untuk menghitung kolom

- Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi dari pcacolumn



Gambar 5.15 Hasil Diagram Interaksi PCACOL

Maka didapatkan ρ_{perlu} = 1,62 % = 0,0162

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

As perlu = ρ_{perlu} x b x h

= 0,0162 x 500 mm x 500 mm

= 4050 mm^2

Dipakai tulangan D, maka luas tulangan :

Luas tulangan D = ¼ x π x d^2

= ¼ x 3,14 x $(25,4\ mm)^2$

= 506,7 mm^2

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D}}$$

$$n = \frac{4050\ mm^2}{506{,}7\ mm^2}$$

$= 7{,}9 \approx 8$ buah

Luasan tulangan lentur pasang

As_{pasang} = n x (1/4 . π . d^2)

= 3,14 x (1/4 . 3,14 . (25,4 mm)^2)

= 4053,65mm^2

Kontrol tulangan :

$As_{pasang} > As_{perlu}$

4053,65 mm^2 > 4050 mm^2 **(Memenuhi)**

Prosentase tulangan terpasang

$$\text{Prosentase} = \frac{\text{As pasang}}{\text{b x h}} \text{ x } 100\ \%$$

$$= \frac{4053{,}65}{500\ mm\ x\ 500\ mm} \text{ x } 100\ \%$$

= 1,62 % < 8%

<u>Mencari nilai e min dan e perlu</u>

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

$$Mn = \frac{230900637{,}9\ Nmm}{0{,}65}$$

$$Mn = 355231750{,}6\ Nmm$$

$$Pn = \frac{Pu}{\varphi}$$

$$Pn = \frac{2278848{,}78\text{N}}{0{,}65}$$

$$Pn = \ 3505921{,}20\ \text{N}$$

$$e\ perlu = \frac{\text{Mn}}{\text{Pn}}$$

$$e\ perlu = \frac{355231750{,}6\ \text{Nmm}}{3505921{,}20\ \text{N}}$$

$$e\ perlu = 101{,}3233699\text{mm}$$

$$e\ min = 15{,}24 + (0{,}3\ \text{x h})$$

$$e\ min = 15{,}24 + (0{,}3\ \text{x}\ 500\ \text{mm})$$

$$e\ min = 30{,}24\text{mm}$$

Cek kondisi balance

$\varepsilon s = \varepsilon y \rightarrow fs = fy$

d = 500 mm – 40 mm – 8 mm – (½ x25 mm)

= 439,5 mm

d' = 40 mm + 8 mm + (½ x 25 mm)

= 60,5 mm

d'' = 500 mm–40 mm–8 mm – (½ x 25 mm) – (½ x 500mm)

= 189,5 mm

$xb = \frac{600}{(600+fy)}$ x d

$= \frac{600}{(600+400)}$ x 439,5mm

= 263,7 mm

Ab = $\beta 1\ x\ b$

= 0,85 x 263,7 mm

= 224,145 mm

Cs' = As' (fy – 0,85.fc')

= 4053.65 mm^2 (400 MPa – 0,85 . 30 MPa)

= 1518095,607 N

Cc' = 0,85 . $\beta 1$. fc' . b . xb

= 0,85 x 0,85 x 30 MPa x 500 mm x 263,7 mm

= 2857848,75 N

T = As . fy

= 4053,65 mm^2. 400 mpa

= 1621463,933 N

$\Sigma V = 0 \rightarrow$

Pb = Cc' + Cs' – T

Pb = Cc' + Cs' – T

= 2857848,75 N + 1518095,607 N – 1621463,933 N

= 2754480,424 N

$Mb = Cc'\left(d - d'' - \frac{ab}{2}\right) + Cs'(d - d'' - d') + T.d''$

$$= 2857848{,}75\ N\ x \left(439{,}5\ \text{mm} - 189{,}5\text{mm} - \frac{224{,}145\ \text{mm}}{2} \right)$$

+ 1518095,607 N (439,5mm – 189,5mm – 60,5mm)
+1621463,933 N x 189,5 mm

= 989122466,4 Nmm

$$e_b = \frac{Mb}{Pb}$$

$$= \frac{989122466{,}4\ \text{Nmm}}{1621463{,}933\ \text{N}}$$

= 359,0958417 m

Kontrol kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balance}$ (tekan menentukan)

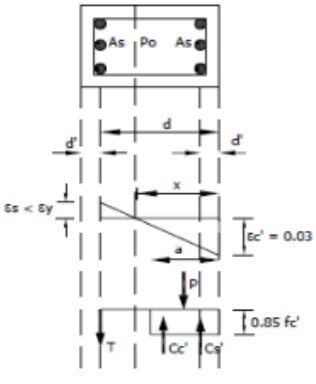
$e_{min} < e_{perlu} > e_{balance}$ (tarik menentukan)

Maka :

30,24 mm < 101,3233699 mm <359,0958417 mm

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

<u>Kontrol kondisi tekan menentukan</u>



Mencari nilai x :

a = 0,54 d

0,85x = 0,54 x 439,5 mm

x = 279,21 mm

Mencari nilai a :

a = 0,85 x

= 0,85 x 279,21 mm

= 237,33 mm

Syarat εs = εy→

fs = fy

$\varepsilon s = (\frac{d}{x} - 1) \cdot 0{,}003$

$= (\frac{439{,}5\ mm}{279{,}21\ \text{mm}} - 1) . 0{,}003$

= 0,00172

$fs = (\frac{d}{x} - 1) \cdot 600$

$= (\frac{439{,}5\ mm}{279{,}21\ \text{mm}} - 1) . 600$

= 344,4444

εy = fy / Es

= 400 MPa / 200000MPa

= 0,002

Kontrol :

εs < εy

0,00172 < 0,002 **(Memenuhi)**

fs < fy

344,44 < 400 **(Memenuhi)**

Cs'= As' (fy – 0,85.fc')

= 4053,65 mm^2 (400 MPa – 0,85 . 30 MPa)

= 1518095,607N

Cc' = 0,85 . $\beta 1$. fc' . b . x

= 0,85 x 0,85 x 30 MPa x 500 mm x 279,21mm

= 3025957,5 N

T = As . fy

= 4053,65 mm^2. 400 mpa

=1621463,93 N

ΣV =0

Pb = Cc' + Cs' – T

Pb = Cc' + Cs' – T

= 3025957,5 N + 1518095,607 N –1621463,93N

=2922589,174 N

Syarat :

P > Pb

2922589,174 N > 2754480,424 N (ok)

$Mn_{terpasang} = Cc'\left(d - d'' - \frac{a}{2}\right) + Cs'(d - d'' - d') + T.d''$

= 3025957,5 N(439,5mm – 60,5mm – $\frac{237,33mm}{2}$) + 1518095,607 N(439,5mm –189,5 mm – 60,5 mm) + 1621463,93N x 189,5 mm

= 992360661,2 Nmm

Syarat :

$Mn_{terpasang}$ > Mn

992360661,2Nmm >355231750,6 Nmm

Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000 kombinasi
M_{1s} = 69567226,11Nmm
M_{2s} = 78702446,24Nmm

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi
M_{1ns} = 1430867.76Nmm
M_{2ns} = 11025072.50 Nmm

- Perhitungan tulangan lentur

Menghitung β_d

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\beta_d = \frac{P_u\ (akibat\ beban\ gravitasi\ )}{P_u\ (akibat\ beban\ gempa\ )}$$

$$\beta_d = \frac{2278848{,}78N}{1950835{,}99N}$$

$$\beta_d = 1{,}168$$

Kolom (50 x 50)

$$Elk = \frac{0{,}4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

Ig = 1/12 x b x h^3

= 1/12 x 500mm x $(500mm)^3$

= 5208333333 mm^4

Ec = $4700\sqrt{fc'}$

= $4700\sqrt{30\ MPa}$

= 25742,96 Nmm

$$Elk = \frac{0,4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \text{ x } 25742,96 \text{ Nmm x } 5208333333 \text{ mm4}}{1 + 1,168}$$

= $2,47 . 10^{12}$ Nmm^2

Balok Induk (35 x 50)

$$Elb = \frac{0,4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

Ig = 1/12 x b x h^3

= 1/12 x 350mm x $(500mm)^3$

= $3645833333mm^4$

Ec = $4700\sqrt{fc'}$

= $4700\sqrt{30\ MPa}$

= 25742,96 Nmm

$$Elb = \frac{0,4 \text{ x } Ec \text{ x } Ig}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0{,}4 \text{ x } 25742{,}96 \text{ Nmm x } 3645833333 \text{ mm4}}{1 + 1{,}168}$$

$= 1{,}73 \text{ x } 10^{12} \text{ Nmm}^2$

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

$$\Psi_A = \frac{\Sigma\left(^{EI}/_{L}\right)_{\text{kolom atas}}}{\left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B}$$

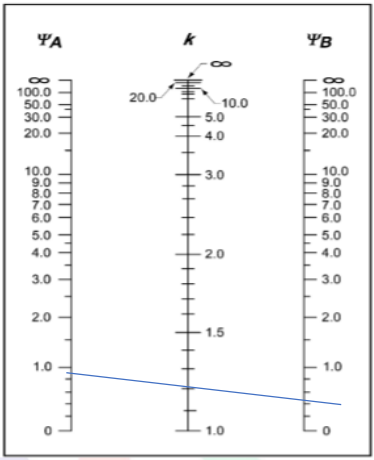
$\Psi_A = 0.824175824$

Kekakuan kolom bawah

$$\Psi_B = \frac{\Sigma\left(^{EI}/_{L}\right)_{\text{kolom bawah}}}{\left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B + \left(^{EI}/_{L}\right)_B}$$

$\Psi_B = 0.412087912$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom



Gambar 5.16 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang)

Dari nomogram diatas didapatkan nilai K = 1,2

Menghitung jari-jari inersia (r)

r = 0,3 x h

r = 0,3 x 500 mm

r = 150 mm

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{\text{k x Lu}}{\text{r}} \leq 22$$

$$\lambda = \frac{1{,}2 \text{ x } 5200\text{mm}}{150\text{mm}}$$

41,60 ≥ 22 maka kolom termasuk kolom langsing
Menghitung nilai Pc (kritis) pada kolom

$$Pc = \frac{\pi^2 x\ EI}{(K\ x\ Lu)^2}$$

$$= \frac{3{,}14^2 x\ 2{,}4\ x10^{12} Nmm^2}{(1{,}2\ x\ 5200mm)^2}$$

$$= 7529937{,}194\ N$$

$$\Sigma Pc = 77\ x\ 7529937{,}194\ N$$

$$= 579805164{,}6\ N$$

$$\Sigma Pu = n\ x\ Pu$$

$$= 77\ x\ 2278848{,}78\ N$$

$$= 175471356{,}1\ N$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0{,}75 \sum Pc}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{175471356{,}1N}{0{,}75\ x\ 579805164{,}6}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1{,}6764 \geq 1$$

Maka dipakai δ_s= 1,6764 dalam perhitungan perbesaran momen.

<u>Pembesaran momen kolom arah Y (M33):</u>

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

= 1430867,76Nmm + (1,6764 x 69567226,11 Nmm)

= 118060076,5 Nmm

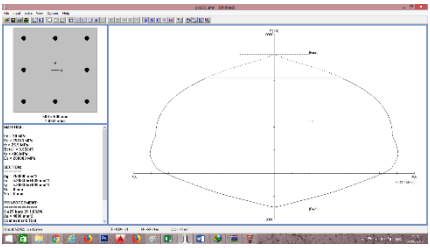
M_2 = $M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$

= 11025072,50 Nmm + (1,6764 x 78702446,24 Nmm)

= 142969445,5 Nmm

Maka diambil momen terbesar yaitu M_2 = 142969445,5 Nmm yang digunakan untuk menghitung kolom

Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi dari pcacolumn



Gambar 5.17 ρ_{perlu} PCACOL

Maka didapatkan ρ_{perlu} = 1,62 % = 0,0162

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

As perlu = ρ_{perlu} x b x h

= 0,0162 x 500 mm x 500 mm

= 4050 mm^2

Dipakai tulangan D, maka luas tulangan :

Luas tulangan D $= ¼ \times \pi \times d^2$

$= ¼ \times 3{,}14 \times (25{,}4\ mm)^2$

$= 506{,}7\ mm^2$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D}}$$

$$n = \frac{4050\ mm^2}{506{,}7\ mm^2}$$

$= 7{,}9 \approx 8$ buah

Luasan tulangan lentur pasang

$As_{pasang} = n \times (1/4 \,.\, \pi \,.\, d^2)$

$= 3{,}14 \times (1/4 \,.\, 3{,}14 \,.\, (25{,}4\ mm)^2)$

$= 4053{,}65 mm^2$

Kontrol tulangan :

$As_{pasang} > As_{perlu}$

$4053{,}65\ mm^2 > 4050\ mm^2$ **(Memenuhi)**

Prosentase tulangan terpasang

$$\text{Prosentase} = \frac{\text{As pasang}}{\text{b x h}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{4053{,}65}{500\ mm \times 500\ mm} \times 100\ \%$$

$= 1{,}62\ \% < 8\%$

<u>Mencari nilai e min dan e perlu</u>

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

$$Mn = \frac{142969445{,}5\ Nmm}{0{,}65}$$

$Mn = 219952993{,}1$ Nmm

$$Pn = \frac{\text{Pu}}{\varphi}$$

$$Pn = \frac{2278848{,}78\text{N}}{0{,}65}$$

$Pn = 3505921{,}20$ N

$$e\ perlu = \frac{\text{Mn}}{\text{Pn}}$$

$$e\ perlu = \frac{219952993{,}1\ \text{Nmm}}{3505921{,}20\ \text{N}}$$

$e\ perlu = 62{,}73757467$mm

$e\ min = 15{,}24 + (0{,}3 \text{ x h})$

$e\ min = 15{,}24 + (0{,}3 \text{ x } 500 \text{ mm})$

$e\ min = 30{,}24$mm

Cek kondisi balance

εs = εy → fs = fy

d = 500 mm – 40 mm – 8 mm – (½ x25 mm)

= 439,5 mm

d' = 40 mm + 8 mm + (½ x 25 mm)

= 60,5 mm

d'' = 500 mm–40 mm–8 mm – (½ x 25 mm) – (½ x 500mm)

= 189,5 mm

xb = $\frac{600}{(600+fy)}$ x d

= $\frac{600}{(600+400)}$ x 439,5mm

= 263,7 mm

Ab = $\beta 1\ x\ b$

= 0,85 x 263,7 mm

= 224,145 mm

Cs' = As' (fy – 0,85.fc')

= 4053.65 mm^2 (400 MPa – 0,85 . 30 MPa)

= 1518095,607 N

Cc' = 0,85 . $\beta 1$. fc' . b . xb

= 0,85 x 0,85 x 30 MPa x 500 mm x 263,7 mm

= 2857848,75 N

T = As . fy

= 4053,65 mm^2. 400 mpa

= 1621463,933 N

$\Sigma V = 0 \rightarrow$ Pb = Cc' + Cs' – T

Pb = Cc' + Cs' – T

= 2857848,75 N + 1518095,607 N – 1621463,933 N

= 2754480,424 N

Mb = $Cc'\left(d - d'' - \frac{ab}{2}\right) + Cs'(d - d'' - d') + T.d''$

$$= 2857848{,}75\ N\ x \left(439{,}5\ \text{mm} - 189{,}5\text{mm} - \frac{224{,}145\ \text{mm}}{2} \right) + 1518095{,}607\ \text{N}\ (\ 439{,}5\text{mm} - 189{,}5\text{mm} - 60{,}5\text{mm}) + 1621463{,}933\ \text{N x } 189{,}5\ \text{mm}$$

$$= 989122466{,}4\ \text{Nmm}$$

$$e_b = \frac{Mb}{Pb}$$

$$= \frac{989122466{,}4\ \text{Nmm}}{1621463{,}933\ \text{N}}$$

$$= 359{,}0958417\ \text{m}$$

Kontrol kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balance}$ (tekan menentukan)

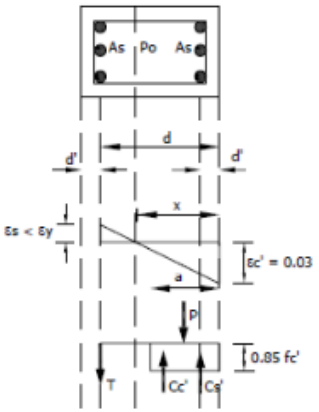
$e_{min} < e_{perlu} > e_{balance}$ (tarik menentukan)

Maka :

30,24 mm < 62,73757467 mm <359,0958417 mm

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

<u>Kontrol kondisi tekan menentukan</u>



Mencari nilai x :

a = 0,54 d

0,85x = 0,54 x 439,5 mm

x = 279,21 mm

Mencari nilai a :

a = 0,85 x

= 0,85 x 279,21 mm

= 237,33 mm

Syarat εs = εy $\rightarrow$ fs = fy

$\varepsilon s = (\frac{d}{x} - 1) \,.\, 0{,}003$

$= (\frac{439{,}5\ mm}{279{,}21\ \text{mm}} - 1).\, 0{,}003$

= 0,00172

$fs = (\frac{d}{x} - 1) \,.\, 600$

$= (\frac{439{,}5\ mm}{279{,}21\ \text{mm}} - 1).\, 600$

= 344,4444

εy = fy / Es

= 400 MPa / 200000MPa

= 0,002

Kontrol :

εs < εy

0,00172 < 0,002 **(Memenuhi)**

fs < fy

344,44 < 400 **(Memenuhi)**

Cs'= As' (fy – 0,85.fc')

= 4053,65 mm^2 (400 MPa – 0,85 . 30 MPa)

= 1518095,607N

Cc' = 0,85 . $\beta 1$. fc' . b . x

= 0,85 x 0,85 x 30 MPa x 500 mm x 279,21mm

= 3025957,5 N

T = As . fy

= 4053,65 mm^2. 400 mpa

=1621463,93 N

$\Sigma V = 0 \rightarrow$ Pb = Cc' + Cs' – T

Pb = Cc' + Cs' – T

= 3025957,5 N + 1518095,607 N –1621463,93N

=2922589,174 N

Syarat :

P > Pb

2922589,174 N > 2754480,424 N (ok)

$Mn_{terpasang} = Cc'\left(d - d'' - \frac{a}{2}\right) + Cs'(d - d'' - d') + T.d''$

= 3025957,5 N $\left(439,5mm - 60,5mm - \frac{237,33mm}{2}\right)$ +
1518095,607 N(439,5mm –189,5 mm – 60,5 mm) +
1621463,93N x 189,5 mm

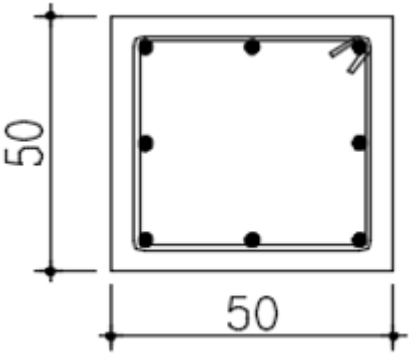
= 992360661,2Nmm

Syarat :

$Mn_{terpasang}$ > Mn

992360661,2Nmm >219952993,1 Nmm

Berdasarkan peninjaun momen kolom arah X dan arah Y, maka digunakan penulangan lentur terbesar sesuai dengan peninjauan momen kolom arah X sebesar 8D25



Gambar 5.18 Detail Penulangan Kolom

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi :

Syarat :

$S_{max} \geq S_{sejajar}$ susun satu lapis

$S_{max} \leq S_{sejajar}$ perbesar penampang kolom

$$S_{max} = \frac{b - (2\ t_{selimut}) - (2\ \emptyset_{geser}) - (n\ .\ \emptyset_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{500 - (2 \text{ x } 40) - (2 \text{ x } 8) - (8 \text{ x } 25)}{-1}$$

$$S_{max} = 204\text{mm}$$

Syarat :
S_{max} > 40 mm
204mm > 40 mm **(Memenuhi)**
Maka tulangan lentur kolom disusun 1 lapis.

- Perhitungan tulangan geser

Data perencanaan

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom : 520 mm
- Dimensi balok (B_{kolom}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{kolom}) : 500 mm
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (fys) : 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 25mm
- Diameter tulangan geser (ø) : 8mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 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 ß1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.1)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (φ): 0,65

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2)

- Faktor reduksi kekuatan geser (φ) :0,75

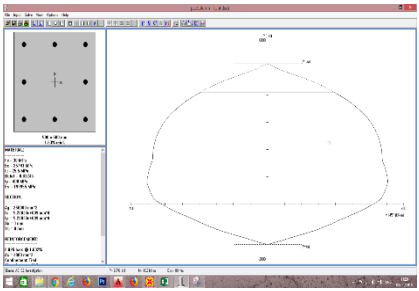
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Berdasarkan hasil analisis program SAP 2000, maka diperoleh beban aksial pada kolom K-1 dengan kombinasi 1,2D+1,6L sebagai berikut :

Pu = 2278848,78 N

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM

Diambil dari hasil Pcacolumn sebagai berikut :



Gambar 5.19 Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM

Mnt = 182000000

Mnb = 182000000

$$vu = \frac{Mnt + Mnb}{Lu}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5)

Dimana :

Mnt : Momen nominal atas kolom

Mnb : Momen nominal bawah kolom

$$Mnt = \frac{Mnt}{\theta}$$

$$Mnt = \frac{182000000\ Nmm}{0{,}75}$$

= 214117647,1 Nmm

$$Mnb = \frac{Mnb}{\theta}$$

$$Mnb = \frac{182000000\ Nmm}{0{,}75}$$

= 214117647,1 Nmm

$$Vu = \frac{182000000\ Nmm + 182000000\ Nmm}{5200mm}$$

= 82352.94 N

Syarat kuat tekan beton

Nilai $\sqrt{f}c'$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 Mpa sesuai dengan peraturan SNI 03-2847-2013.

$\sqrt{f}c' \leq 25/3$ N/mm^2

$\sqrt{30N}/mm^2 \leq 8{,}333$ N/mm^2

5,477 N/mm^2 ≤ 8,333 N/mm^2 (OK)

Kekuatan geser pada beton :

$$Vc = 0{,}17(1 + Nu/14Ag)\lambda\sqrt{f}c'\ bw\ d$$

$$= 0{,}17(1+\frac{2278{,}8487\text{N}}{14\ x\ 500mm\ x\ 500mm})$$

$$x1x\sqrt{30}x500x439{,}5mm$$

= 204748,6795 N

Kuat geser tulangan geser

Vsmin = 1/3 x b x d

= 1/3 x 500mm x 500mm

= 73250 N

Vsmax = 1/3 x $\sqrt{f}c'$ x b x d

= 1/3 x $\sqrt{30}$ x 500mm x 500mm

= 401206,7734 N

2Vsmax= 2/3 x $\sqrt{f}c'$ x b x d

= 2/3 x $\sqrt{30}$ x 500mm x 500mm

= 802413,5467 N

Cek kondisi :

1. Kondisi 1 : Tidak memerlukan tulangan geser

Vu ≤ 0.5 Ø Vc

82352,9 N ≤ 85256,4 N (memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom tetap menggunakan tulangan geser minimum.

Smaks ≤ d/4 ≤ 600mm

120mm≤ 125 mm≤ 600mm
Digunakan tulangan minimum 120mm
Luas tulagan geser minimum
Avmin = $\frac{bw\ x\ s}{3\ x\ fy}$
Avmin = $\frac{500mm\ x\ 120mm}{3\ x\ 400\ N/mm2}$
Avmin = 66,667 mm^2

Direncanakan menggunakan tulangan geser minimum Ø8 dengan 2 kaki , maka luas penampang yang diperlukan yaitu :
Av = ¼ x $\pi\ x\ d^2 x\ n\ kaki$
Av = ¼ x $3{,}14\ x\ 8^2 x\ 2$
Av = 100,48 mm^2

Av perlu < Av pakai
66,667 mm^2 < 100,48 mm^2 (memenuhi)

Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan geser kolom
1) Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2 spasi (so) sepanjang (lo) diukur dari muka joint. Spasi (so) tidak boleh melbihi beberapa persyaratan sebagai berikut :
a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
So ≤ 8 x Ø25
120 mm ≤ 200 mm (memenuhi)
b) 24 kali diameter batang tulangan begel
120mm≤24 x 8 mm
120mm ≤ 192 mm (memenuhi)
c) setengah dimensi penampang kolom terkecil
So ≤ ½ bw
120mm ≤ ½ 500 mm
120mm ≤ 250 mm (memenuhi)
d) so ≤ 300mm
120mm ≤ 300mm (memenuhi)

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi, dan S pakai menggunakan 120 mm.
Maka dipakai So sebesar $\emptyset 8 - 120mm$

1) Panjang Lo tidak boleh kurang dari yang terbesar diantara ketiga syarat dibawah, yaitu :
   a) 1/6 bentang bersih kolom)
   Lo> 1/6 x (5200mm – 500mm)
   Lo > 783,333 mm
   b) Dimensi terbesar penampang kolom
   Lo > 500 mm
2) Sengkang ikat pertama harus dipasag pada jarak tidak lebih daripada 0,5 x So = 0,5 x 120mm = 60 mm dari muka hubungan balok kolom
3) Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi 2 x So = 2 x 120 mm – 240mm
   Sehingga dipasang sengkang sebesar $\emptyset 8 - 120mm$
   Sejarak 800 mm dari muka hubungan balok-kolom.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2, panjang penyaluran untuk tulangan D25 harus ditentukan menggunakan persamaan :

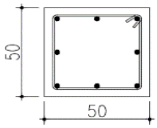
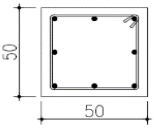
$$ldc = \frac{0,24fy}{\lambda\sqrt{f'c}}db$$

$$ldc = \frac{0,24x400}{1\sqrt{30}}25$$

= 438,178046 mm ~ 450mm

Panjang kait
Idh = 12db
= 12 x 25mm
= 300 mm

Tabel 5.7 Tabel penulangan kolom

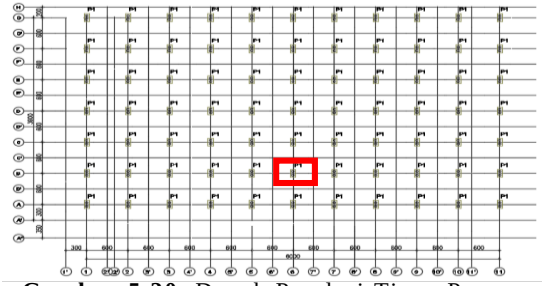
DIMENSI	50 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM **K1**		
TUL. UTAMA	8D25	8D25
SENGKANG	Ø8-120	Ø8-120
SELIMUT BETON	40	40

5.5 Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi tiang pancang meliputi daya dukung tanah,daya dukung pondasi, penentuan jumlah tiang pondasi,pile cap dan penulangannya.

5.5.1 Denah Pondasi yang ditinjau

Denah titik pondasi yang di tinjau adalah As F-9’ di tunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 5.20: Denah Pondasi Tiang Pancang

Pembebanan pada pondasi yang di direncakan 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).

5.5.2 Pekerjaan Penyelidikan Tanah

Uji bor : Berupa Grafik *bor log* beserta tabel data hasil pengujian berupa jenis lapisan tana, ketebalan masing-masinh lapisan tanah, nilai SPT, dan kedalaman muka air tanah.

5.5.3. Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang

Perencanaan Pondasi menggunakan tiang pancang merupakan spesifikasi produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

Data klasifikasi pondasi tiang pancang yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 5.8 Tabel spesifikasi tiang pancang

OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm2)	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
			B	7	18		7.5	14.2	115	
			C	9	16		9.0	18.9	112	
450	80	7-16	A	7	12	930	7.5	12.4	150	242
			B	7	24		11.0	21.3	140	
			C	9	20		12.5	26.0	135	
500	90	7-16	A	7	14	1159	10.5	15.7	185	301
			B	7	30		15.0	29.5	175	
			C	9	24		17.0	35.1	170	
600	100	7-16	A	7	18	1571	17.0	23.6	250	408
			B	9	26		25.0	46.2	240	
			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 (Ab)= $\frac{\pi}{4}\ d^2$= 0,126 m

5.	Luas Selimut (Ap)	= π d^2	= 15,1m
6.	Fc' tiang pancang	=K500	= 41,5 Mpa
7.	Fc' pile Cap	= k350	= 30 Mpa
8.	Fy baja tulangan		= 400 Mpa

5.5.4 Perhitungan Spesifikasi Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Bahan

$$Qu = \frac{e_H.W_R.H}{S+C} \text{.....(5.1)}$$

(**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.

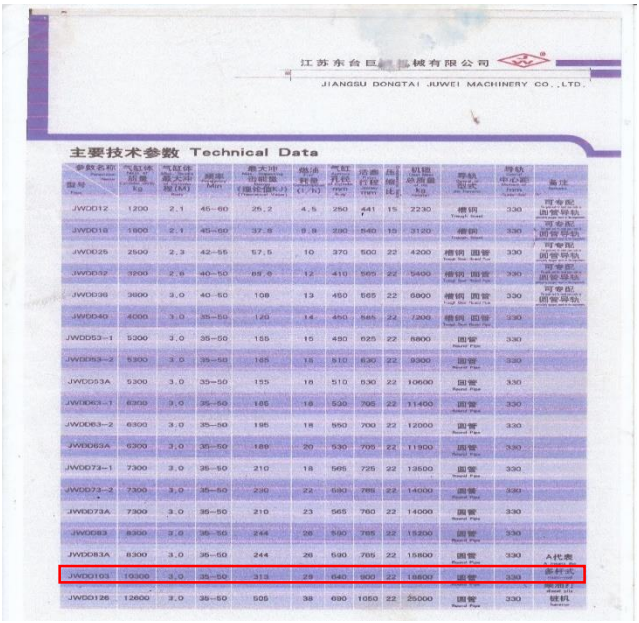
Tabel 5.9 Tabel efisiensi hammer ENR

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 :

Tabel 5.10 Tabel spesifikasi hammer.

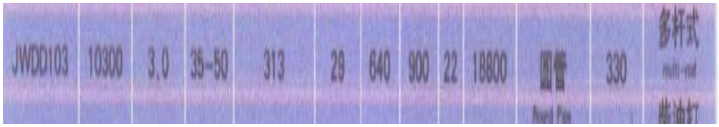


江苏东台巨[illegible]械有限公司

JIANGSU DONGTAI JUWEI MACHINERY CO.,LTD.

主要技术参数 Technical Data

型号	气缸体质量 kg	气缸体最大冲程(M)	频率 Min	最大冲击能量 (理论值)(KJ)	燃油消耗 (L/h)	气缸内径 mm	冷却水容量 L	润滑油耗量 L	导轨质量 kg	导轨型式	导轨中心距 mm	备注
JWDD12	1200	2.1	45~60	25.2	4.5	250	441	15	2230	槽钢	330	可专配圆管导轨
JWDD18	1800	2.1	45~60	37.8	9.9	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	83.2	12	410	565	22	5400	槽钢 圆管	330	可专配圆管导轨
JWDD36	3600	3.0	40~50	108	13	450	565	22	6800	槽钢 圆管	330	可专配圆管导轨
JWDD40	4000	3.0	35~50	120	14	450	565	22	7200	槽钢 圆管	330	
JWDD53-1	5300	3.0	35~50	155	15	450	625	22	8800	圆管	330	
JWDD53-2	5300	3.0	35~50	165	15	510	630	22	9300	圆管	330	
JWDD53A	5300	3.0	35~50	155	18	510	630	22	10600	圆管	330	
JWDD63-1	6300	3.0	35~50	185	18	530	705	22	11400	圆管	330	
JWDD63-2	6300	3.0	35~50	195	18	550	700	22	12000	圆管	330	
JWDD63A	6300	3.0	35~50	189	20	530	705	22	11900	圆管	330	
JWDD73-1	7300	3.0	35~50	210	18	565	725	22	13600	圆管	330	
JWDD73-2	7300	3.0	35~50	230	22	590	765	22	14000	圆管	330	
JWDD73A	7300	3.0	35~50	210	23	565	760	22	14000	圆管	330	
JWDD83	8300	3.0	35~50	244	26	590	765	22	15200	圆管	330	
JWDD83A	8300	3.0	35~50	244	26	590	765	22	15800	圆管	330	A代表 多杆式
JWDD103	10300	3.0	35~50	313	29	640	900	22	18800	圆管	330	多杆式
JWDD126	12600	3.0	35~50	505	38	690	1050	22	25000	圆管	330	轮机



Sehingga dapat diperoleh nilai :

e_H = 0,85 (tabel 5.3)

W_R = 18,8 T

H = 0,585 m

S = 0,5 m (dari data tanah N-SPT)

C = 0,0254 m

Qup = 115 Ton (brosur tiang pancang kelas B)

$$Qu = \frac{0{,}85.18{,}8\ T\ .0{,}585\ m}{0{,}5\ m + 0{,}0254\ m} = 91{,}025\ T$$

Qup	>	Qu
115 T	>	91,025 T

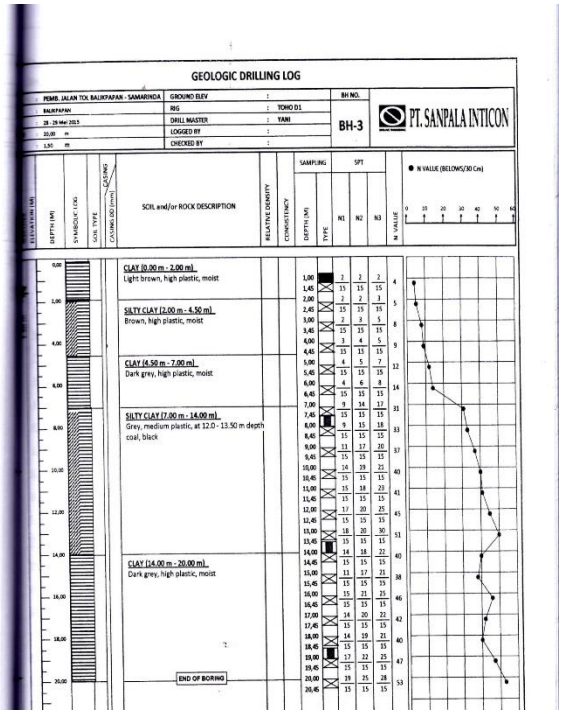
Sehingga allowable axial load oleh tiang pancang kelas B masih memenuhi dan aman, apabila dilakukan proses pemancangan menggunakan *hammer* dengan tipe JWDD 103

5.5.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Kekuatan Tanah

Pehitungan daya dukung tiang pancang tunggal ditinjau berdasarkan kekuatan bahan,N-SPT.

A. Daya dukung berdasarkan Kekuatan Bahan
Berdasarkan spesifikasi pondasi tiang pancang dari WIKA Beton, didapatkan daya dukungtiang, Pumax= 115 ton dengan nilai Mumax = 14,2 ton.m

B. 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 13 meter di tunjukkan pada gambar berikut



Gambar 5.21 Data NSPT sampai kedalaman 13 meter

Data nilai N-SPT dengan kedalaman tanah 13 meter adalah sebagai berikut.

N1 = nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 4D di bawah tiang.

= (51+40)/2 =45,5

N2 = nilai rata-rata Nspt pada kedalaman 8D di atas tiang.

= (51+41+45+40)/4 = 44,25

Harga N rata-rata =

$$\bar{N}p/s = \frac{N1+N2}{2} = \frac{44{,}25+45{,}5}{2} = 44{,}8$$

Daya dukung ultimit

dimana: $R_a = \frac{1}{n}(R_p + R_F)$

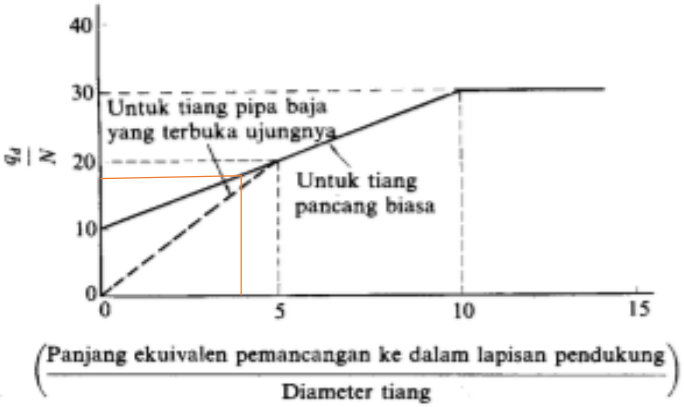
Ra = Daya dukung vertikal yang di ijinkan (ton)

Rp = Daya dukung terpusat tiang (ton)

Rf = Gaya geser dinding tiang (ton)

n = Faktor keamanan

Ra = qd x A



Gambar 5.22 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

$$\frac{(Panjang\ Ekuivalen)}{Diamter\ tiang} = \left(\frac{8D}{2}\right) = \left(\frac{8\ X\ 40\ cm}{2}\right) = \frac{160\ cm}{40cm} = 4$$

Maka di dapatkan dari grafik nilai $\frac{qd}{\bar{N}} = 18$

qd =18 x 44,8 = 806,4ton/m²

Ra = qd x A = 806,4ton/m² x $\frac{\pi D^2}{4}$ = 101,2 ton

$$Rf = U\ x\ \Sigma\ \text{li.fi}$$
$$= 3{,}14\ x\ 0{,}4\ x\ 76$$
$$= 95{,}45\ \text{ton}$$

Tabel 5.11 Perbandingan hasil daya dukung tiang pancang

No	depth	ketebalan lapisan li (m)	Karakteristik tanah	N	fi (ton/m2)	li.fi(t/m)
1	0	0		0	0	0
2	2m	2	clay	4	4	8
3	2m-4m	2	silty clay	7.333333	7	14
4	4m-7m	3	clay	19	6	18
5	7m-13m	6	silty clay	41	6	36
		13				76

Maka : $R_a = \frac{1}{n}(R_a + R_F)$

$R_a = \frac{1}{3}(101{,}2\ \text{ton} + 95{,}45\ \text{ton})$

$R_a = 65{,}5\ \text{ton}$

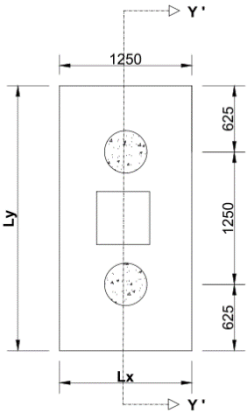
Perbandingan hasil hitungan nilai daya dukung tiang pancang (Kuat bahan dan NSPT) diambil nilai daya dukung yang terkecil (berdasarkan N-SPT) yaitu $Q_{all} = 65{,}5$ ton

5.5.6 Perhitungan Tiang Pancang

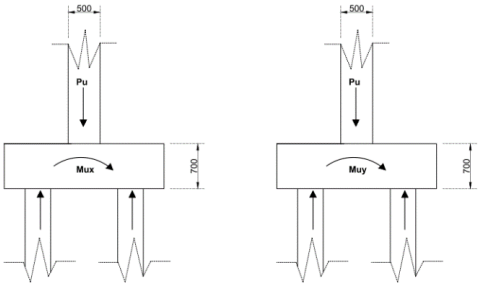
Struktur pondasi direncanakan mampu menahan berbagai pembenan berupa beban mati, hidup, dan gempa. Gaya-gaya yang diterima pondasi untuk kombinasi tersebut adalah :

Tabel 5.12 Tabulasi kombinasi gaya terhadap pondasi

Kombinasi	P	Mx	My
1D+1L	117,461 Ton	0,231 Ton.m	0,02 Ton.m
1D+1L+1EX	117,526 Ton	2,95 Ton.m	8,377 Ton.m
1D+1L+1EY	117,611 Ton	9,28 Ton.m	2,56 Ton.m



Gambar 5.23 Detail dimensi tiang pancang



Gambar 5.24 Gaya yang bekerja pada Pondasi Tiang Pancang

Perkiraan kebutuhan tiang dengan kombinasi ijin terbesar (1D+1L+1Ey)

Perkiraan kebutuhan tiang tanpa effisiensi

$n = \frac{Pu}{Qall} = \frac{117{,}611}{65} = 1{,}8 \approx$ 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 x 400 < s < 4 x 400
1000 mm < s < 1600 mm
Maka diambil nilai s = 1250 mm

b. Syarat jarak as tiang ke tepi
s > 1,25 D
s > 1,25 x 400
s > 500
maka di ambil 625 mm.

Dari perhitungan sebelumnya, direncanakan dimensi penamapang *pile cap* pada gambar yaitu

p = 2500mm
l = 1250 mm
t = 700 mm

Berat sendiri *pile cap* adalah:
W1 =γb.Vp = 2,4 x 1,25 x 2.5 x 0,7=5,25 Ton
Berat sendiri tiang adalah:
W2 = γb.Vt = 2,4x0,1256x13 = 3,9ton

A. Kontrol Gaya yang Bekerja pada Tiang Pancang

Pu = 117,46 Ton
$\sum$Pv = Pu + w1 + w2
= 117,46ton + 5,25 ton +3,9 ton
= 126,61 ton
P ijin = 65,5 ton
P group = 2 x 65,5 ton = 131 ton

Kontrol Keamanan :
P group ≥ ∑Pv
131 ton ≥ 126,61 ton **(Aman)**

$$M = -\frac{H}{2\beta} e^{-\beta}(\sin\beta - cos\beta)$$

(**Sumber:** ***Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*****, Sosro Darsono,Suryono)**

M = momen lentur pada setiap bagian tiang(kg.cm)
H = Gaya menurut sumbu orthogonal tiang(kg)
k = $0{,}2\ x\ Eo\ x\ D^{-3/4}$
= 17,95

$$\beta = \sqrt[4]{k\frac{D}{4}EI}$$

$$= \sqrt[4]{17{,}95\frac{40}{4}302776{,}32x125600}$$

= 0,008

$$H = k\ x\ P/\beta$$

= 17,95 x 65,5/0,008
= 147,6 ton

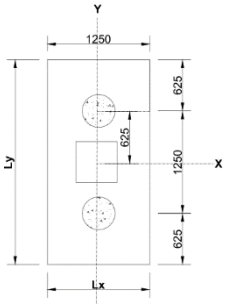
$$M = -\frac{147{,}6}{2x0{,}008} 2{,}71^{-0{,}008} 1(\sin 0{,}008 - cos 0{,}008)$$

= 90474,59248 kg.cm
= 0,9 Ton.m

Kontrol keamanan
M < M crack tiang pancang
0,9 Ton.m < 7,5 Ton. M **(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 5.25 : Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang

5.5.7 Susunan Tiang Terhadap Titik Pusat Penampang

Banyak tiang (n)

n = 2

Banyak tiang dalam satu kolom (a)

a = 1

Banyak tiang dalam satu baris (b)

b = 2

Jarak As kolom ke as pondasi arah y (Ymaks)

Ymaks = 0,625 m

Jarak As kolom ke as pondasi arah x (Xmaks) Xmaks = 0 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.

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{My \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{Mx \times Y}{\Sigma y^2}$$

Kondisi ijin akibat kombinasi (1D+1L+1Ey)

$$P_{tekan\ maks} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{My \times X}{\Sigma X^2} + \frac{Mx \times Y}{\Sigma y^2}$$

$$= \frac{117{,}611\ ton}{4} + \frac{9{,}28\ ton \times 0}{0} + \frac{2{,}56\ ton \times 0{,}625}{0{,}4}$$

$P_{tekan\ maks} = 33{,}4$ ton

$$P_{tekan\ min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{My \times X}{\Sigma X^2} - \frac{Mx \times Y}{\Sigma y^2}$$

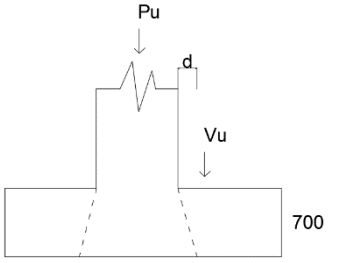
$$= \frac{117{,}46\ ton}{4} - \frac{0{,}02\ ton \times 0}{0} - \frac{0{,}231\ ton \times 0{,}625}{0{,}4}$$

$P_{tekan\ min} = 25{,}4$ ton

$P_{max} = 33{,}4$ ton $< P_{ijin} = 65{,}5$ ton **(Aman)**

A. Cek terhadap Geser Pons dari kolom

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban tepusat 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) ditunjukan pada gambar berikut



Gambar 5.26 Bidang kritis kolom terhadap pile cap

Bedasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari tiga persamaan berikut :

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

$V_C = 0{,}083\left(\frac{\alpha s\ d}{bo}+2\right)\lambda\sqrt{FC'}\ b_o d$

$V_C = 0{,}33\lambda\sqrt{FC'}\ b_o d$

dimana: β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = Keliling dari penampang kritis pada *Pile cap*

α_s = 40, untuk kolom tengah

$\beta c = \frac{500}{500} = 1$

d = H - ts
= 700 – 75-(1/2 x 22)
= 614mm

b_o = 4 x (B+d)
= 4 x (500+614)
= 4456 mm

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

$V_C = 0{,}17\left(1+\frac{2}{1}\right)1\ x\sqrt{30}\ x\ 4456x614$

= 7642656,784N

2. $V_C = 0{,}083\left(\frac{\alpha s\ d}{bo}+2\right)\lambda\sqrt{FC'}\ b_o d$

$V_C = 0{,}083\ x\left(\frac{40\ x\ 614}{4456}+2\right)x\ 1\ x\ \sqrt{30}\ x\ 4456\ x\ 614$

= 9343051,736 N

3. $V_C = 0{,}33\lambda \sqrt{FC'}\ b_o d$

$V_C = 0{,}33\ x\ 1\ \sqrt{30'}\ x\ 4456\ x\ 614$

= 4945248,507N

Maka nilai V_C terkecil yang diambil

= 4945248,507 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

Persitiwa geser pons dapat dicegah dengan dipenuhinya persayaratan :

$P_U \leq \emptyset V_C$

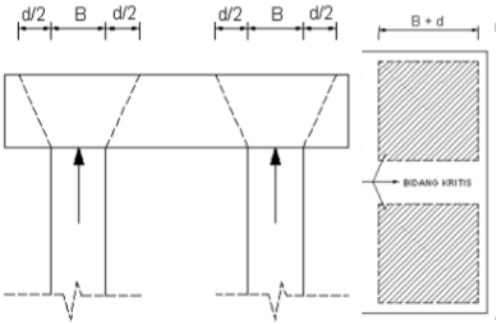
$2147400 \leq 0{,}75$ x 4945248,507 N

$2147400 \leq 3708936{,}381$ N **(Aman)**

Maka ketebalan dan ukuran *pile cap* mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial kolom.

B. 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 5.27 Tegangan geser pons pada pile cap yang terjadi di bidang kritis

Gambar Bidang kritis akibat pons dari tiang pancang ke pile cap

$\beta c = \frac{400}{400} = 1$

d = H- ts

= 700 – 75-(1/2 x 22) = 614 mm

b_o = 2 x (1/4 π D x d)

= 2 x (1/4 x π x 400 x 614)

= 385592 mm

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

$V_C = 0{,}17\left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\, x\sqrt{30}\, x\, 385592 \text{ x } 614$

= 661343652,3N

2. $V_C = 0{,}083\left(\frac{\alpha s\, d}{bo} + 2\right)\lambda\sqrt{FC'}\, b_o d$

3. $V_C = 0{,}083\left(\frac{40\ x\ 616{,}5}{386730{,}1} + 2\right) x\ 1\ x\ \sqrt{30}\ x\ 385592\ x\ 614$

= 222116317 N

4. $V_C = 0{,}33\lambda\sqrt{FC'}\, b_o d$

$V_C = 0{,}33\ x\ 1\ \sqrt{30'}\ x\ 385592\ \ x\ 614$

= 427928245,6 N

Maka nilai V_C terkecil yang diambil
= 222116317 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 :

$P_U \leq \emptyset V_C$
1174600 $\leq$ 0,75 x 222116317
1174600 $\leq$ 166587237,7 N (Aman)
Maka ketebalan dan ukuran *pile cap* mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial dari pilecap.

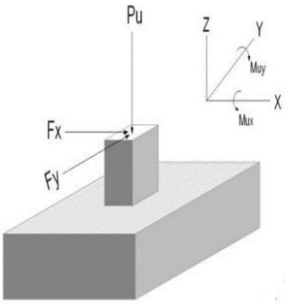
5.5.8 Perhitungan *Pile Cap*

Direncanakan :

P = 2500 mm
t_s = 75 mm
fc' = 30 MPa
L = 1250 mm
$D_{TULANGAN}$ = 22 mm
Fy = 400MPA
T = 700 mm
A_p = 0,125 m²
E = 4700 x $\sqrt{fc}$ = 25742,96 Mpa.
dx= 700-75-(1/2 x 22) = 614 mm
dy= 700-75-22-(1/2x22) = 592 mm

Detail Elemen Pile cap

Gaya yang bekerja pada pile cap dalam menerima beban kombinasi di tunjukkan sebagai berikut.



Gambar 5.28 : Gaya yang bekerja pada Pile Cap

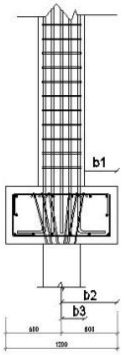
Pembebanan yang terjadi pada pilecap adalah :

Penulangan Pilecap Arah X dan Arah Y

qu = berat pilecap = 2,5m x 0,7m x 2400 kg/m³ x 1,25m

= 5250 kg

P max beban tiang = 117460 kg



b1= 625 mm – 250mm = 375mm

b2= 325mm

b3= 250 mm

Momen yang terjadi pada pilecap adalah :

Mu = Mq

= qu x ½ x b1

=122710 kg x ½ x 0,375 m

= 23008,125 kg.m = N.mm

Mn = $\frac{Mux}{\emptyset} = \frac{23008,125}{0,9}$ = 255645833,3 N.mm

Rn = $\frac{Mn}{bw\ d^2} = \frac{255645833,3}{1250\ x\ 614^2}$ = 0,30 N/mm²

m= $\frac{fy}{0,85\ x\ fc'} = \frac{400}{0,85\ x\ 30}$ = 15,686

a) Mencari Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{1}{m}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m\ Rn}{fy}}\right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,686}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2\ (15,686)\ (0,30)}{400}}\right]$$

$$\rho = 0,00076$$

$$\rho\ min = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho b = \left(\frac{0,85\ x\ fc'\ x\ \beta}{fy}\right)\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \left(\frac{0,85\ x\ 30x\ 0,835}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right) = 0,053$$

$$\rho\ maks = 0,75\ x\ \rho b = 0,75x\ 0,053 = 0,04$$

$\rho \min < \rho < \rho maks$

0,0035 < 0,00076 < 0,024 (tidak memenuhi), maka digunakan adalah $\rho min = 0{,}0035$

b) Luas tulangan yang dibutuhkan

As perlu = $\rho \; x \; b \; x \; d$

= $0{,}0035 \; x \; 1250 \; x \; 614$

= 2686,25 mm²

c) Jarak antar tulangan

S = $\frac{0{,}25 \; x \; \pi \; x \; D^2 x \; b}{AS \; perlu}$ = = $\frac{0{,}25 \; x \; 3{,}14 \; x \; 22^2 x \; 1250}{2686{,}25}$ = 101 mm

Digunakan tulangan D22-100mm

Penulangan Pilecap Arah Y

qu= berat pilecap = 1,25m x 0,7m x 2400 kg/m³ x 2,5m

= 5250 kg

P max beban tiang = 117460 kg

b1= 1250mm – 250mm = 1000mm

b2=625mm

b3=1000mm-625mm= 375mm

Momen yang terjadi pada pilecap adalah :

Mu = (-Mq + Mp)

= [(-(qu x ½ b1) + (P x b3)]

= [-(5250 kgmm) + (117460 kgmm)]

= 49297500 Nmm

Mn =$\frac{Mux}{\emptyset}$ = $\frac{49297500}{0{,}9}$ = 54775000 Nmm

Rn = $\frac{Mn}{bw \; d^2}$ = $\frac{54775000}{2500 \; x \; 614}$ = 0,06 N/mm²

m= $\frac{fy}{0{,}85 \; x \; fc'}$ = $\frac{400}{0{,}85 \; x \; 30}$ = 15,686

a) Mencari Rasio Tulangan

$\rho \; = \; \frac{1}{m}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \; Rn}{fy}}\right]$

$$\rho = \frac{1}{15,686}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2\,(15,686)\,(0,06)}{400}}\right]$$

$$\rho = 0,00021$$

$$\rho\, min = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho b = \left(\frac{0,85\ x\ fc'\ x\ \beta}{fy}\right)\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \left(\frac{0,85\ x\ 30x\ 0,835}{400}\right)\left(\frac{600}{600+400}\right) = 0,053$$

$$\rho\, maks = 0,75\ x\ \rho b = 0,75x\ 0,0325 = 0,04$$

$$\rho \min < \rho < \rho\, maks$$

0,0035 < 0,0038 < 0,024 (memenuhi),

b) Luas tulangan yang dibutuhkan

As perlu = $\rho\ x\ b\ x\ d$

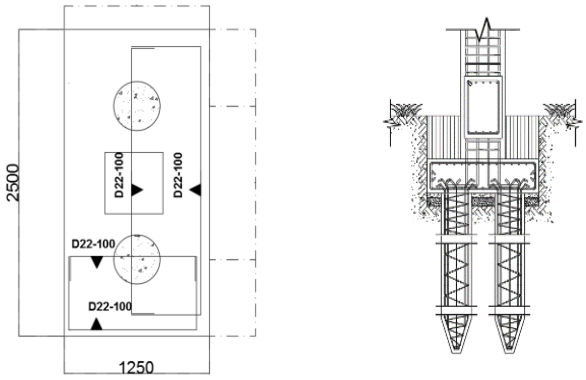
= $0,0035\ x\ 1250\ x\ 614$

= 2686,25 mm²

c) Jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25\ x\ \pi\ x\ D^2 x\ b}{AS\ perlu} = = \frac{0,25\ x\ 3,14\ x\ 22^2 x\ 2500}{2686,25} = 176\text{mm}$$

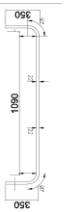
Digunakan tulangan D22-100mm



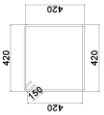
Gambar 5.29 Detail Penulangan Poer

5.6 Perhitungan Volume Besi

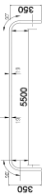
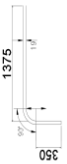
Tabel 5.13 Volume besi pile cap

No	Diameter	Jenis tulangan pile cap	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	22	PC-1 	3.04	1771	591	1.6 x 591	1763.461
2	22	PC-2 	3.04	1771	591	1.6 x 591	1763.461
		arah y					
3	22	PC-3 	1.09	847	106	0.8 x 106	316.2892
4	22	PC-4 	1.09	847	106	0.8 x 106	316.2892
		arah x					
5	22	PC-5 	7.2	77	47	4.8 x 47	140.2414

Tabel 5.14 Volume besi kolom

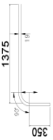
No	Diameter	Jenis tulangan kolom	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	25	K-1 	5.8	3080	1540	0.4 x 1540	5933.813
2	8	K-2 	1.98	8085	1348	0.12 x 1348	531.8669

Tabel 5.15 Volume besi sloof

No	Diameter	Jenis tulangan sloof	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	19	SL-1 	6.2	1584	1584	5.8 x 1584	1980.753
2	19	SL-2 	1.725	792	264	0.4 x 264	587.5492
3	19	SL-3 3450	3.45	396	396	2.35 x 396	881.3237
4	10	SL-4 	1.604	9108	1302	0.7 x 1302	802.683
5	10	SL-5 5500	5.5	396	198	1 x 198	122.067

Sisa besi dari SL-1 bisa dipakai untuk SL-2 dan SL-3

Tabel 5.16 Volume besi balok induk

No	Diameter	Jenis tulangan balok induk	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	19	BI-1 	6.2	2512	2512	5.8 x 2512	5590.619
2	19	BI-2 	1.725	5024	1675	0.4 x 1675	3727.821
3	19	BI-3 3450	3.45	2512	838	1.6 x 838	1865.023
4	10	BI-4 	1.604	28888	4127	0.7 x 4127	2544.296
5	16	BI-5 5500	5.5	1256	628	1 x 628	991.1347

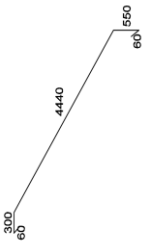
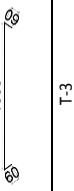
Sisa besi dari BI-1 bisa dipakai untuk BI-2

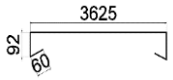
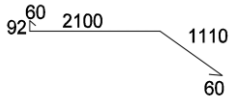
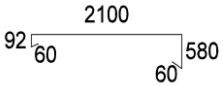
Tabel 5.17 Volume besi balok anak

No	Diameter	Jenis tulangan balok anak	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	19	BA-1 	6.2	2032	2032	5.8 x 2032	4522.348
2	19		1.725	1016	339	0.4 x 339	754.4665
4	10	BA-3 	1.104	23368	2337	1 x 2337	5201.145

Sisa besi dari BA-1 bisa dipakai untuk BA-2

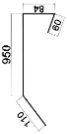
Tabel 5.18 Volume besi Tangga dan Bordes

No	arah	Diameter	Jenis tulangan	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
			Tangga					
1	y	13	T-1 	5.41	731.4286	366	1.2 x 366	381.3299
2	x	13	T-2 	1.72	1014.857	170	1.62 x 170	177.1205
3	y	13	T-3 	1.78	365.7143	61	1.3 x 61	63.55499

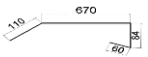
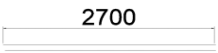
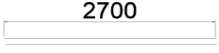
No	arah	Diameter	Jenis tulangan Bordes	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	y	13	B-1 	3.929	465	155	0.2 x 155	161.4922
2	x	13	B-2 	3.422	580	194	1.7 x 194	76.05761
2	x	13	B-2 	2.892	580	145	1.6 x 73	76.05761

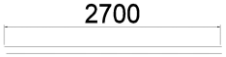
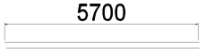
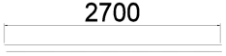
Tabel 5.19 volume besi pelat lantai

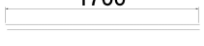
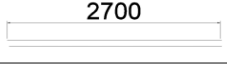
No	arah	Diameter	Jenis tulangan pelat tipe 1	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	x	10	P1 - 1 1700	1.7	2337	334	0.1 x 334	205.911
2	y	10	P1-2 5700	5.7	1107	554	0.6 x 554	341.541
3	X	10	P1-3 1700	1.7	1168.5	167	0.1 x 167	65.89152
4	y	10	P1-4 5700	5.7	553.5	277	0.6 x 277	109.2931

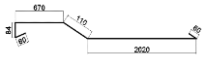
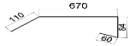
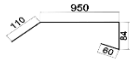
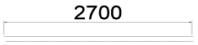
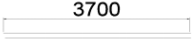
No	arah	Diameter	Jenis tulangan pelat tipe 2	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	x	10	P2-1 	4.064	256.5	129	3.8 x 129	79.5285
2	x	10	P2-2 960 	1.204	256.5	29	1.1 x 29	17.8785
3	y	10	P2-3 	6.014	166.5	167	5.9 X 167	102.9555
4	y	10	P2-4 1425 	1.679	166.5	56	0.8 x 56	34.524
5	x	10	P2-5 3700	3.7	513	171	0.9 x 171	67.46976
6	y	10	P2-6 5700	5.7	333	111	0.6 x 111	43.79616

Sisa besi dari P2-3 bisa dipakai untuk P2-4

No	arah	Diameter	Jenis tulangan pelat tipe 3	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	x	10	P3-1 	3.004	1417.5	355	0	218.8575
2	x	10	P3-2 	0.924	1417.5	119	0.92 x 119	73.3635
3	y	10	P3-3 	3.004	1417.5	355	0	218.8575
4	y	10	P3-4 	0.924	1417.5	119	0.92 x 119	73.3635
5	x	10	P3-5 	2.7	1417.5	355	1.2 x 355	218.8575
6	y	10	P3-6 	2.7	1417.5	355	1.2 x 355	218.8575

No	arah	Diameter	Jenis tulangan pelat tipe 4	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	x	10	P4-1 	2.7	24396	6099	1.2 x 6099	3760.034
2	y	10	P4-2 	5.7	11556	5778	0.6 x 5778	3562.137
3	x	10	P4-3 	2.7	24396	6099	1.2 x 6099	2406.421
4	y	10	P4-4 	5.7	11556	5778	0.6 x 5778	2279.768

No	arah	Diameter	Jenis tulangan pelat tipe 5	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
1	x	10	P5-1 	2.314	195.5	40	0.4 x 86	53.019
2	x	10	P5-2 	0.654	195.5	12	0.2 x 26	16.029
3	y	10	P5-3 	3.004	310.5	78	0	48.087
4	y	10	P5-4 	0.924	310.5	26	0.92 x 26	16.029
5	x	10	P5-5 	1.7	621	104	1.8 x 104	41.03424
6	y	10	P5-6 	2.7	391	98	1.2 x 98	38.66688

No	arah	Diameter	Jenis tulangan	panjang(m)	jumlah	lonjor	sisa(m)	berat(kg)
			pelat tipe 6					
1	x	10	P6-1 	3.004	111	28	0	17.262
2	x	10	P6-2 	0.924	111	10	0.92 x 111	5.5485
3	y	10	P6-3 	4.064	81	41	3.8 x 41	4.3155
4	y	10	P6-4 	1.204	81	9	0	5.5485
5	x	10	P6-5 	2.7	222	56	1.2 x 222	22.09536
6	y	10	P6-6 	3.7	162	54	0.9 x 162	21.30624

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 kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan struktur gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro 5 lantai terdapat beberapa perubahan yaitu:
   - Perubahan denah dan letak ruangan.
   - Perubahan terhadap bentuk tangga.
   - Penambahan lantai sebagai penambahan fungsi ruangan.
2. Perencanaan struktur gedung Rumah Sakit KRMT Wongsonegoro termasuk dalam kategori resiko IV dengan desain seismik kategori C, sehingga perencanaan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) diperbolehkan.
3. Dari keseluruhan pembahasan perhitungan struktur gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro, Semarang, Jawa Tengah yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

- Pelat

Pelat Lantai dan Pelat Atap

Perencanaan dimensi pelat lantai beton bertulang dengan tebal t = 12 cm.

Perencanaan penulangan pelat tiap lantai:

Tabel 6.1 Rekap penulangan pelat tiap lantai.

Tipe pelat	Ukuran pelat (cm)	Tul tumpuan x	Tul lapan-gan x	Tul tumpuan y	Tul lapan-gan y
1	200 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	-	-
2	400 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
3	300 x 300	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
4	300 x 600	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	-	-
5	200 x 300	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200
6	300 x 400	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200

- Tangga dan bordes

  Perencanaan dimensi pelat tangga dengan tebal 15 cm dan pelat bordes tangga dengan tebal 15 cm.

  Perencanaan penulangan tangga dan bordes :

Tabel 6.2 Rekap penulangan pelat tangga dan bordes

Plat Tangga		
Arah X	Arah Y	Susut
Ø13- 140	Ø13 - 70	Ø12- 250

Plat Bordes		
Arah X	Arah Y	Susut
Ø13- 80	Ø 13- 100	Ø12- 250

- Balok

Tabel 6.3 Rekap penulangan balok

Nama Balok	Dimensi Balok	Tul. Lentur				Tul. Geser		Tul. Pinggang	
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
		Atas	Bawah	Atas	Bawah				
Sloof	35x50	5D19	5D19	4D19	4D19	2Ø10-100	2Ø10-150	-	-
B. Induk	35x50	6D19	2D19	2D19	4D19	2Ø10-100	2Ø10-150	2Ø16	2Ø16
B. Anak	25x35	3D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-70	2Ø10-140	2Ø16	2Ø16
B. Lift	35x50	3D19	2D19	2D19	3D19	2Ø10-100	2Ø10-150	2Ø16	2Ø16
B. Induk Atap	35x50	4D19	2D19	2D19	3D19	2Ø10-100	2Ø10-150	2Ø16	2Ø16
B. Anak Atap	25x35	3D19	2D19	2D19	2D19	2Ø10-70	2Ø10-140	2Ø16	2Ø16

- Kolom

Tabel 6.4 Rekap penulangan kolom.

Lantai	Tinggi (cm)	Di-mensi (cm)	Tul. Lentur	Tul. Geser
1	520	50 x 50	8D25	Ø8-120
2	520	50 x 50	8D25	Ø8-120
3	520	50 x 50	8D25	Ø8-120
4	520	50 x 50	8D25	Ø8-120
Atap	300	50 x 50	8D25	Ø8-120

- Poer
  Didapatkan hasil perhitungan poer, dengan dimensi, panjang 1250 mm, lebar 2500 mm, dan tebal 700 mm dengan total keseluruhan jumlah *pile cap* pada bangunan ini berjumlah 77 buah.

Tabel 6.5 Rekap penulangan *pile cap*.

Jenis PileCap	Dimensi (mm)	n pasang pile (buah)	D pile pasang (mm)	Tulangan Pilecap	
				Arah X	Arah Y
P1	1250 x 2500 x700	2	400	D22-100	D22-100

- Tiang Pancang
  Tiang pancang yang digunakan menggunakan tipe tiang pancang kelas B dengan spesifikasi tiang, diameter 40 cm, tebal 7,5 cm, *moment crack* 7,5 ton.m, dan *allowable axial load hammer* sebesar 115 ton, setiap pilecap tipe P1 dipasang tiang pancang sebanyak dua buah apabila ditotal secara keseluruhan bangunan, bangunan ini memiliki total 154 buah tiang pancang, satu buah tiang pancang memiliki nila daya dukung sebesar 65,5 ton, menghasilkan nilai Pgroup sebesar 131 ton, dan setiap tiang memiliki moment crack sebesar 7,5 ton.m
  Apabila dibandingkan dengan kekuatan yang diperlukan gaya yang berasal dari kolom akan didistribusikan kepada setiap buah tiang pancang yang menyangga, setelah melalui proses perhitungan didapatkan nilai gaya axial (P) yang harus dipikul oleh tiang pancang sebesar 126,21 ton, dan nilai momen lentur pada setiap bagian tiang (M) sebesar 0,9

ton.m, sehingga dapat dilakukan pengontrolan sebagai berikut, P = 126,21 ton < 131 ton (aman), dan M = 0,9 ton.m < 7,5 ton.m (aman), sehingga tiang pancang kelas B mampu menahan beban yang diperlukan oleh struktur bangunan tersebut baik dari gaya axial maupun gaya momen.

Tabel 6.6 Rekap pemasangan tiang pancang

As		n tiang pasang (buah)	Tipe *Pile cap*
A	1	2	P1
A	2	2	P1
A	3	2	P1
A	4	2	P1
A	5	2	P1
A	6	2	P1
A	7	2	P1
A	8	2	P1
A	9	2	P1
A	10	2	P1
A	11	2	P1
B	1	2	P1
B	2	2	P1
B	3	2	P1
B	4	2	P1
B	5	2	P1
B	6	2	P1
B	7	2	P1
B	8	2	P1

B	9	2	P1
B	10	2	P1
B	11	2	P1
C	1	2	P1
C	2	2	P1
C	3	2	P1
C	4	2	P1
C	5	2	P1
C	6	2	P1
C	7	2	P1
C	8	2	P1
C	9	2	P1
C	10	2	P1
C	11	2	P1
D	1	2	P1
D	2	2	P1
D	3	2	P1
D	4	2	P1
D	5	2	P1
D	6	2	P1
D	7	2	P1
D	8	2	P1
D	9	2	P1
D	10	2	P1
D	11	2	P1
E	1	2	P1
E	2	2	P1
E	3	2	P1
E	4	2	P1

E	5	2	P1
E	6	2	P1
E	7	2	P1
E	8	2	P1
E	9	2	P1
E	10	2	P1
E	11	2	P1
F	1	2	P1
F	2	2	P1
F	3	2	P1
F	4	2	P1
F	5	2	P1
F	6	2	P1
F	7	2	P1
F	8	2	P1
F	9	2	P1
F	10	2	P1
F	11	2	P1
G	1	2	P1
G	2	2	P1
G	3	2	P1
G	4	2	P1
G	5	2	P1
G	6	2	P1
G	7	2	P1
G	8	2	P1
G	9	2	P1
G	10	2	P1
G	11	2	P1

- Berdasarkan volume kebutuhan tulangan balok dan kolom dari suatu bangunan yang ditinjau, didapatkan hasil kebutuhan sebagai berikut :

Tabel 6.7 Kebutuhan lonjor balok dan kolom

No	Struktur	Diameter	Lonjor
1	Pile Cap	D22	1441
2	Sloof	D19	1188
3	Balok	D19	4019
		D16	628
4	Kolom	D25	1540
		Ø8	1348

- Dari hasil perhitungan gedung RSUD K.R.M.T Wongsonegoro, Semarang, Jawa Timur yang telah diuraikan diperoleh hasil perhitungan rasio besi pada portal memanjang as B dan pada portal melintang as 5, hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 6.8 Volume portal memanjang pada as B

Rekap Rasio Tulangan As B			
Jenis Elemen	Berat tulangan (kg)	Volume (m^3)	Rasio (kg/m^3)
Kolom	11078,82	42,9	258,2476
Balok induk	7968	34,65	229,957
Balok atap	2410,8	11,55	208,727
Sloof	3293,3	11,55	285,1342
Pile Cap	7482,2	24,0625	310,9486

Tabel 6.9 Volume portal melintang pada as 5

Rekap Rasio Tulangan As 5			
Jenis Elemen	Berat tulan-gan (kg)	Volume (m^3)	Rasio (kg/m^3)
Kolom	7051,02	27,3	258,279
Balok induk	4368,2	18,9	231,122
Balok atap	1518,6	7,35	206,6122
Sloof	2077,8	7,35	282,694
Pile Cap	4761,4	15,313	310,949

6.2 Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, didapat-kan beberapa saran berikut :

1. Dalam pengumpulan data yang diperlukan untuk perencanaan perhitungan, dibutuhkan data yang lengkap mulai dari gambar struktur, gambar arsi-tektur serta data pendukung seperti data tanah dan hasil SPT dari proyek yang bersangkutan
2. Penentuan *preliminary desain* struktur harus mem-pertimbangkan efisiensi dari dimensi yang digunakan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

BSN. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung SNI 1726:2012*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia.

BSN. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013.* Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia.

BSN. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*. Jakarta :Badan Standarisasi Nasional Indonesia.

Sosro Darsono,Suryono.1983. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Joseph E. Bowles, RE., S.E.1997. *Foundation Analysis And Design*. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang, 30 Juni 1997, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis bernama lengkap Raka Ivan Pradana ini telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Pagerharjo 1, SDN Pagerharjo 1, SMPN 3 Pati, dan SMAN 1 Pati. Setelah lulus dari SMAN 1 Pati tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk DIII regular di ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada ta-hun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000017. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi bangunan gedung dan aktif di berbagai kegiatan UKM tahun 2016/2017.

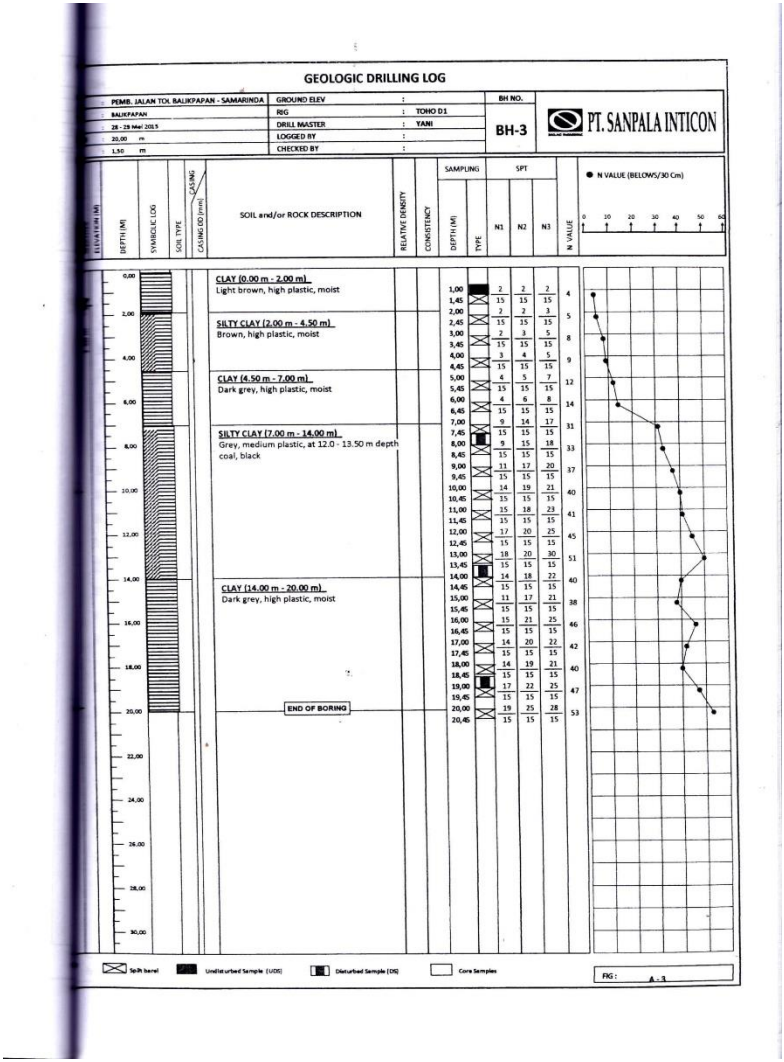
Halaman ini sengaja dikosongkan



Penulis dilahirkan di Gresik, 8 Juni 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis bernama lengkap Muhammad Abdul Romli Hamzah ini telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Muslimat NU 2 Gresik, SDNU 1 Trate Gresik, SMPN 1 Gresik, dan SMAN 1 Kebomas Gresik. Setelah lulus dari SMAN 1 Kebomas Gresik tahun 2014, Penulis mengikuti tes masuk DIII regular di ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000024. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi bangunan gedung dan aktif di berbagai kegiatan kemahasiswaan dan pelatihan kepribadian baik diluar maupun didalam kampus.

LAMPIRAN

A. Data Tanah



GEOLOGIC DRILLING LOG

PEMB. JALAN TOL BALIKPAPAN - SAMARINDA	GROUND ELEV	:	BH NO.
BALIKPAPAN	RIG	: TOHO D1	BH-3
28 - 29 Mei 2015	DRILL MASTER	: YANI	PT. SANPALA INTICON
20,00 m	LOGGED BY	:	
1,50 m	CHECKED BY	:	

DEPTH (M)	SYMBOLIC LOG	SOIL TYPE	CASING / CASING ID (mm)	SOIL and/or ROCK DESCRIPTION	RELATIVE DENSITY	CONSISTENCY	SAMPLING DEPTH (M)	SAMPLING TYPE	SPT N1	SPT N2	SPT N3	N VALUE
0,00				**CLAY (0.00 m - 2.00 m)** Light brown, high plastic, moist			1,00		2	2	2	4
							1,45		15	15	15	
							2,00		2	2	3	5
2,00				**SILTY CLAY (2.00 m - 4.50 m)** Brown, high plastic, moist			2,45		15	15	15	
							3,00		2	3	5	8
							3,45		15	15	15	
4,00				**CLAY (4.50 m - 7.00 m)** Dark grey, high plastic, moist			4,00		3	4	5	9
							4,45		15	15	15	
							5,00		4	5	7	12
							5,45		15	15	15	
6,00							6,00		4	6	8	14
							6,45		15	15	15	
							7,00		9	14	17	31
				SILTY CLAY (7.00 m - 14.00 m) Grey, medium plastic, at 12.0 - 13.50 m depth coal, black			7,45		15	15	15	
							8,00		9	15	18	33
8,00							8,45		15	15	15	
							9,00		11	17	20	37
							9,45		15	15	15	
10,00							10,00		14	19	21	40
							10,45		15	15	15	
							11,00		15	18	23	41
							11,45		15	15	15	
12,00							12,00		17	20	25	45
							12,45		15	15	15	
							13,00		18	20	30	51
							13,45		15	15	15	
14,00				**CLAY (14.00 m - 20.00 m)** Dark grey, high plastic, moist			14,00		14	18	22	40
							14,45		15	15	15	
							15,00		11	17	21	38
							15,45		15	15	15	
16,00							16,00		15	21	25	46
							16,45		15	15	15	
							17,00		14	20	22	42
							17,45		15	15	15	
18,00							18,00		14	19	21	40
							18,45		15	15	15	
							19,00		17	22	25	47
							19,45		15	15	15	
20,00				**END OF BORING**			20,00		19	25	28	53
							20,45		15	15	15	
22,00												
24,00												
26,00												
28,00												
30,00												

N VALUE (BELOWS/30 Cm)

0 10 20 30 40 50 60

Split barel | Undisturbed Sample (UDS) | Disturbed Sample (DS) | Core Samples

FIG : A - 3

B. Spesifikasi Keramik

Packing Details (Digital Floor Tiles 300 x 300 mm)					
Box Details					
Size	No. of Tiles	Thickness (Approx)	Sq.Mtr. Per Box	Weight per Box (Approx)	
300×300 mm	8	12 mm	0.72	16.5 Kg	
300×300 mm	9	9 mm	0.81	13 Kg	
Pallet Details					
Size	No. of Box per pallet	Weight per Pallet	Sq.Mtr per Pallet		
300×300 mm	99	1635 Kg	71.28		
300×300 mm	66	1090 Kg	47.52		
300×300 mm	132	1717 Kg	106.92		
300×300 mm	88	1145 Kg	71.28		
Pallet in container Details					
Size	No. of Pallet in 20' Container	No. of Box in 20' Container	Sq.Mtr. In 20' Container	Weight in 20' Container (Kg)	Pallet Size
300×300 mm	10 Big + 10 Small	1650	1188	27250	
300×300 mm	8 Big + 12 Small	2112	1710.72	27476	

rosoceramic.trustpass.alibaba.com

C. Spesifikasi Plafond



D. Brosur spesifikasi bata ringan



CV.ANUGERAH AJITAMA

SUPPLIER MATERIAL BANGUNAN

No. Telp : (031) 8959416 / 082220524447
Fax : (031) 8959416
Email : anugerahajitama@gmail.com

SPESIFIKASI FISIK	Kategori kekuatan	
	GE AAC-4	GE AAC-6
Kuat Tekan (N/mm²)	4	7.5
Berat Jenis Nominal (kg/m³)	495	680
Berat Perencanaan (kg/m³)	595	820
Daya Hantar Panas (w/mK)	0.195	0.234
STC (dB)	41	-

DIMENSI BLOK GE

Produk	Ukuran			Kuat tekan		Berat jenis perencanaan	
	Tebal (cm)	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	GE AAC-4 (N/mm²)	GE AAC-6 (N/mm²)	GE AAC-4 (kg/m³)	GE AAC-6 (kg/m³)
Blok standar	7.5 - 25	60	20	4	7.5	595	820
Blok semi jumbo	7.5 - 25	60	40	4	7.5	595	820
Blok jumbo	12.5 - 20	100	60	-	7.5	-	820
Blok 'U'	10 - 20	60	20	4	7.5	595	820
Blok 'O' *	10 - 20	30, 40, 60	20	4	7.5	595	820
Lintel	10 - 20	130 - 200	30	6.5	-	750	-

* Diameter blok O sebesar 6.5 cm untuk tebal 10 - 12,5 cm dan 7.5 cm untuk tebal 15 - 20 cm

E. Brosur Spesifikasi tiang pancang

OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm2)	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
			B	7	18		7.5	14.2	115	
			C	9	16		9.0	18.9	112	
450	80	7-16	A	7	12	930	7.5	12.4	150	242
			B	7	24		11.0	21.3	140	
			C	9	20		12.5	26.0	135	
500	90	7-16	A	7	14	1159	10.5	15.7	185	301
			B	7	30		15.0	29.5	175	
			C	9	24		17.0	35.1	170	
600	100	7-16	A	7	18	1571	17.0	23.6	250	408
			B	9	26		25.0	46.2	240	
			C	9	34		29.0	60.2	230	

F. Brosur spesifikasi *hammer* pancang



江苏东台巨[illegible]械有限公司

JIANGSU DONGTAI JUWEI MACHINERY CO.,LTD.

主要技术参数 Technical Data

型号 Type	气缸体质量 kg	气缸体最大冲程(M)	频率 Min	最大冲击能量 (理论值kJ)	燃油耗量 (L/h)	气缸孔径 mm	冲程 mm	压缩比	机锤总质量 kg	导轨型式	导轨中心距 mm	备注
JWDD12	1200	2.1	45--60	25.2	4.5	250	441	15	2230	槽钢	330	可专配圆管导轨
JWDD18	1800	2.1	45--60	37.8	6.9	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	83.6	12	410	565	22	5400	槽钢 圆管	330	可专配圆管导轨
JWDD36	3600	3.0	40--50	108	13	450	565	22	6800	槽钢 圆管	330	可专配圆管导轨
JWDD40	4000	3.0	35--50	120	14	450	585	22	7200	槽钢 圆管	330	
JWDD53-1	5300	3.0	35--50	155	15	490	625	22	8800	圆管	330	
JWDD53-2	5300	3.0	35--50	165	15	510	630	22	9300	圆管	330	
JWDD53A	5300	3.0	35--50	155	18	510	630	22	10600	圆管	330	
JWDD63-1	6300	3.0	35--50	185	18	530	705	22	11400	圆管	330	
JWDD63-2	6300	3.0	35--50	195	18	550	700	22	12000	圆管	330	
JWDD63A	6300	3.0	35--50	189	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	765	22	14000	圆管	330	
JWDD73A	7300	3.0	35--50	210	23	565	760	22	14000	圆管	330	
JWDD83	8300	3.0	35--50	244	26	590	765	22	15200	圆管	330	
JWDD83A	8300	3.0	35--50	244	26	590	765	22	15800	圆管	330	A代表
JWDD103	10300	3.0	35--50	313	29	640	900	22	18800	圆管	330	多杆式 柴油打桩机
JWDD126	12600	3.0	35--50	505	38	690	1050	22	25000	圆管	330	

TUGAS AKHIR TERAPAN – RC145501

PERENCANAAN ULANG GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

Raka Ivan Pradana
NRP. 10111500000017

Muhammad Abdul Romli Hamzah
NRP. 10111500000024

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

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

DAFTAR GAMBAR

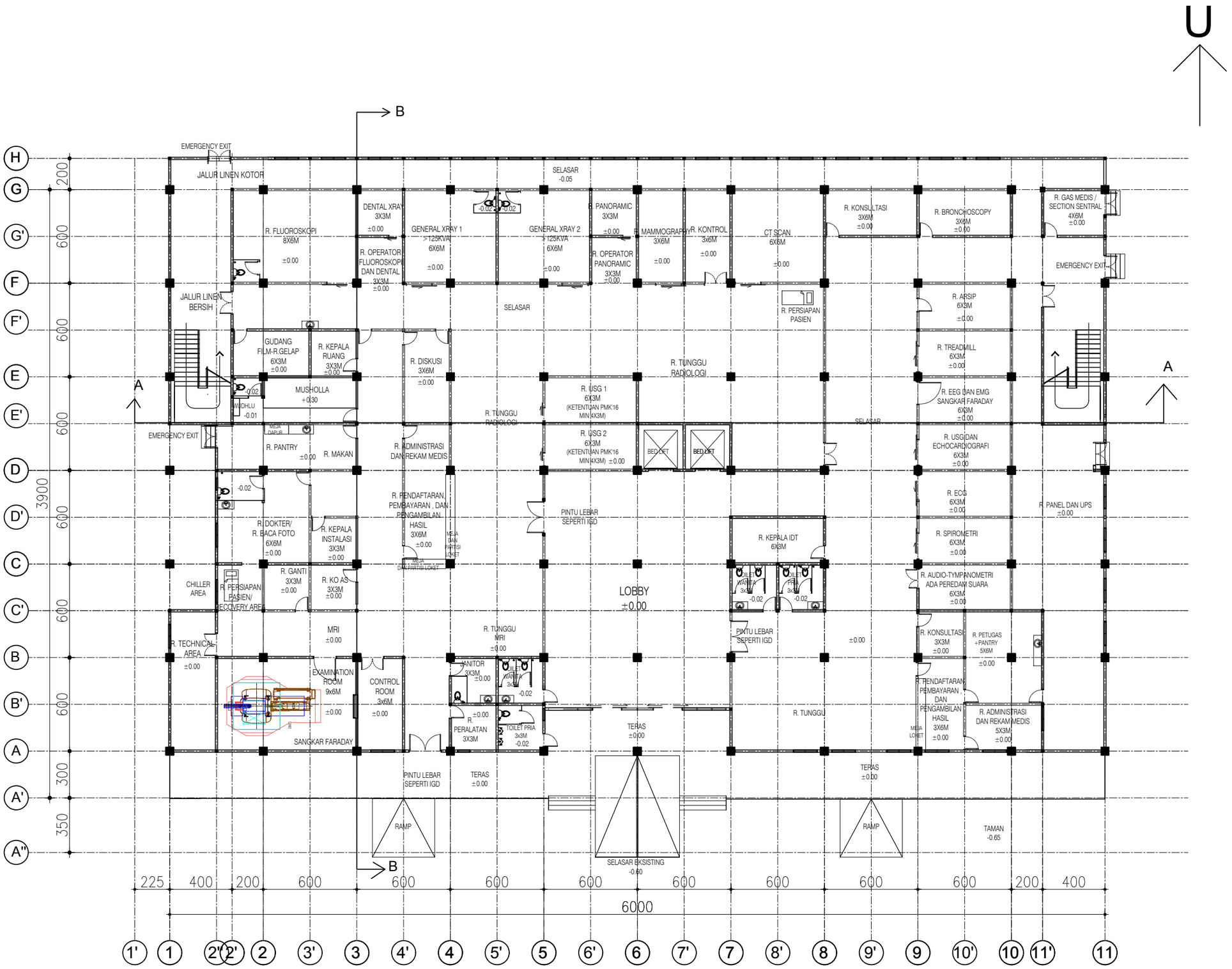
NAMA GAMBAR	KODE & NOMOR	SKALA
1. DENAH LANTAI 1	ARS - 01	1 : 250
2. DENAH LANTAI 2	ARS - 02	1 : 250
3. DENAH LANTAI 3	ARS - 03	1 : 250
4. DENAH LANTAI 4	ARS - 04	1 : 250
5. DENAH LANTAI ATAP 1	ARS - 05	1 : 250
6. DENAH LANTAI ATAP 2	ARS - 06	1 : 250
7. TAMPAK SAMPING (BARAT)	ARS - 07	1 : 250
8. TAMPAK BELAKANG (UTARA)	ARS - 08	1 : 250
9. TAMPAK SAMPING (TIMUR)	ARS - 09	1 : 250
10. TAMPAK DEPAN (SELATAN)	ARS - 10	1 : 250
11. POTONGAN A-A	ARS - 11	1 : 250
12. POTONGAN B-B	ARS - 12	1 : 250
13. DENAH SLOOF DAN PONDASI	STR - 13	1 : 250
14. DENAH POER	STR - 13	1 : 250
15. DENAH BALOK LANTAI 2	STR - 14	1 : 250
16. DENAH BALOK LANTAI 3	STR - 15	1 : 250
17. DENAH BALOK LANTAI 4	STR - 16	1 : 250
18. DENAH BALOK ATAP	STR - 17	1 : 250
19. DENAH BALOK ATAP	STR - 18	1 : 250
20. DENAH KOLOM LANTAI 1-4	STR - 19	1 : 250
21. DENAH KOLOM LANTAI 5	STR - 20	1 : 250
22. DENAH PLAT LANTAI 2	STR - 19	1 : 250
	STR - 20	1 : 250

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE & NOMOR	SKALA
23. DENAH PLAT LANTAI 3	STR - 23	1 : 250
24. DENAH PLAT LANTAI 4	STR - 24	1 : 250
25. DENAH PLAT LANTAI ATAP	STR - 25	1 : 250
26. DENAH PLAT LANTAI ATAP	STR - 26	1 : 250
27. DETAIL PENULANGAN PLAT	STR - 27	1 : 50
28. DETAIL PENULANGAN PLAT	STR - 28	1 : 50
29. DETAIL PENULANGAN PLAT	STR - 29	1 : 50
30. DETAIL DAN PENULANGAN TANGGA	STR - 30	1 : 50
31. DETAIL POTONGAN TANGGA 1	STR - 31	1 : 30
32. DETAIL Y	STR - 32	1 : 10
33. DETAIL POTONGAN TANGGA 2	STR - 33	1 : 30
34. DETAIL PORTAL AS 1B-6B	STR - 34	1 : 150
35. DETAIL PORTAL AS 6B-11B	STR - 35	1 : 150
36. DETAIL PORTAL AS 3A - 3H	STR - 36	1 : 150
37. TABEL PENULANGAN BALOK	STR - 37	1 : 30
38. TABEL PENULANGAN BALOK	STR - 38	1 : 30
39. TABEL PENULANGAN KOLOM	STR - 39	1 : 30
40. DETAIL BALOK	STR - 40	NTS
41. DETAIL BALOK	STR - 41	NTS
42. DETAIL KOLOM	STR - 42	NTS
43. DETAiL PENULANGAN POER	STR - 43	NTS

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE & NOMOR	SKALA
44. PERHITUNGAN VOLUME BESI PILE CAP	STR - 44	NTS
45. PERHITUNGAN VOLUME BESI KOLOM	STR - 45	NTS
46. PERHITUNGAN VOLUME BESI SLOOF	STR - 46	NTS
47. PERHITUNGAN VOLUME BESI BALOK INDUK	STR - 47	NTS
48. PERHITUNGAN VOLUME BESI BALOK ANAK	STR - 48	NTS
49. PERHITUNGAN VOLUME BESI TANGGA	STR - 49	NTS
50. PERHITUNGAN VOLUME BESI BORDES	STR - 50	NTS
51. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 1	STR - 51	NTS
52. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 2	STR - 52	NTS
53. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 3	STR - 53	NTS
54. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 4	STR - 54	NTS
55. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 5	STR - 55	NTS
56. PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 6	STR - 56	NTS



DENAH LT.1 (elv. +0)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

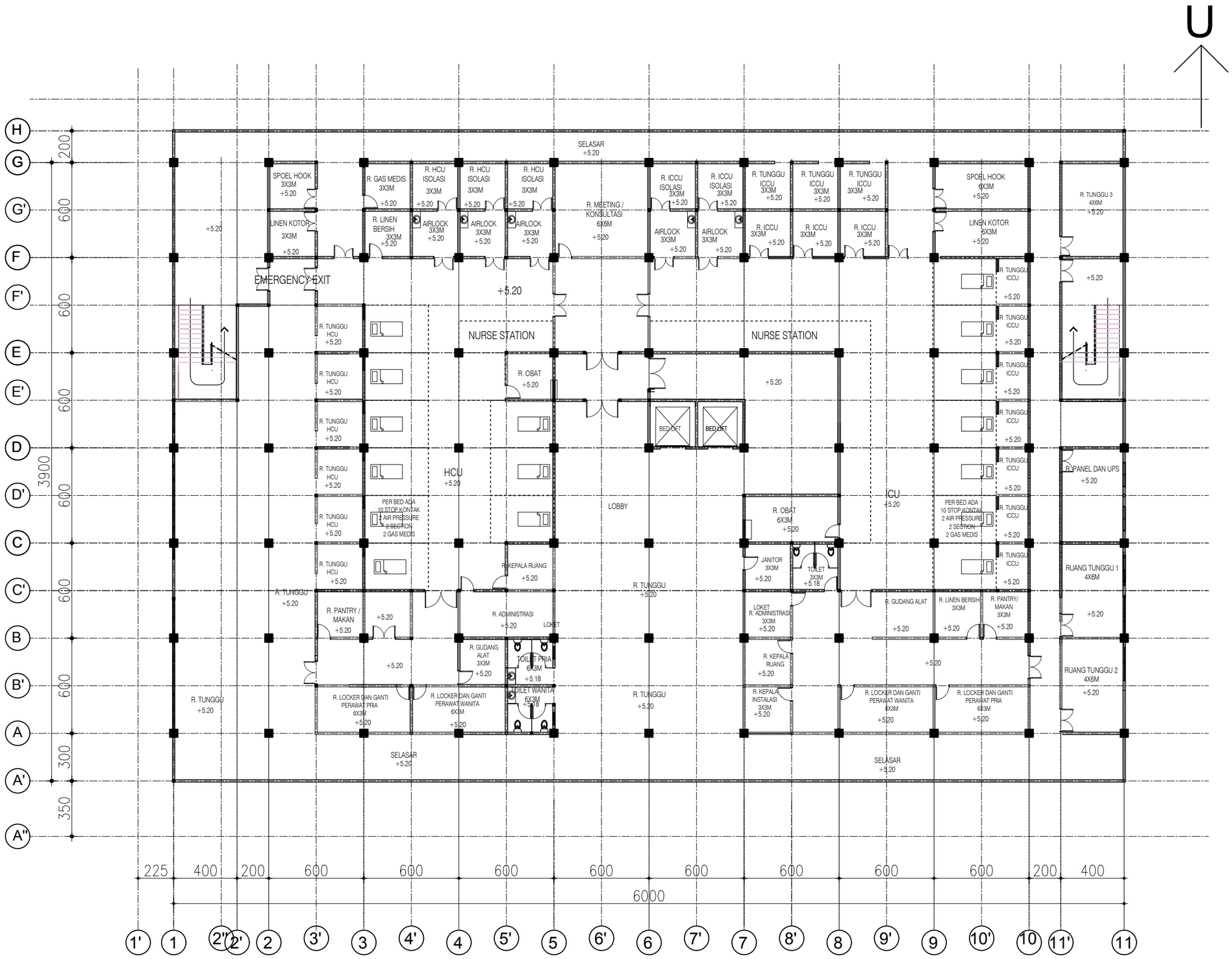
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 1
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**1**



DENAH LT.2 (elv. +5.2)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

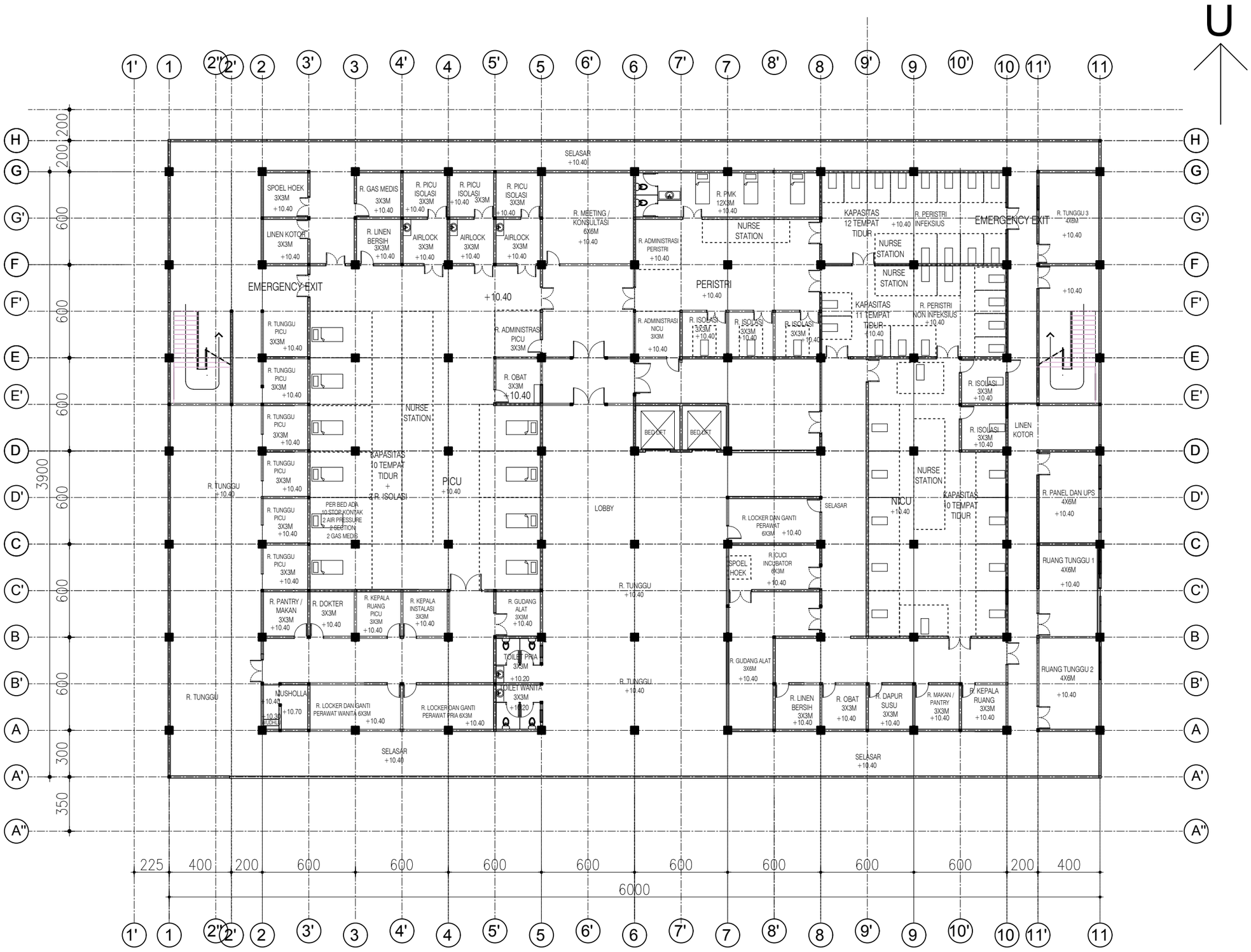
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 2
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**2**



DENAH LT.3 (elv. +10.4)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

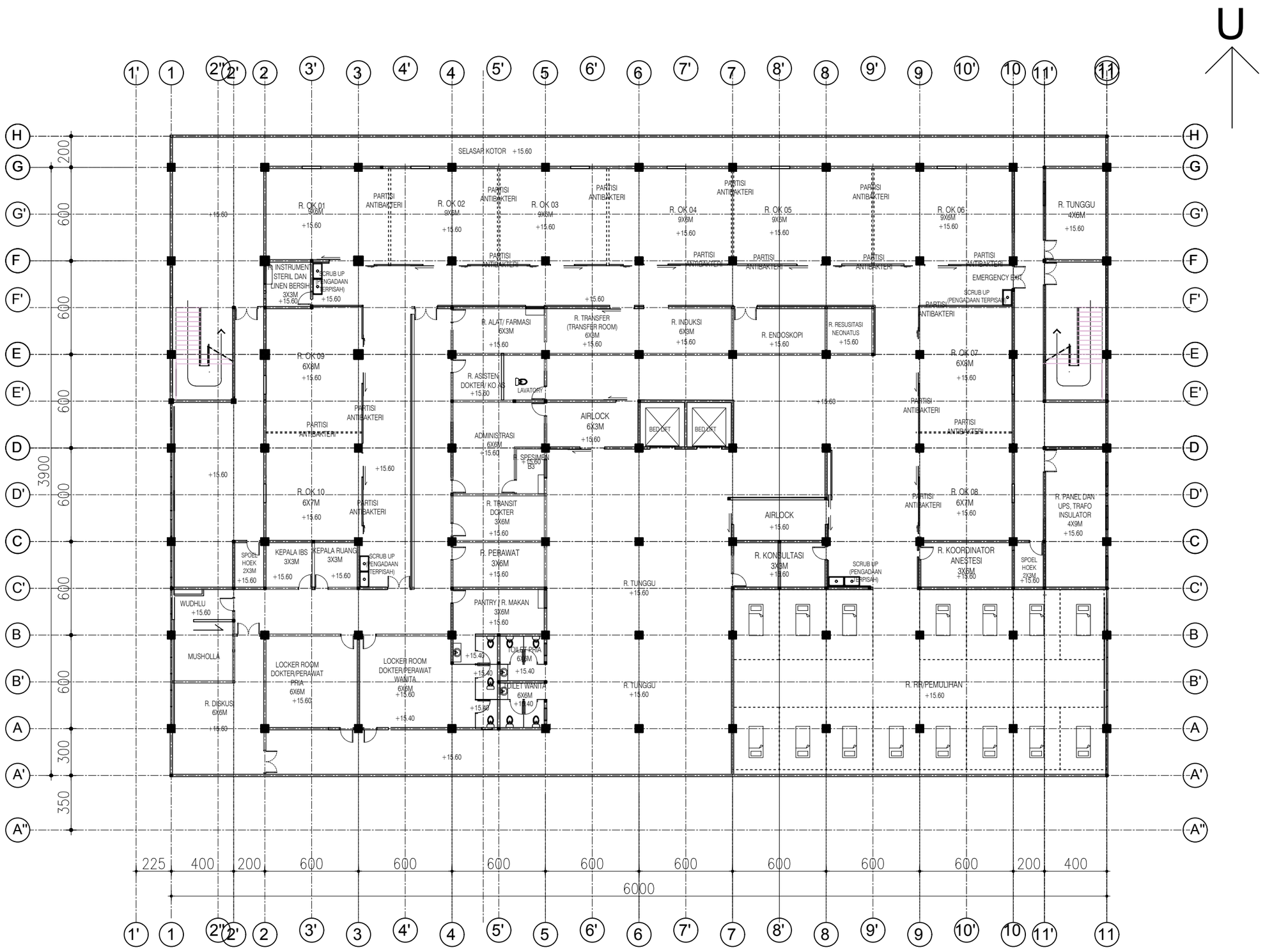
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 3
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**3**



DENAH LT.4 (elv. +15.6)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

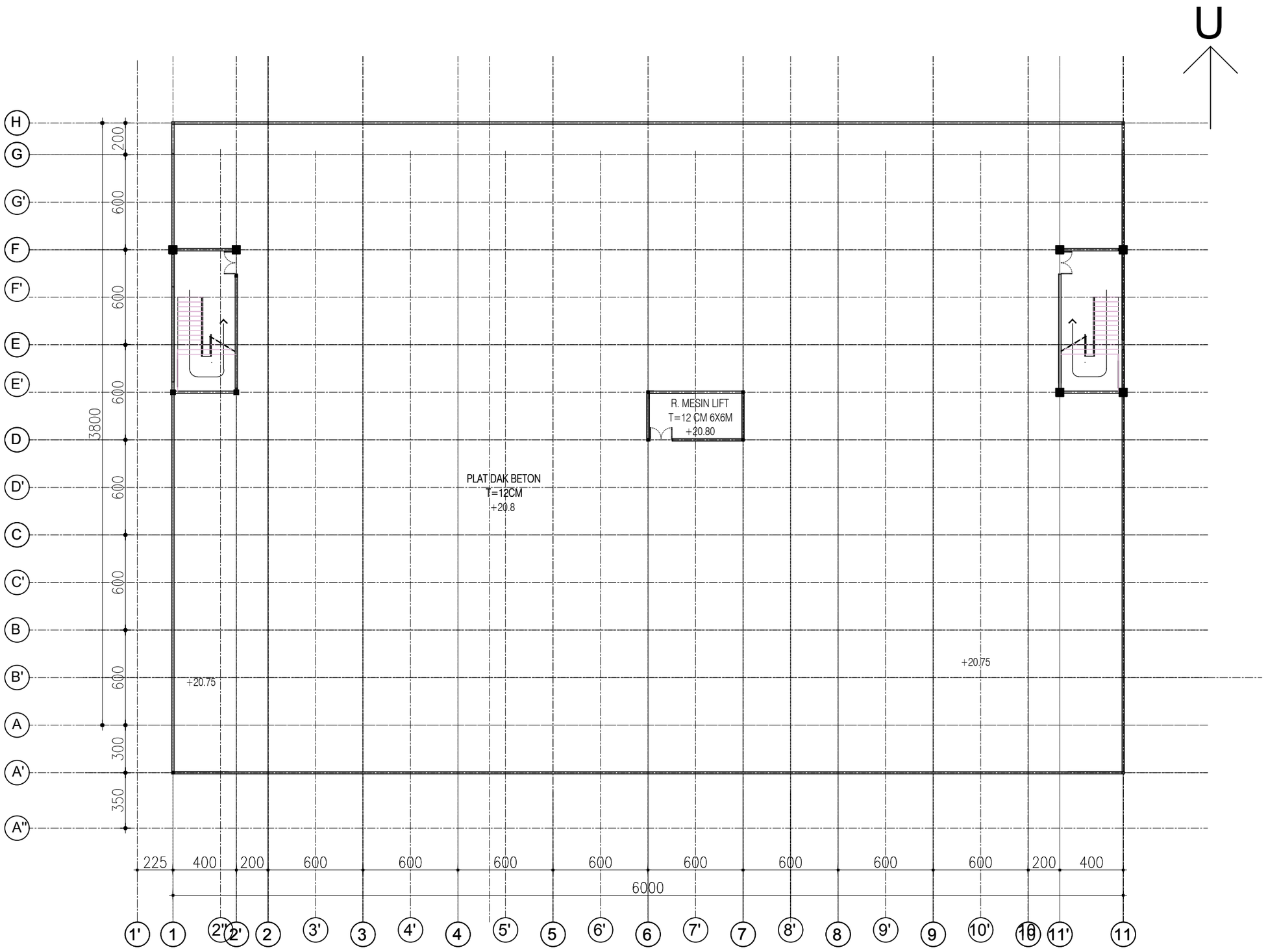
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 4
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**4**



DENAH LT.ATAP (elv. +20.8)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

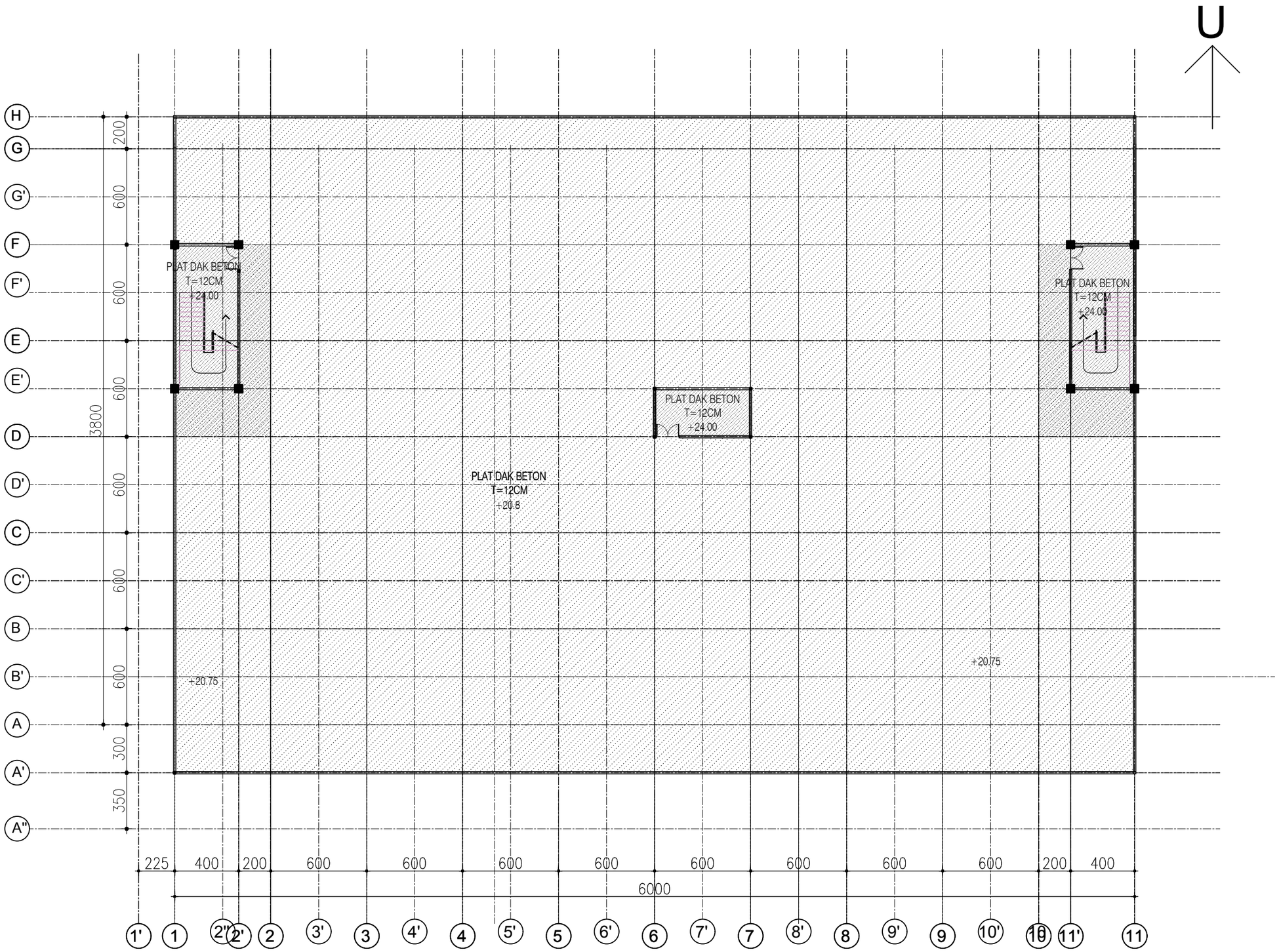
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**5**



DENAH ATAP

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**6**



TAMPAK BARAT

SKALA 1 : 200

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

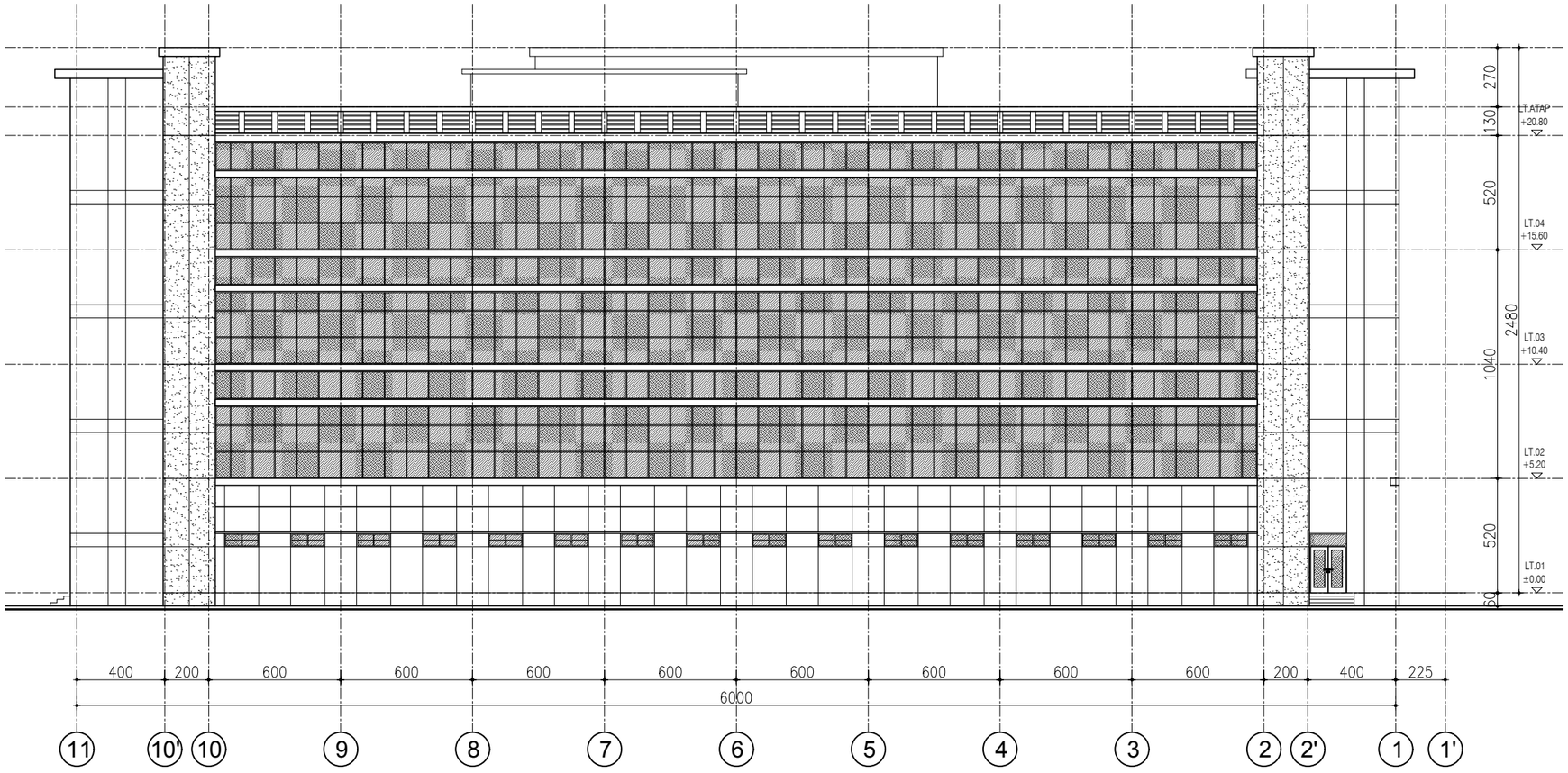
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Tampak Barat
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**7**



TAMPAK UTARA

SKALA 1 : 200

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Tampak Belakang (Utara)
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**8**



TAMPAK TIMUR

SKALA 1 : 200

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

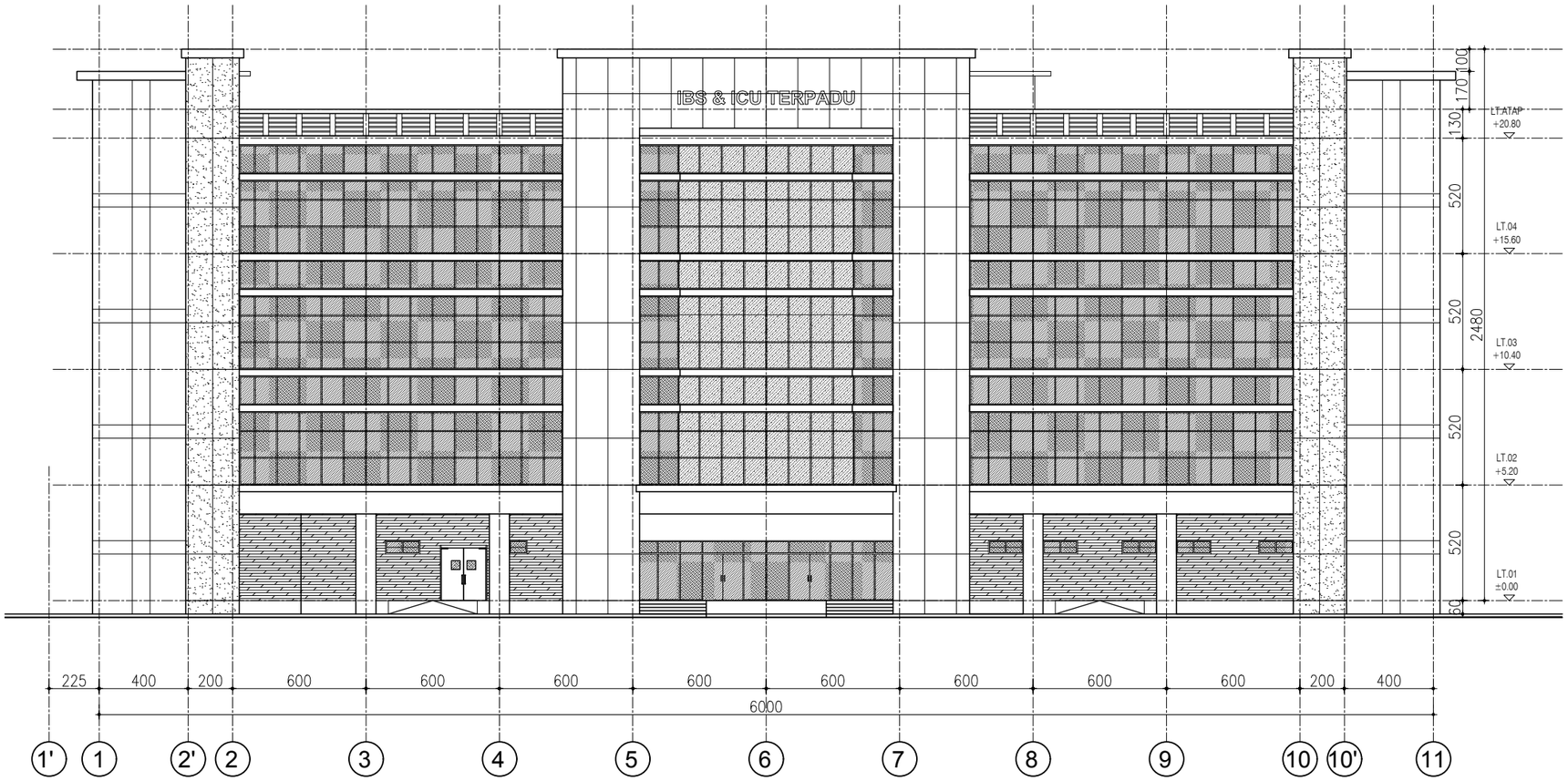
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Tampak Timur
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**9**



TAMPAK SELATAN

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

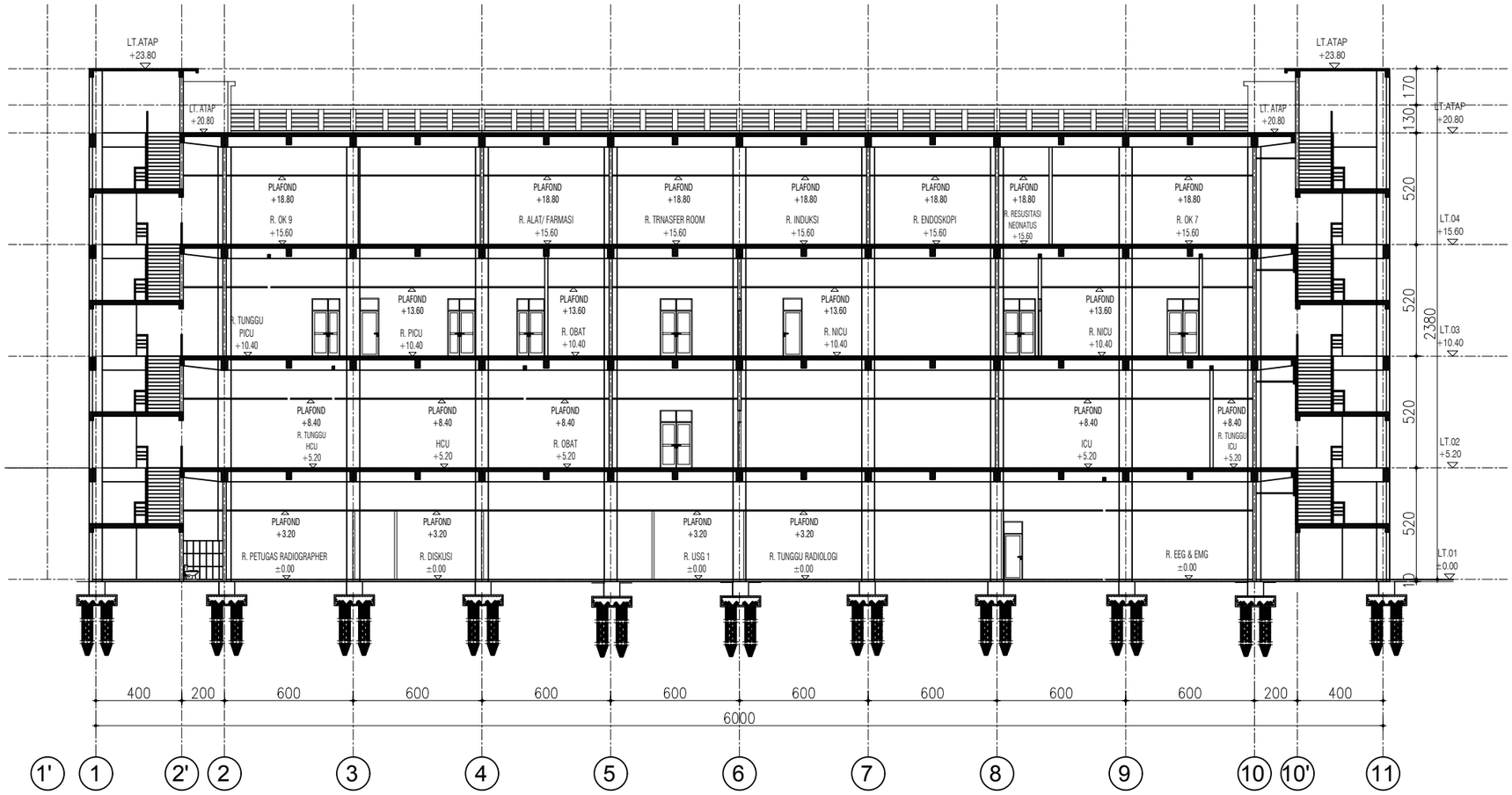
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Tampak Depan (Selatan)
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	10



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 200

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

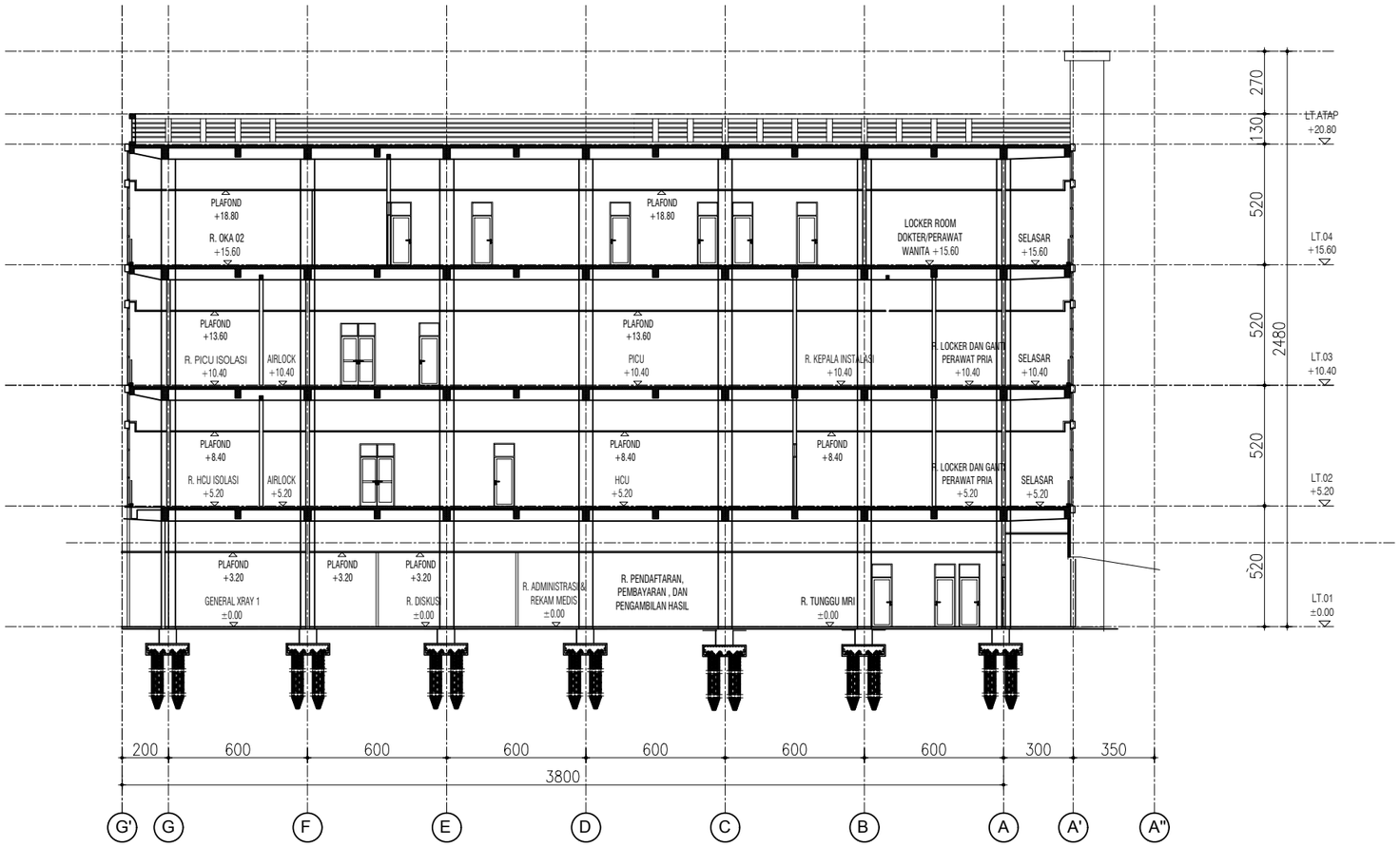
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 1
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**11**



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 200

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

**PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH**

DOSEN

**DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002**

NAMA MAHASISWA

**RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017**

**MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024**

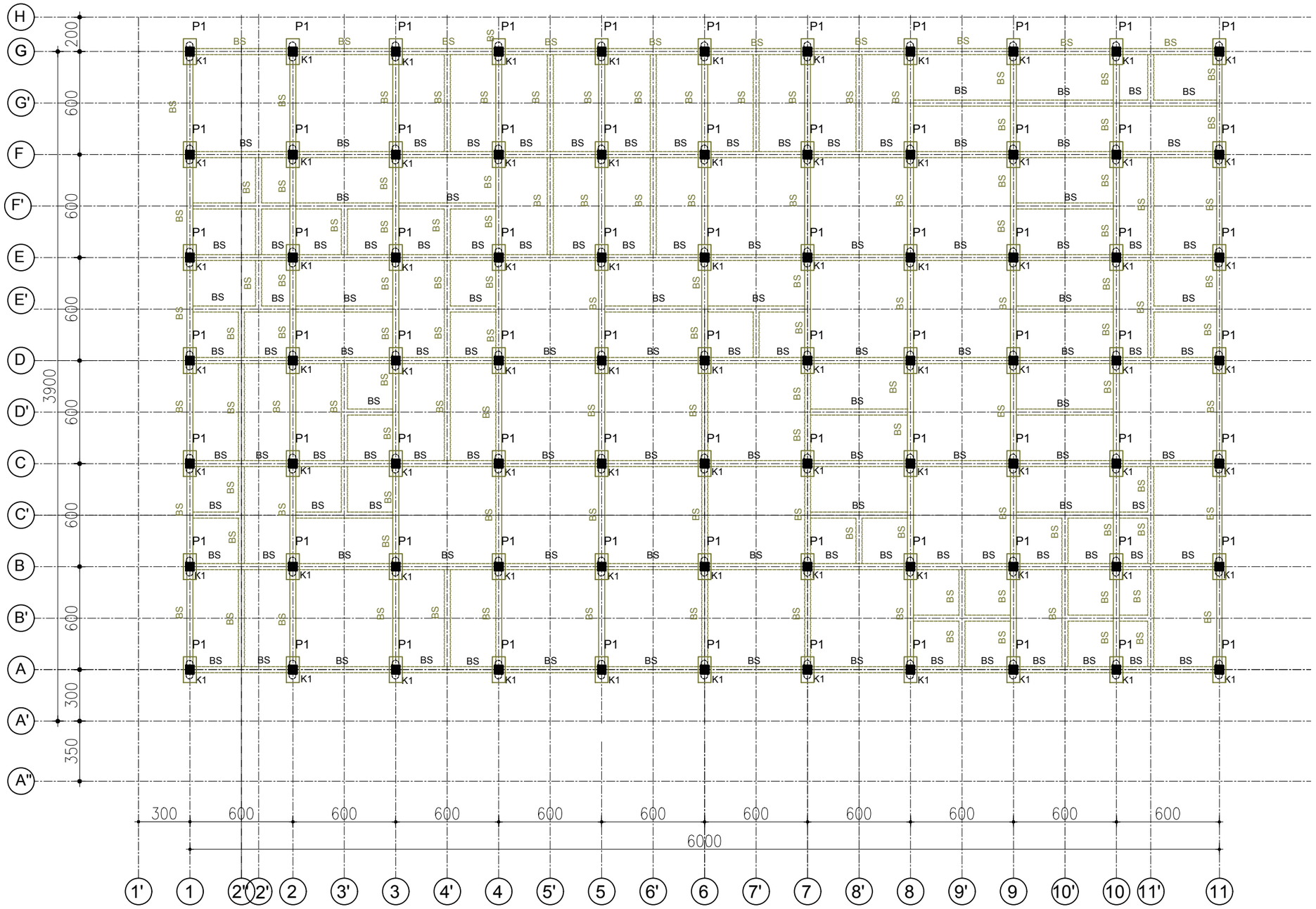
KETERANGAN

**FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa**

JUDUL GAMBAR

**DENAH LT. 1
SKALA 1 : 250**

KODE GAMBAR	NO LBR
ARS	**12**



DENAH SLOOF (elv. +0)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

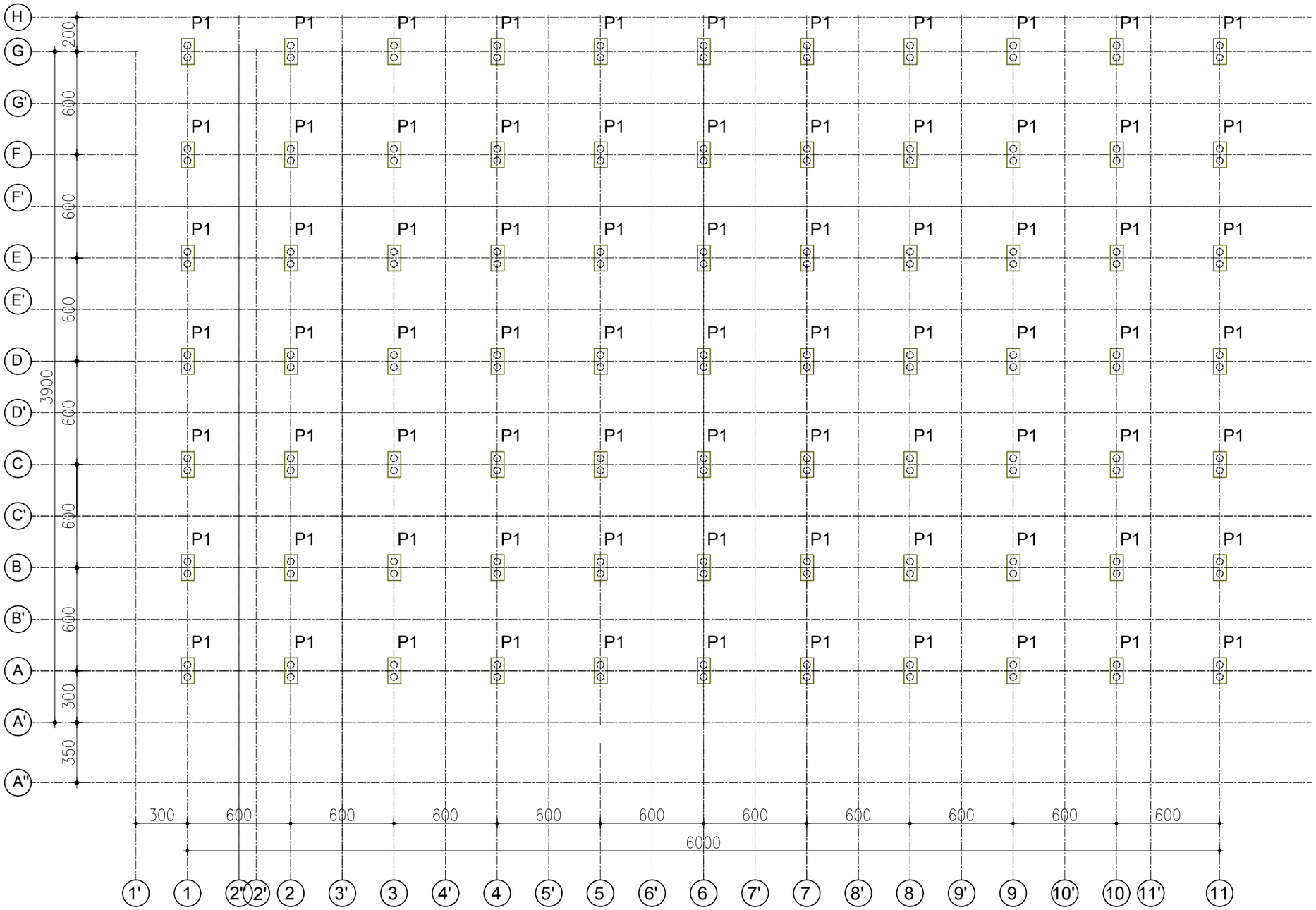
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH SLOOF
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	13



DENAH POER

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

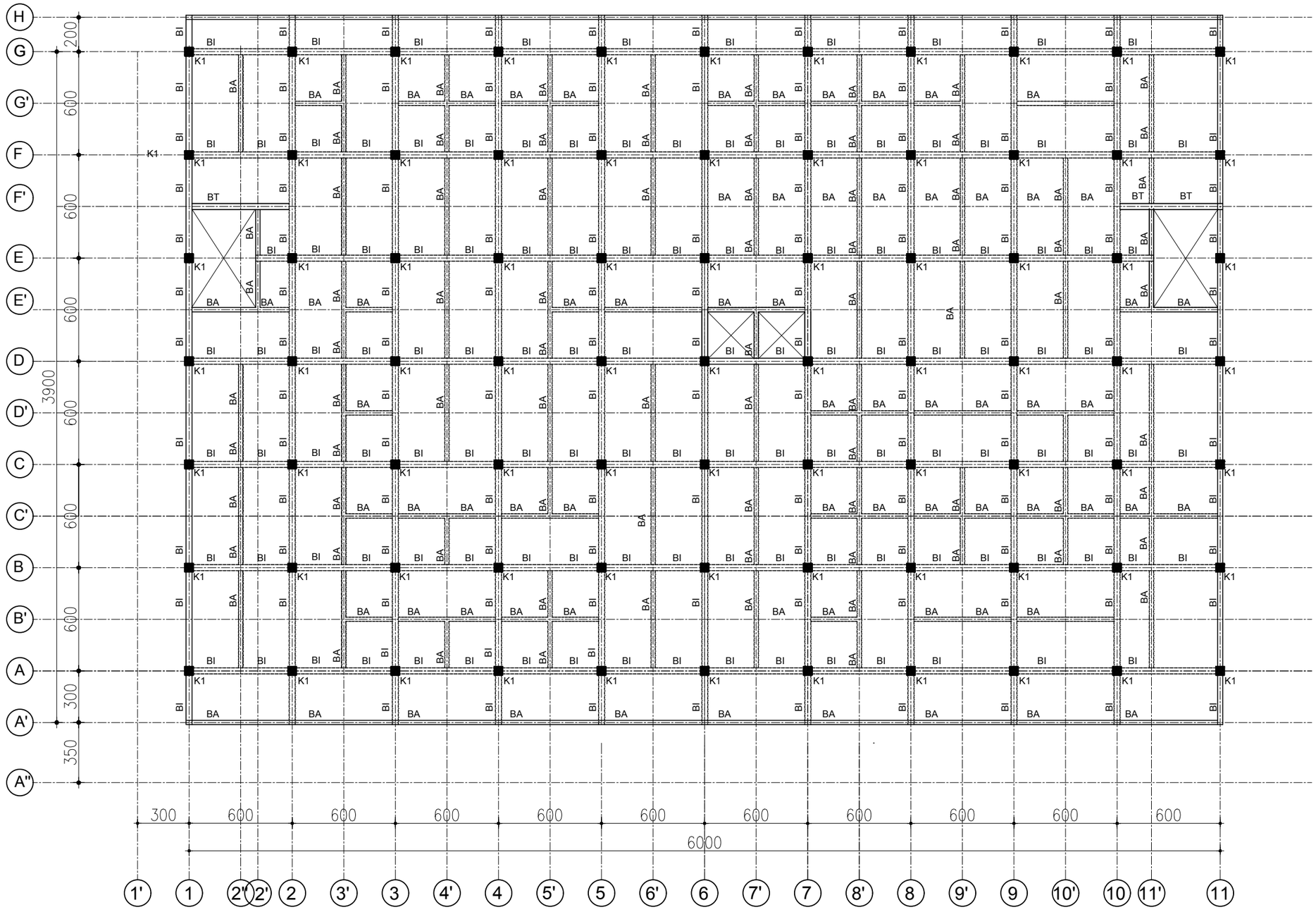
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH POER
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	14



DENAH BALOK LT.2

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

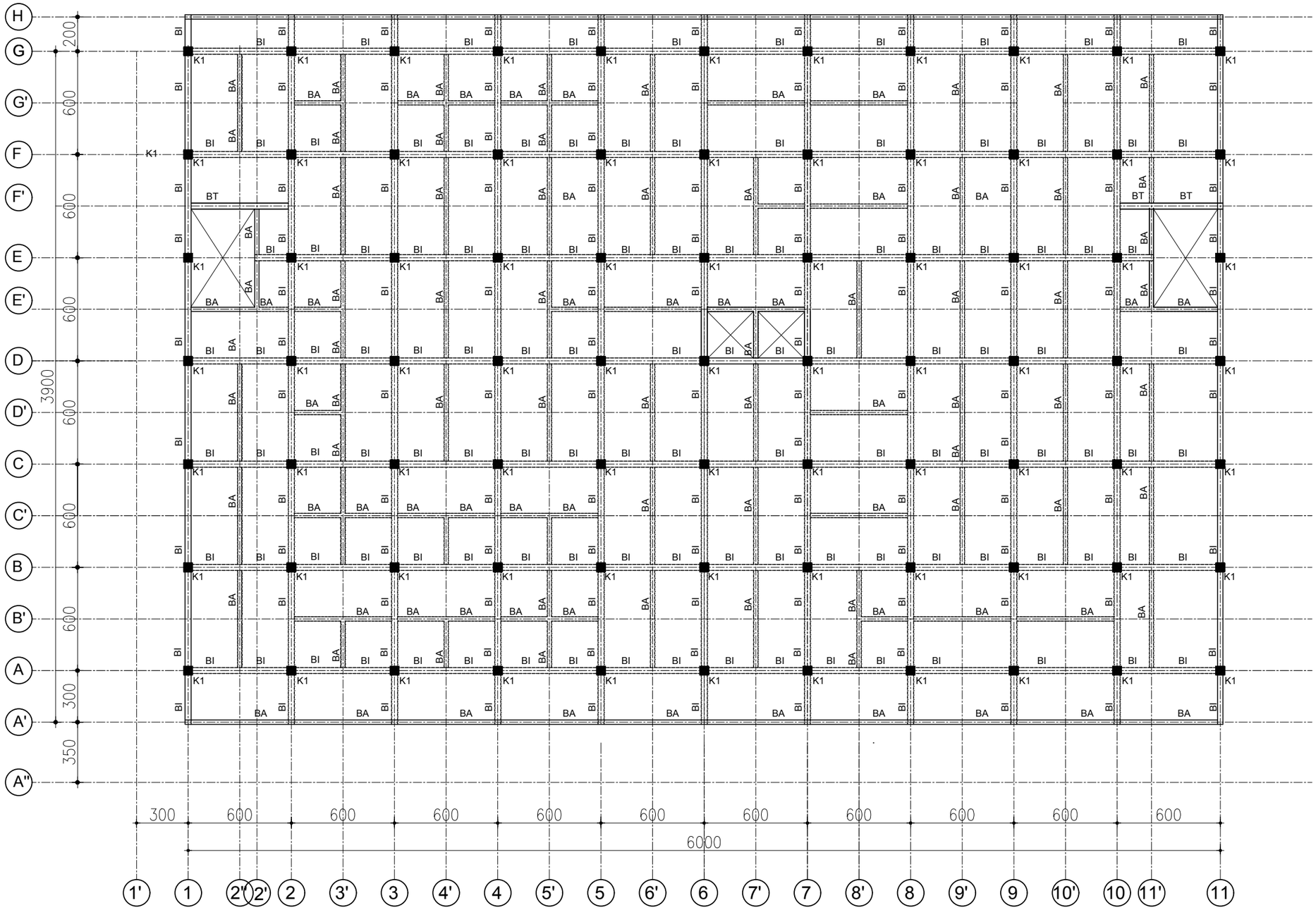
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LT. 2
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	15



DENAH BALOK LT.3

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

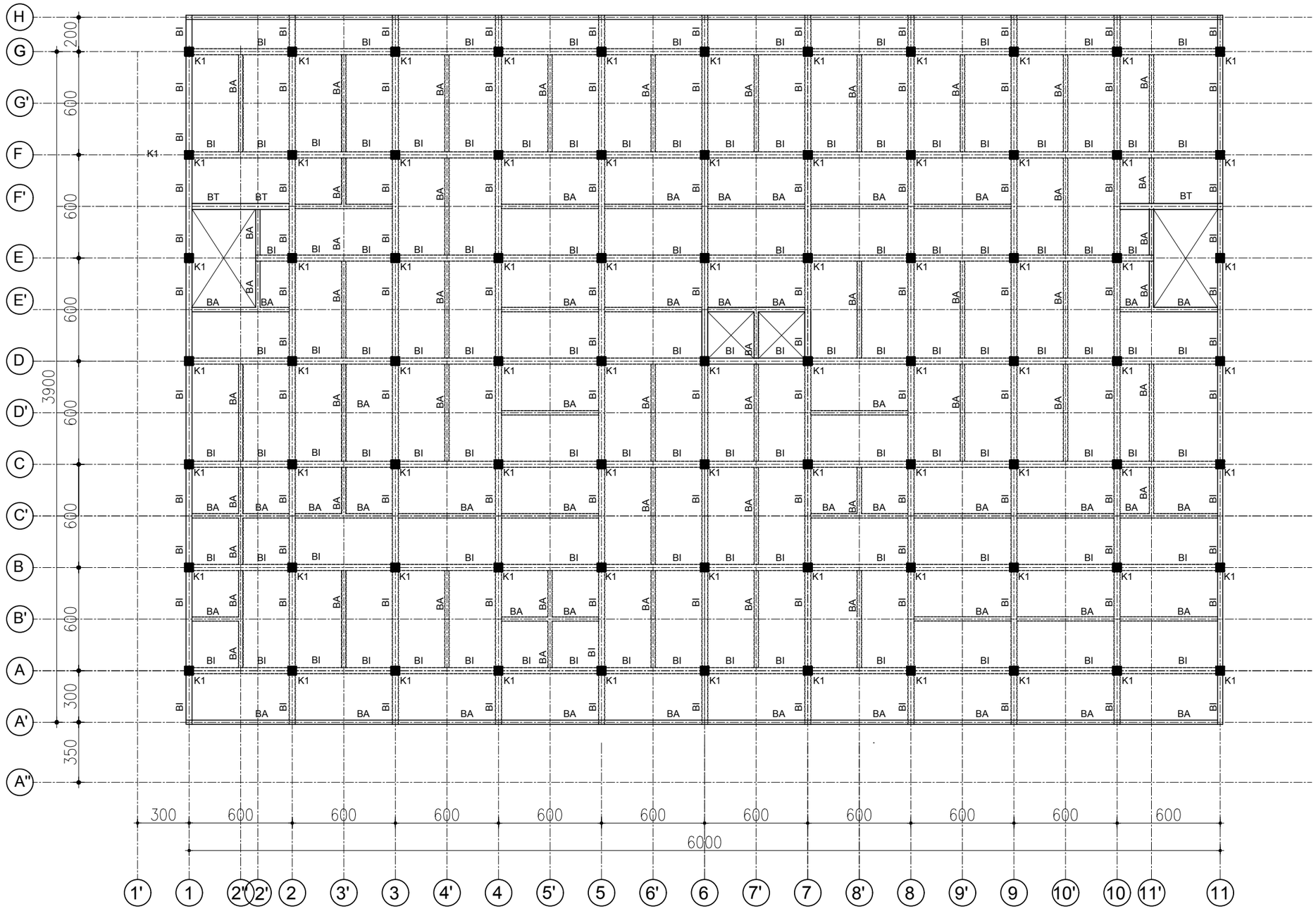
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH LT. 3
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	**16**



DENAH BALOK LT.4

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

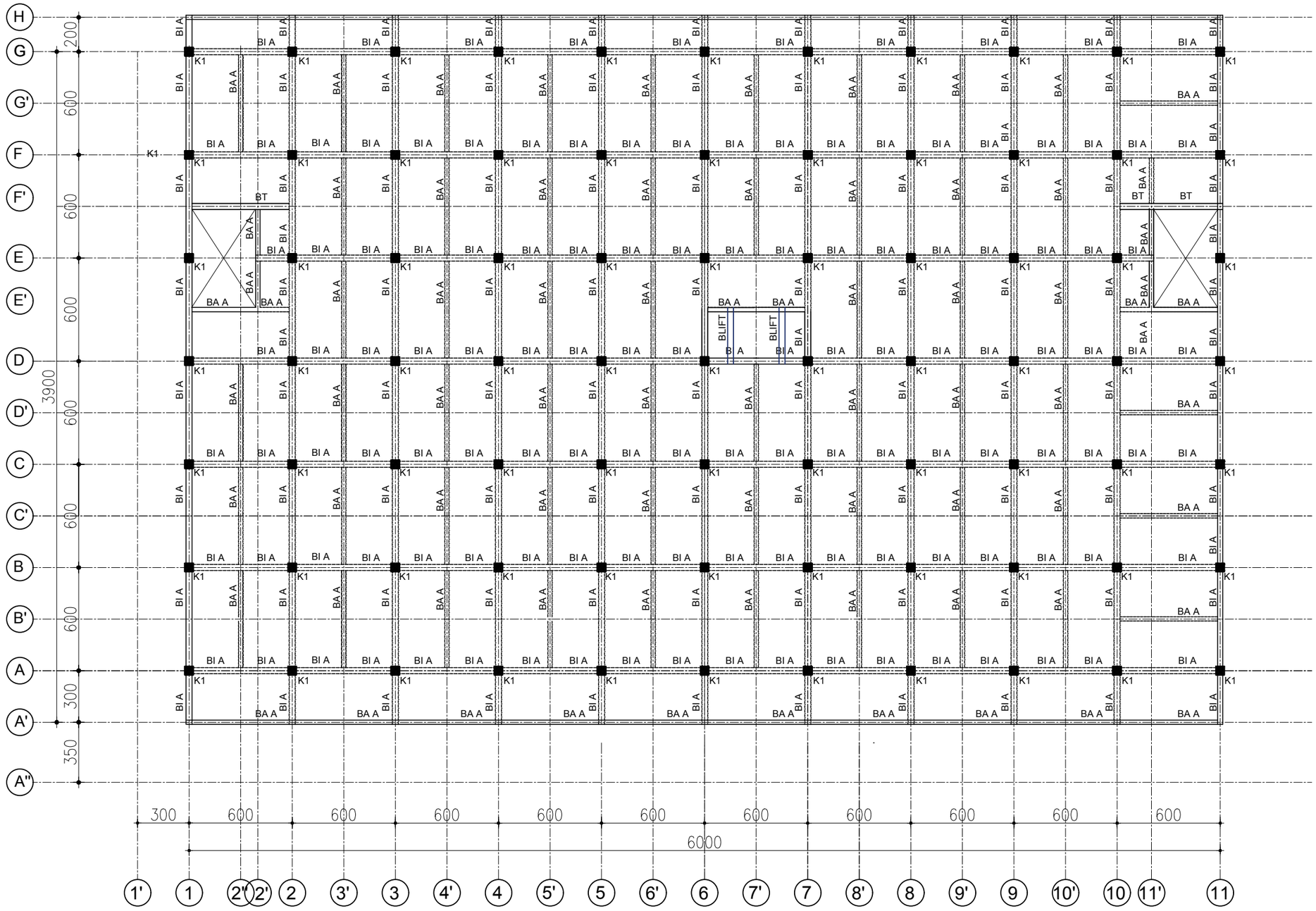
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LT. 4
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	17



DENAH BALOK ATAP

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

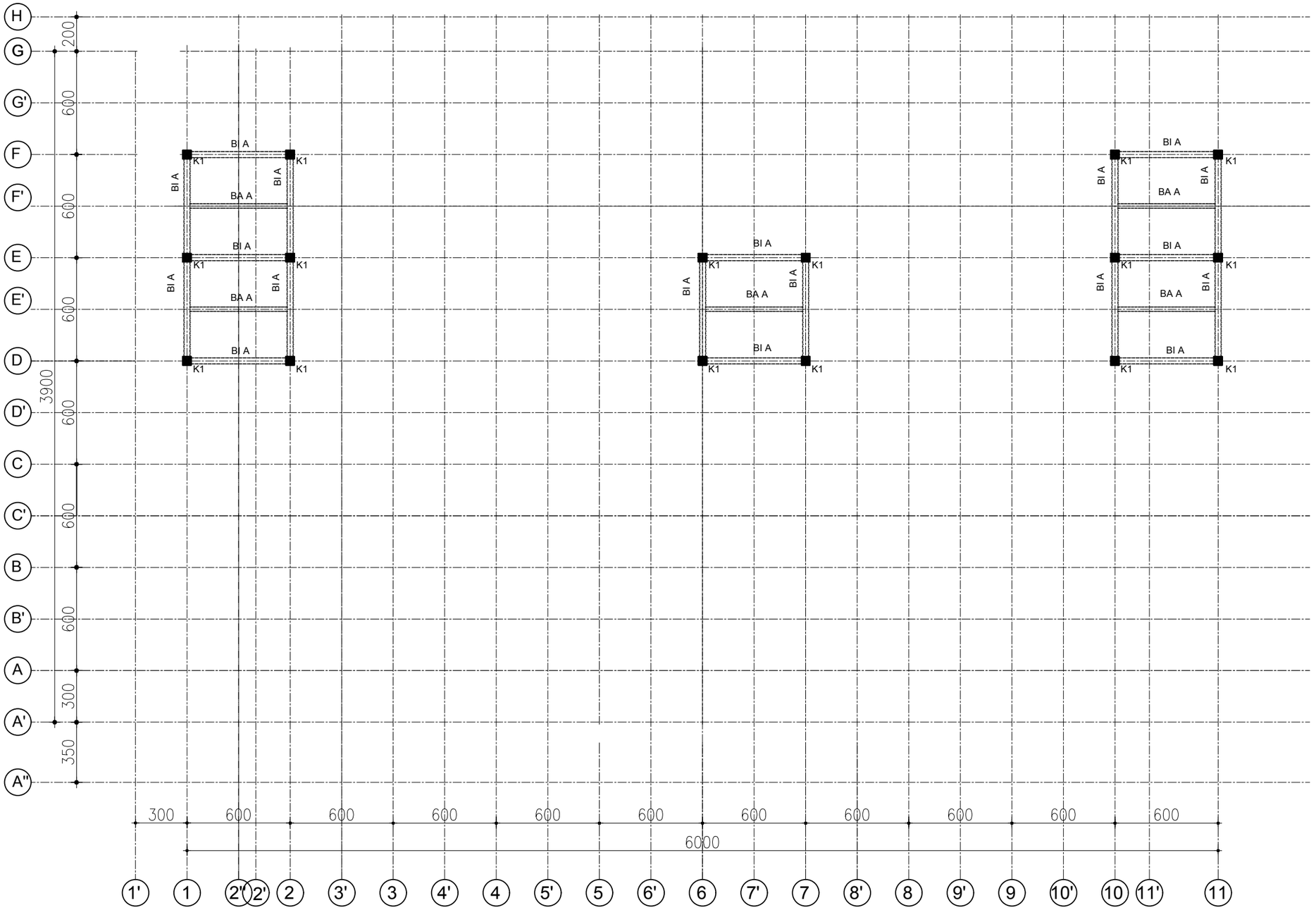
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LT. 5
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	18



DENAH BALOK ATAP TANGGA DAN LIFT (elv +20.8)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

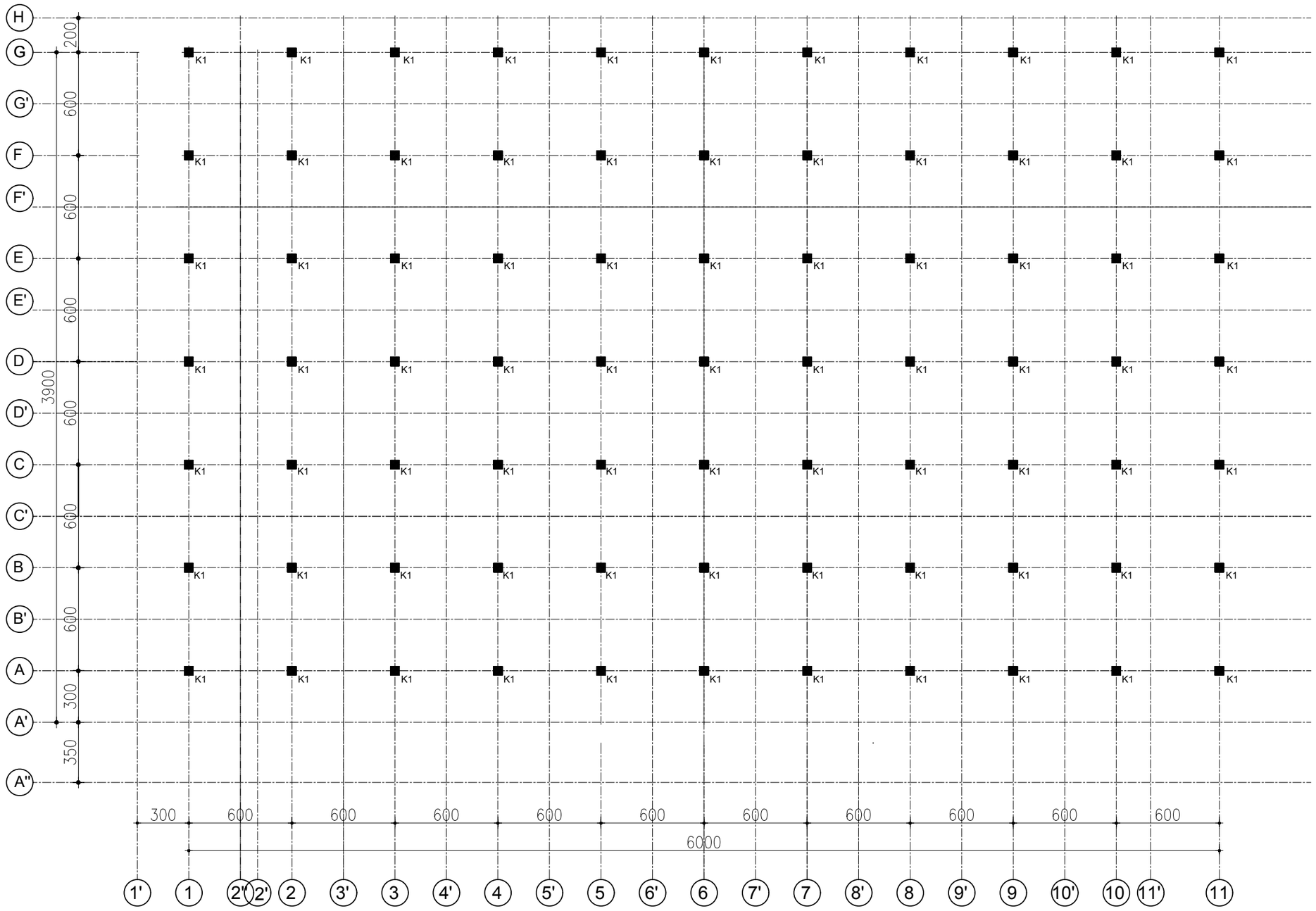
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	19



DENAH KOLOM LT.1-4 (elv. +0,+5.20,+10.4.+15.6)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

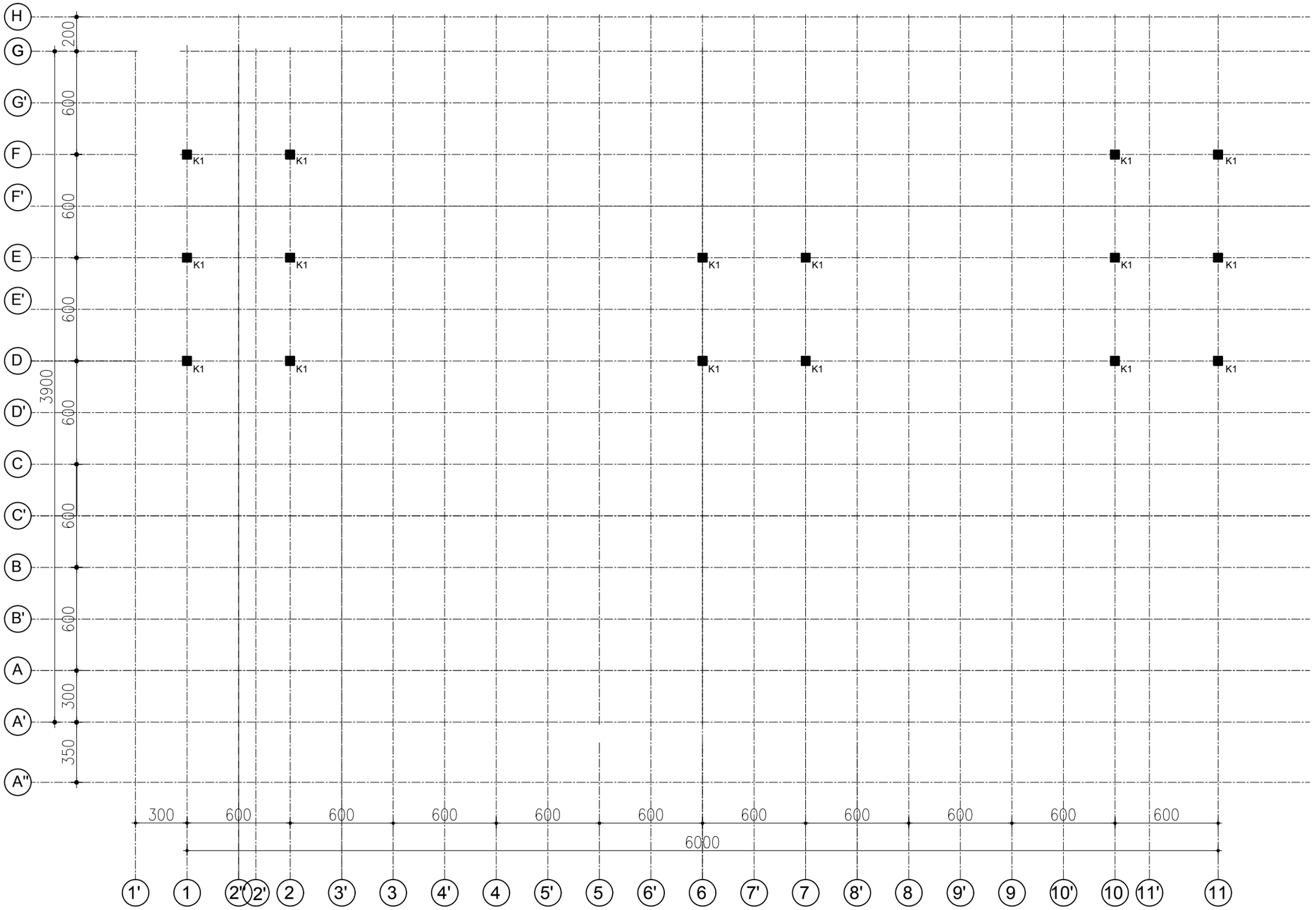
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. 1-4
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	20



DENAH KOLOM LT.ATAP (elv +20.8)

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

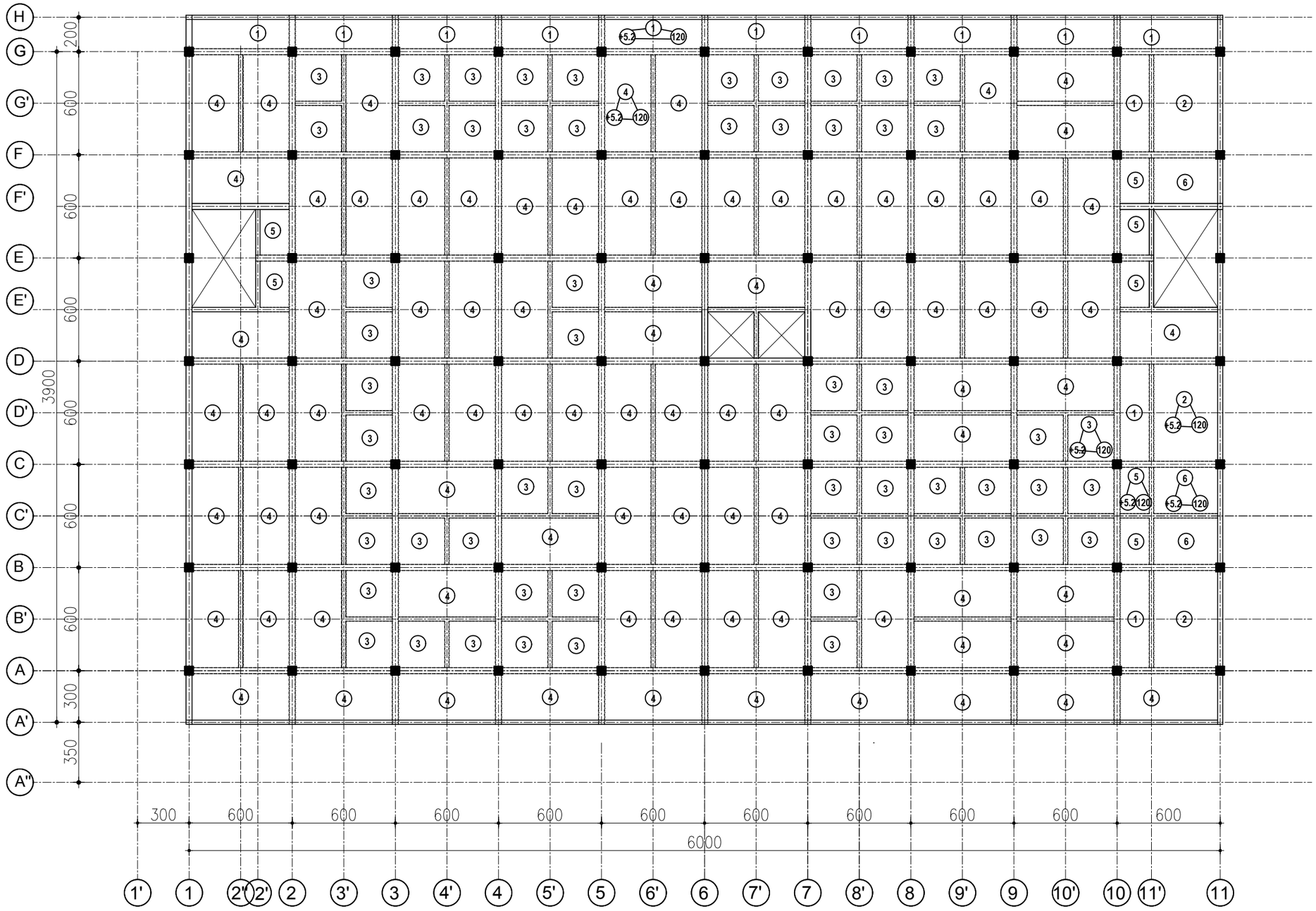
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LT. ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	21



DENAH LANTAI 2

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

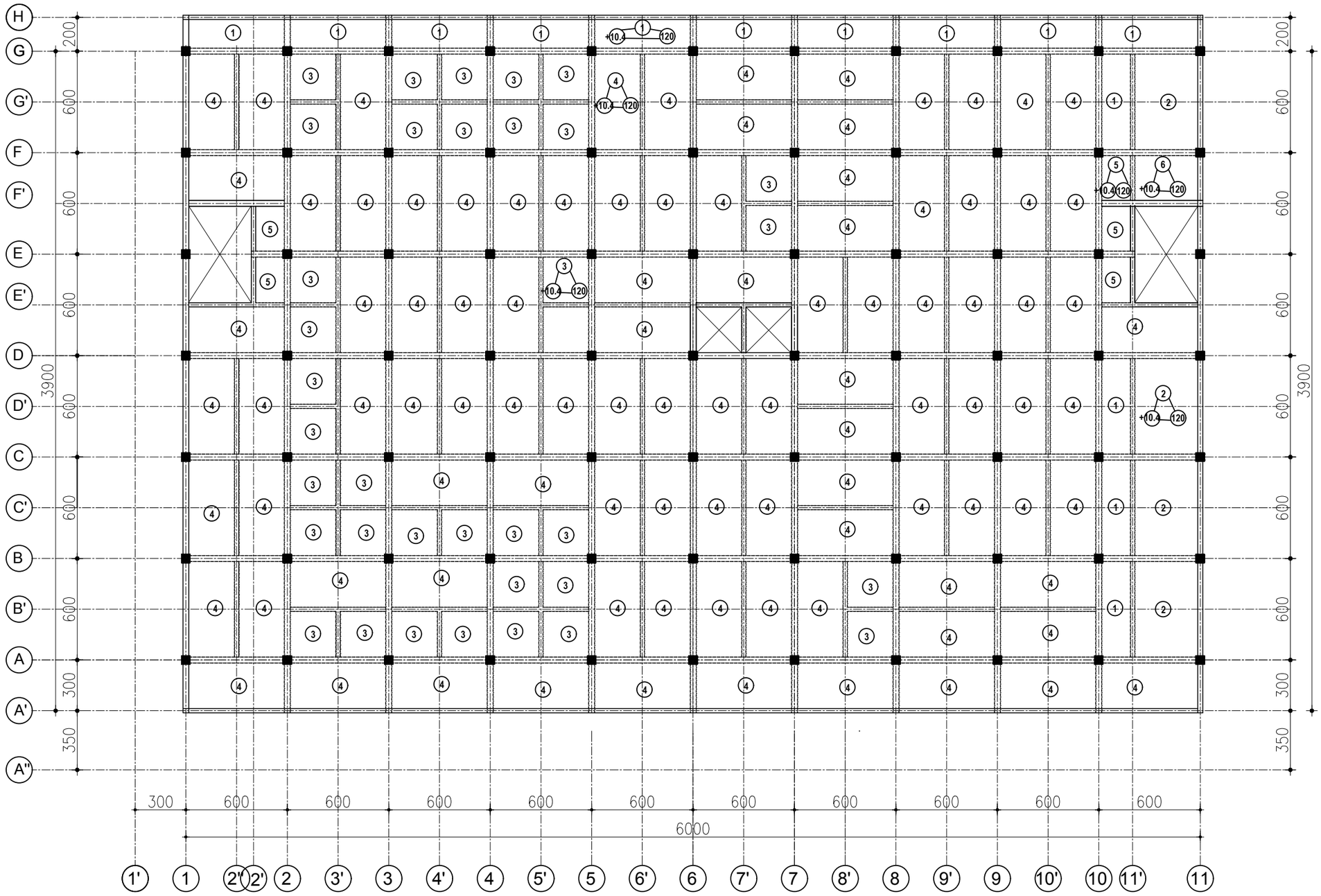
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	22



DENAH BALOK LT.3

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

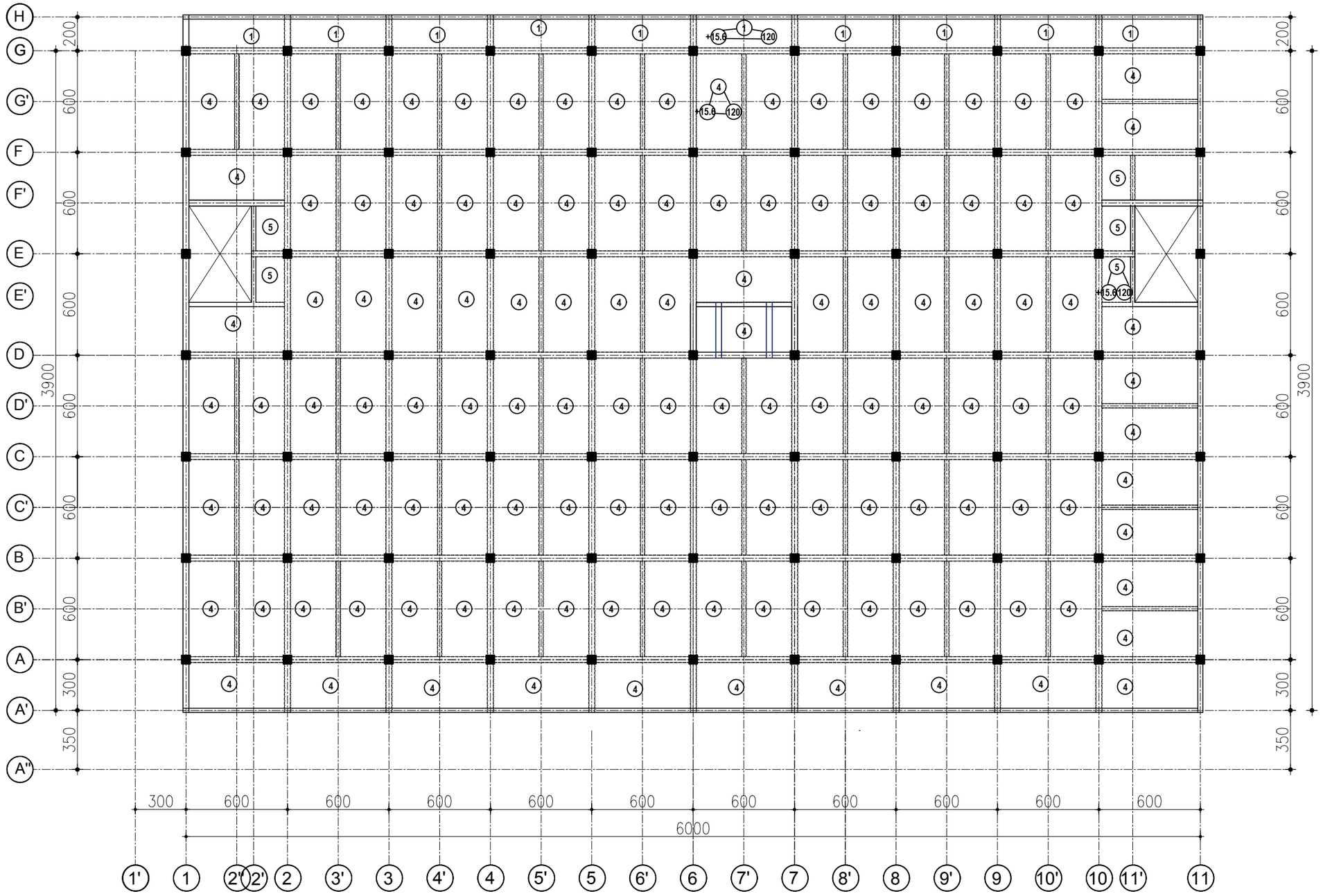
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 3
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	23



DENAH PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

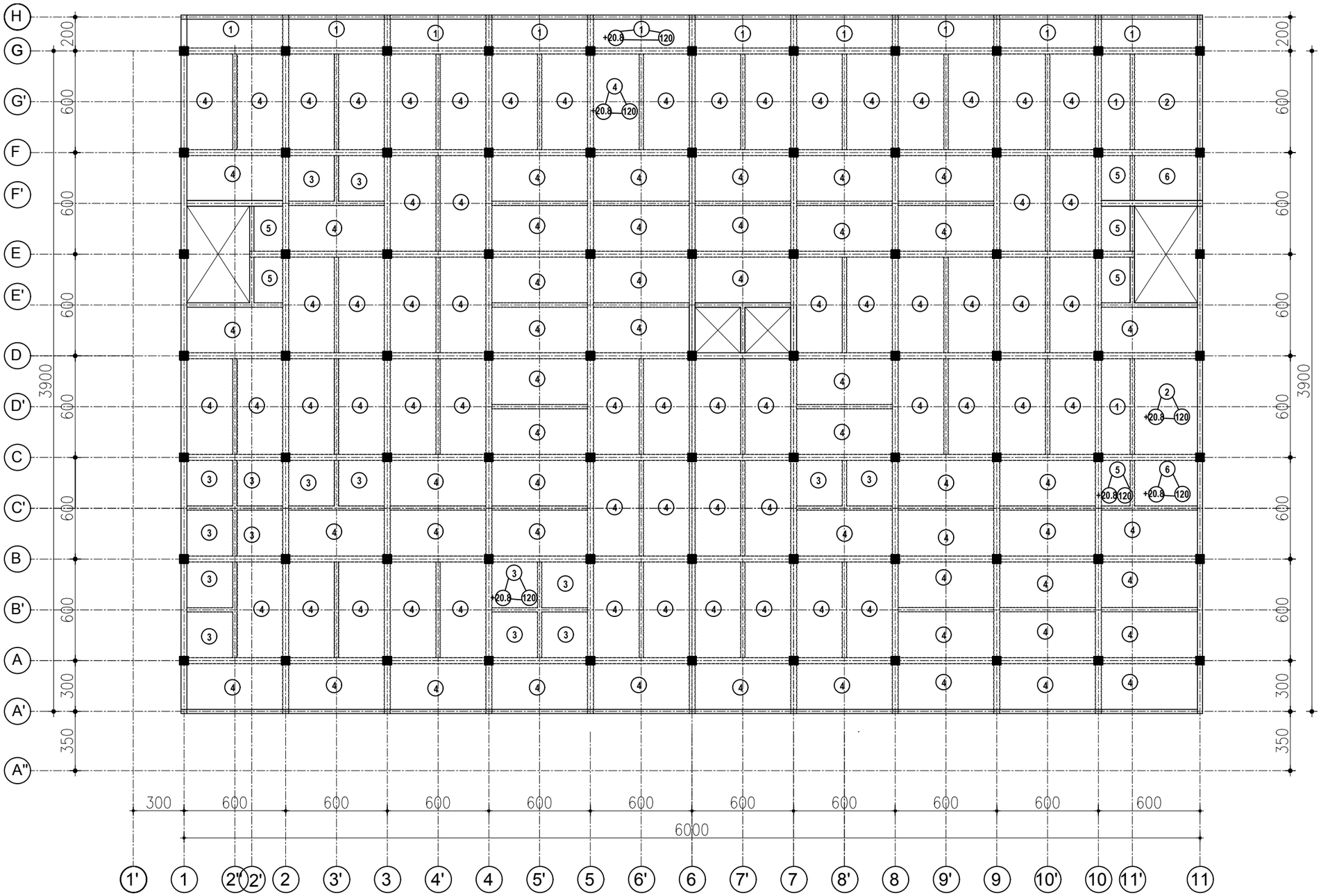
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN LANTAI 4
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	**24**



DENAH BALOK LT. 4

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

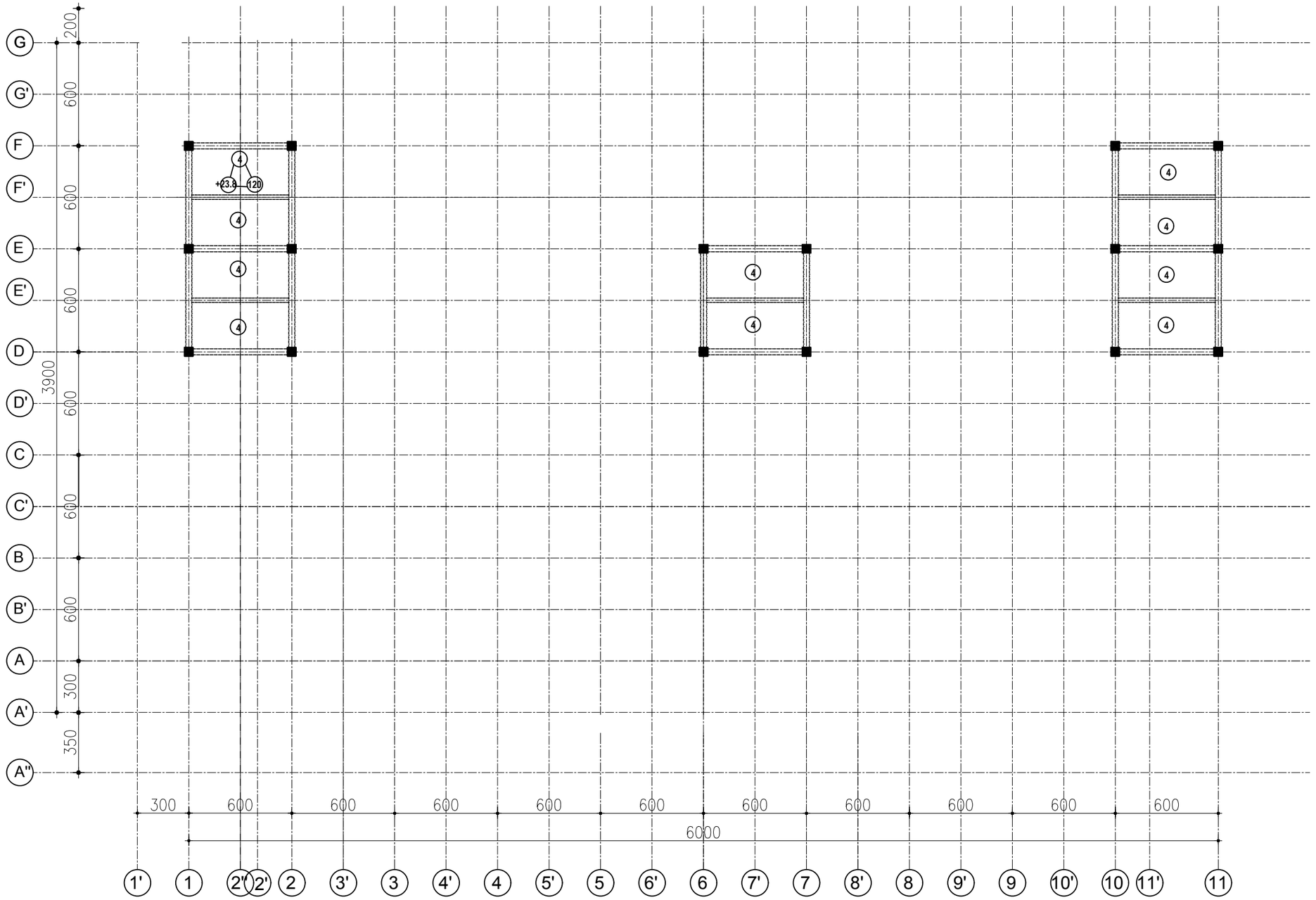
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN LANTAI ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	25



DENAH PELATTAP ATAP

SKALA 1 : 250

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

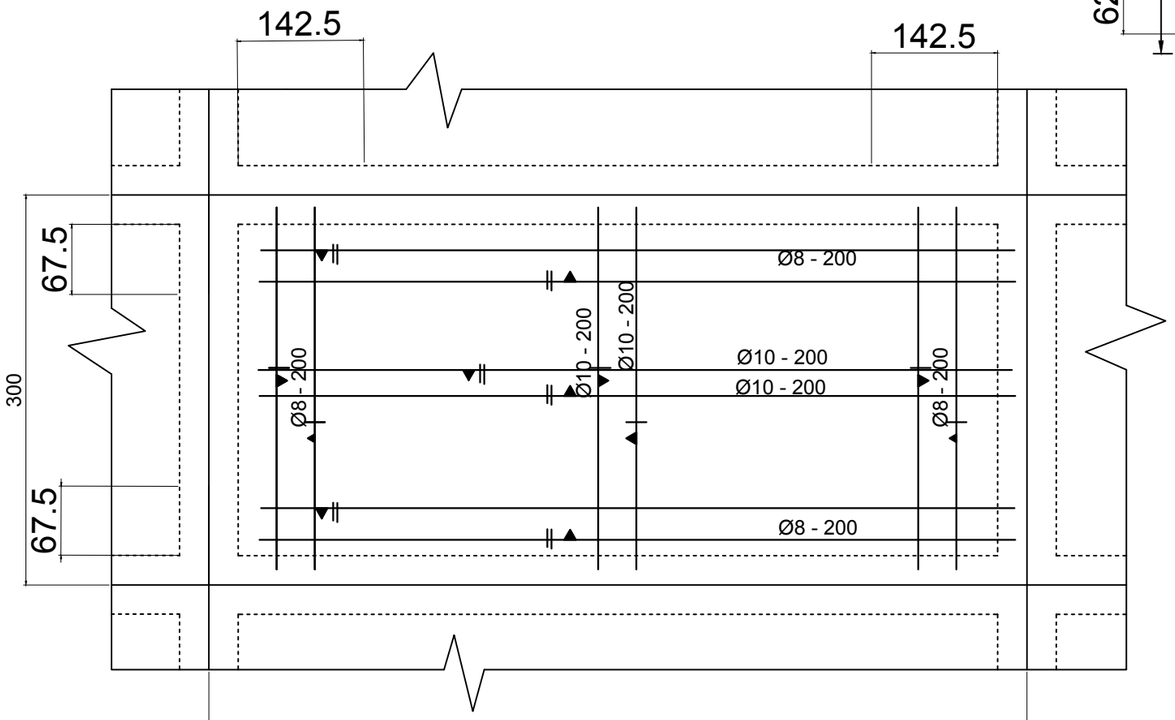
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

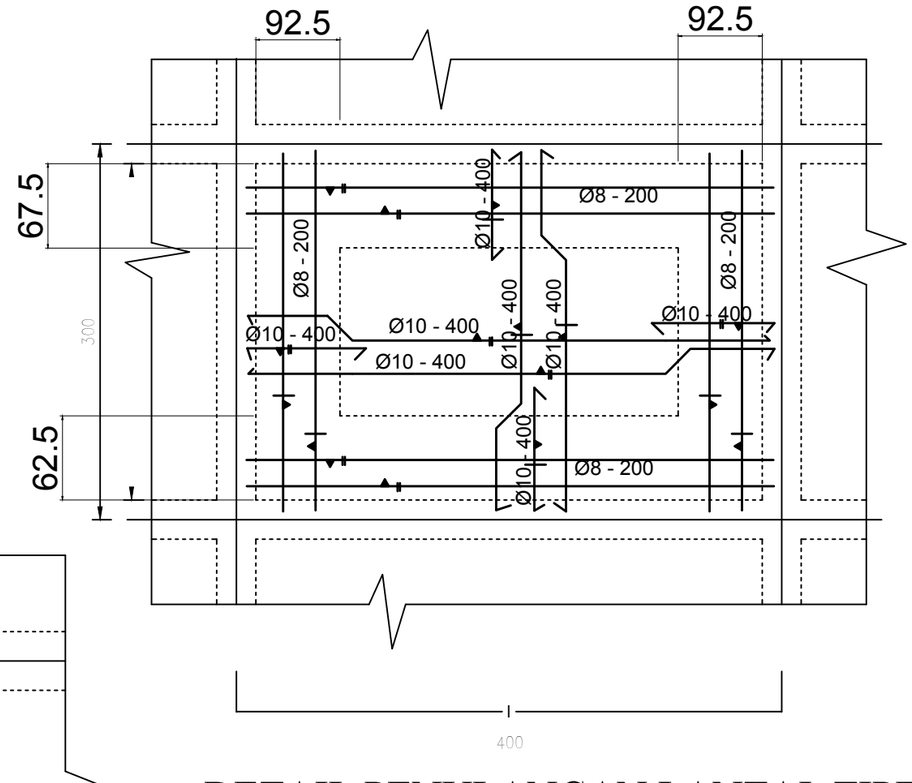
DENAH PENULANGAN LANTAI ATAP
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	**26**



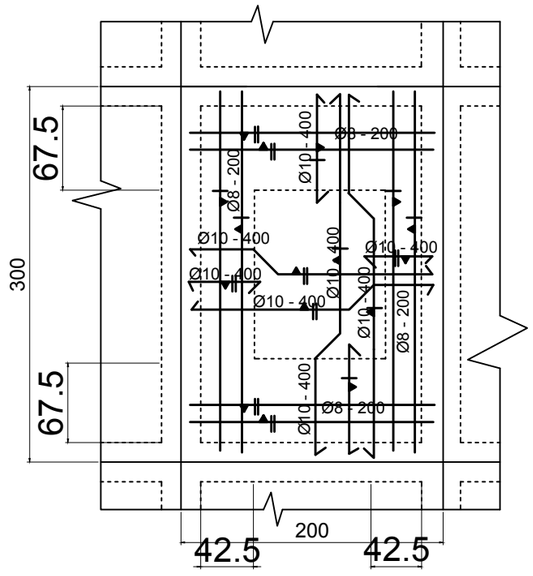
DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 4

SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 6

SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 5

SKALA 1 : 50

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

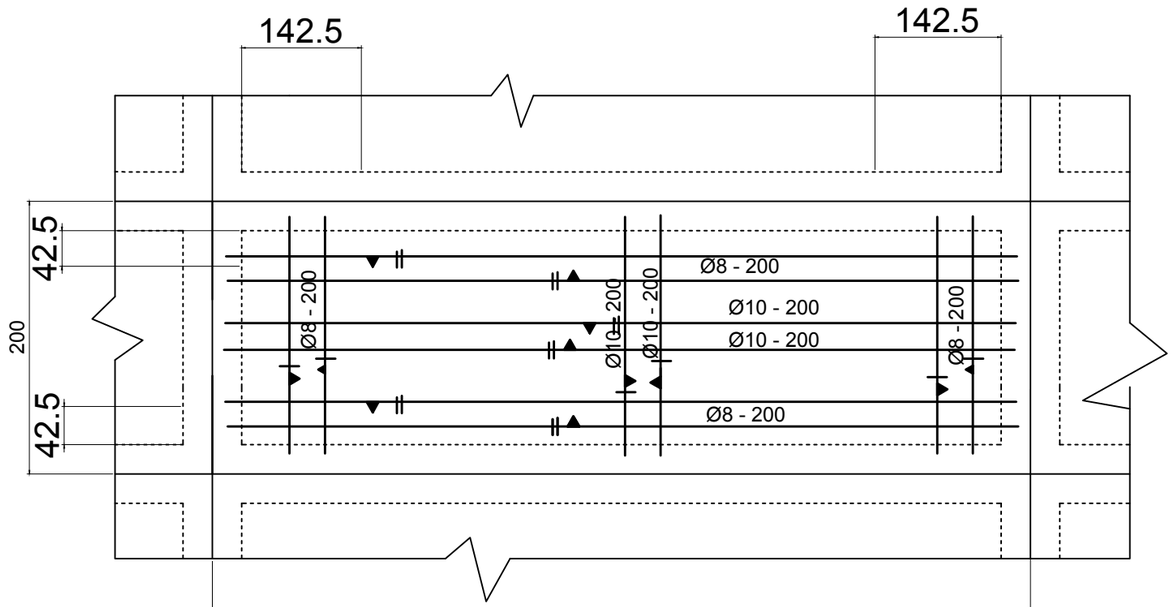
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
SKALA 1 : 50

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	27



DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 1

SKALA 1 : 50

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

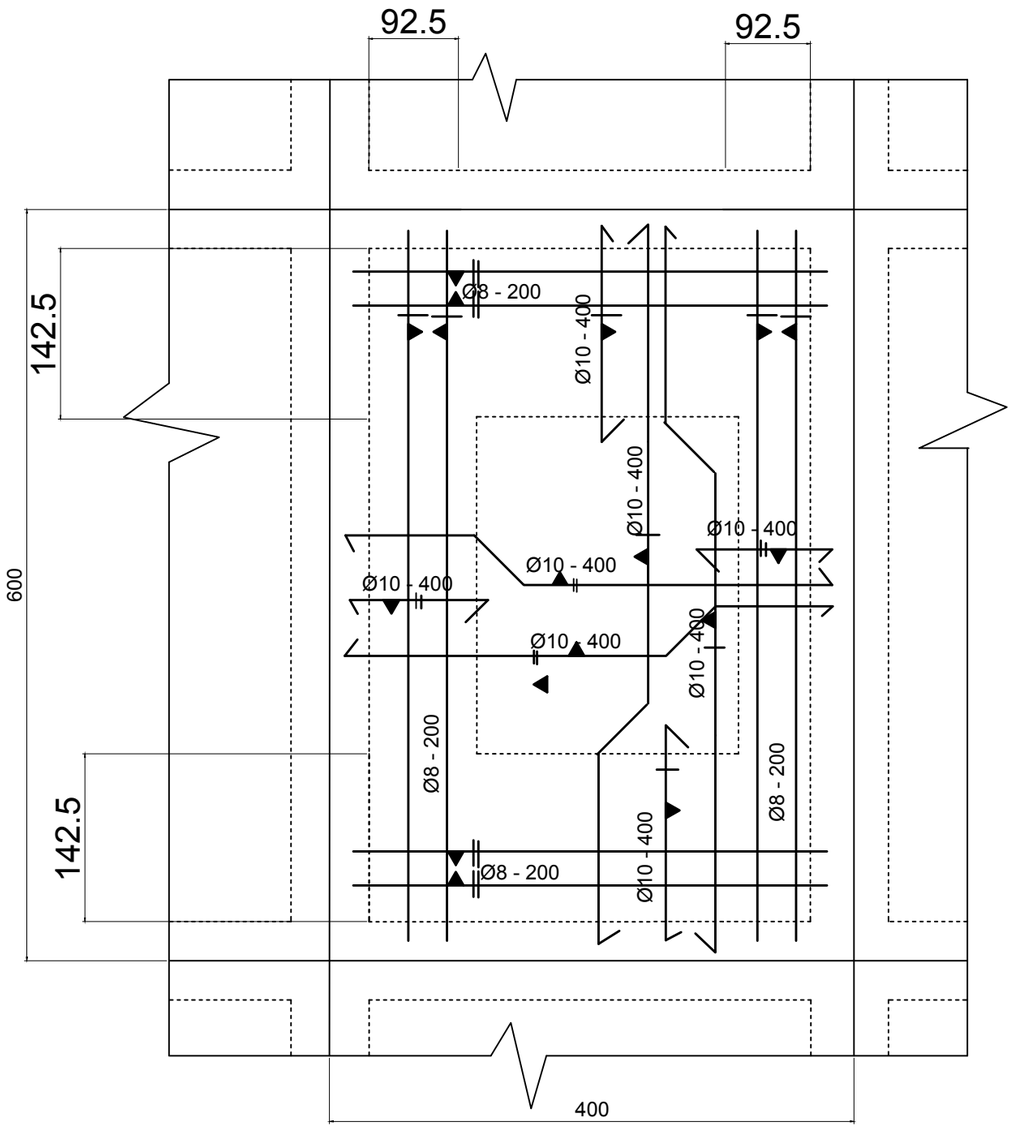
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

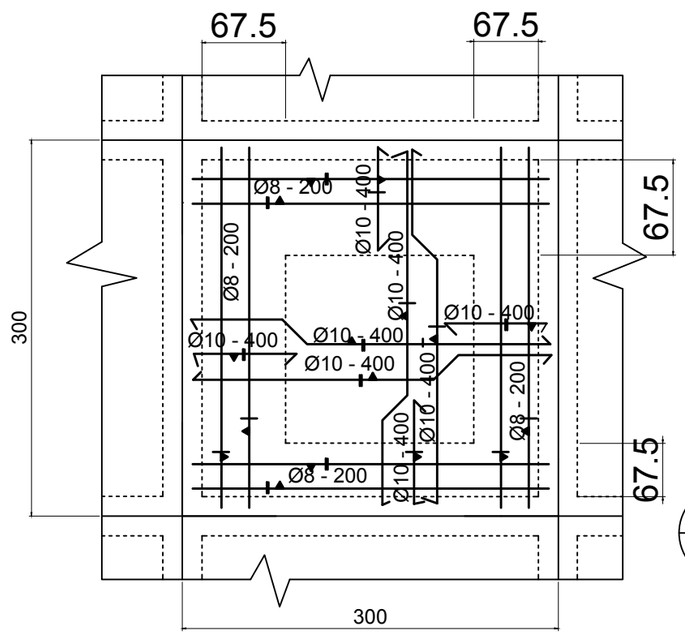
DETAIL PENULANGAN PELAT
SKALA 1 : 50

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	28



DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 2

SKALA 1 ° 50



DETAIL PENULANGAN LANTAI TIPE 3

SKALA 1 ° 50

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

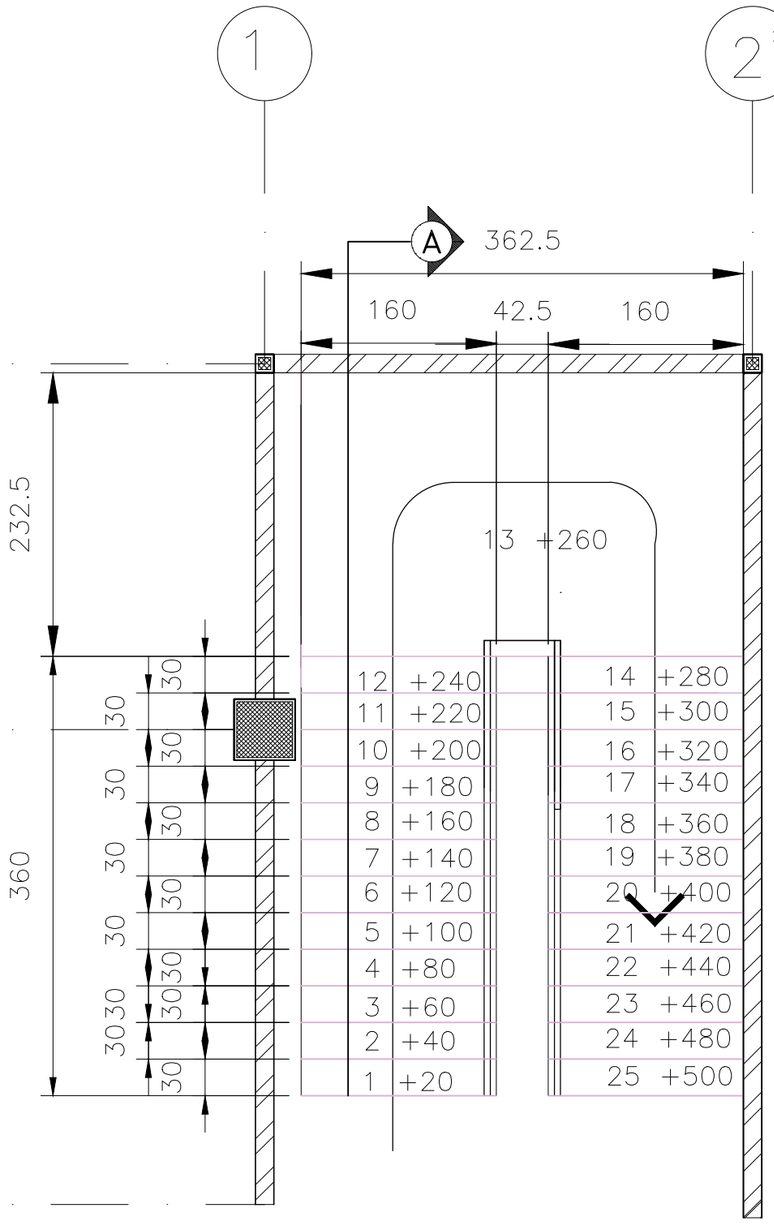
KETERANGAN

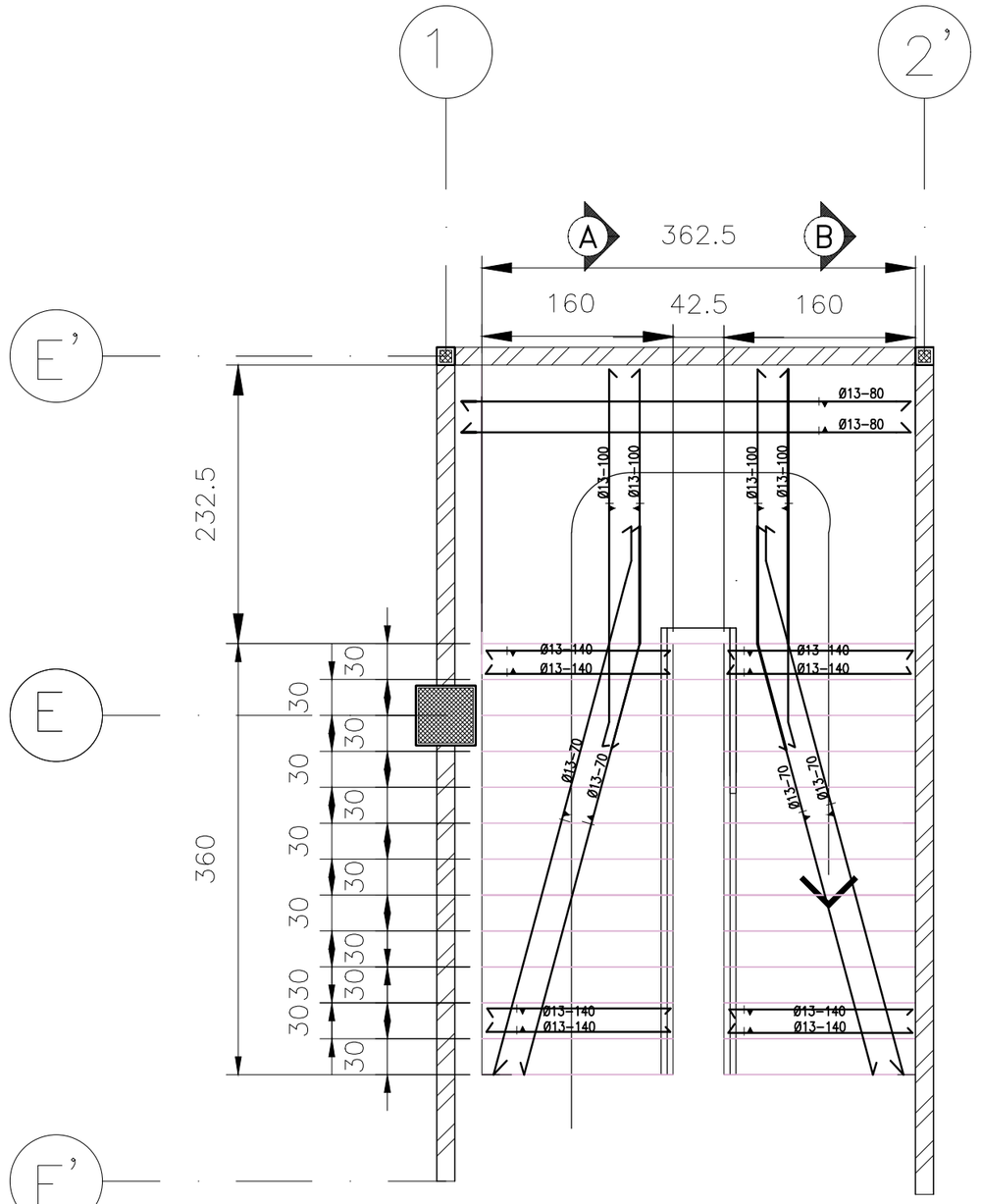
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
SKALA 1 : 50

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	29





DETAIL DAN PENULANGAN TANGGA

Skala 1 : 50

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

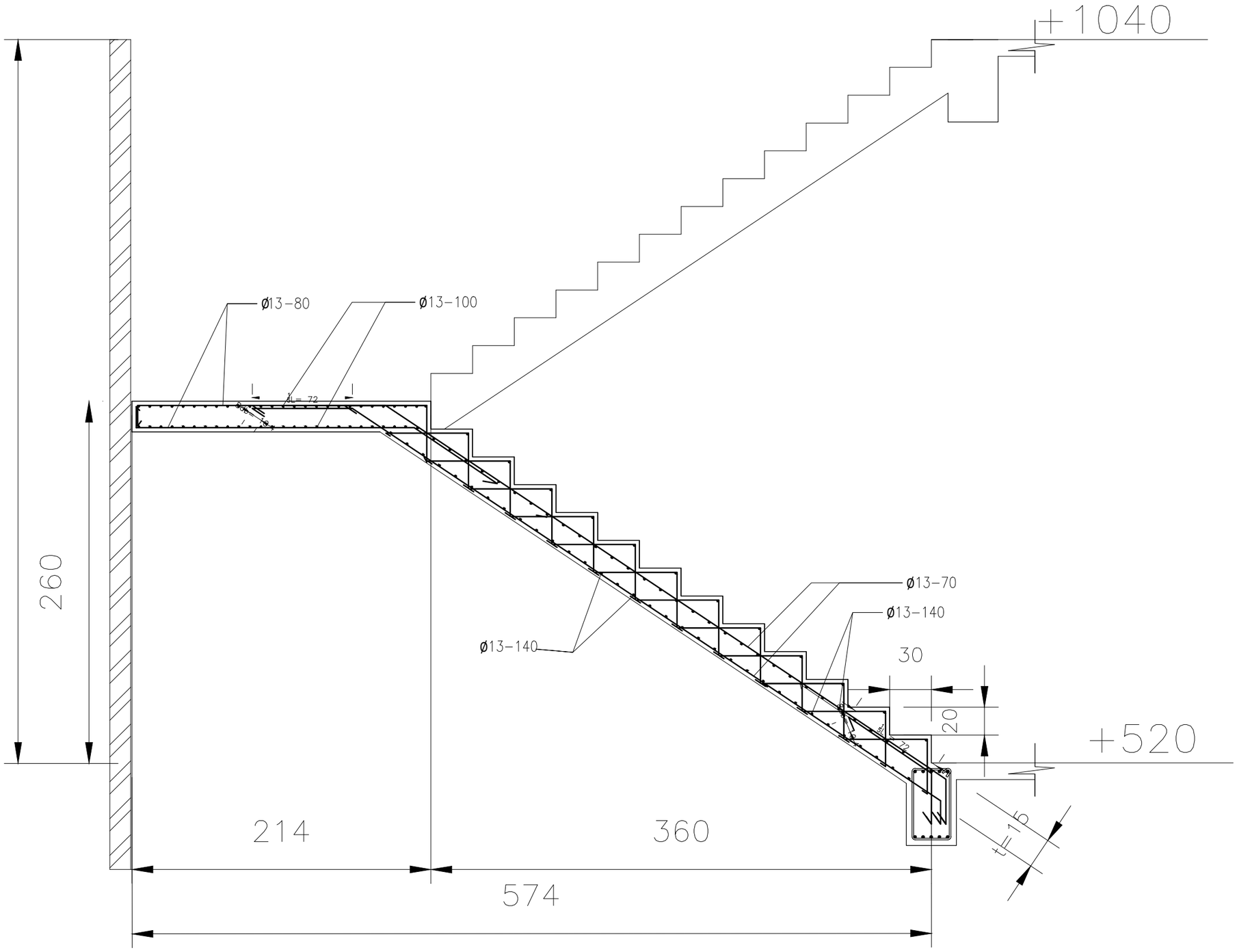
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL TANGGA
SKALA 1 : 50

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	30



DETAIL POTONGAN TANGGA LT. 2–3, 3–4, 4–5

Skala 1 : 30

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

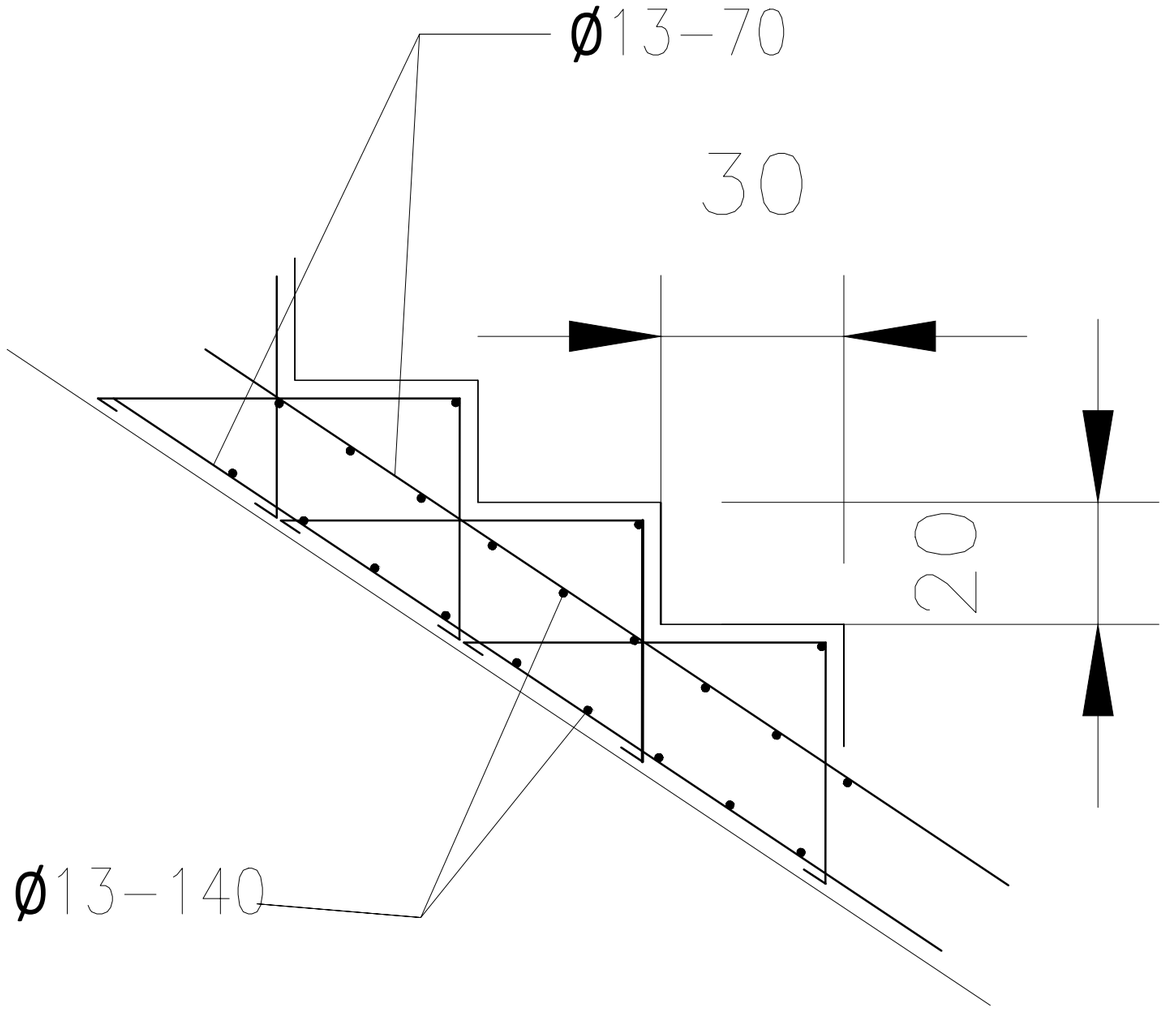
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL POTONGAN TANGGA A
SKALA 1 : 30

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	31



DETAIL Y

Skala 1 : 10

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

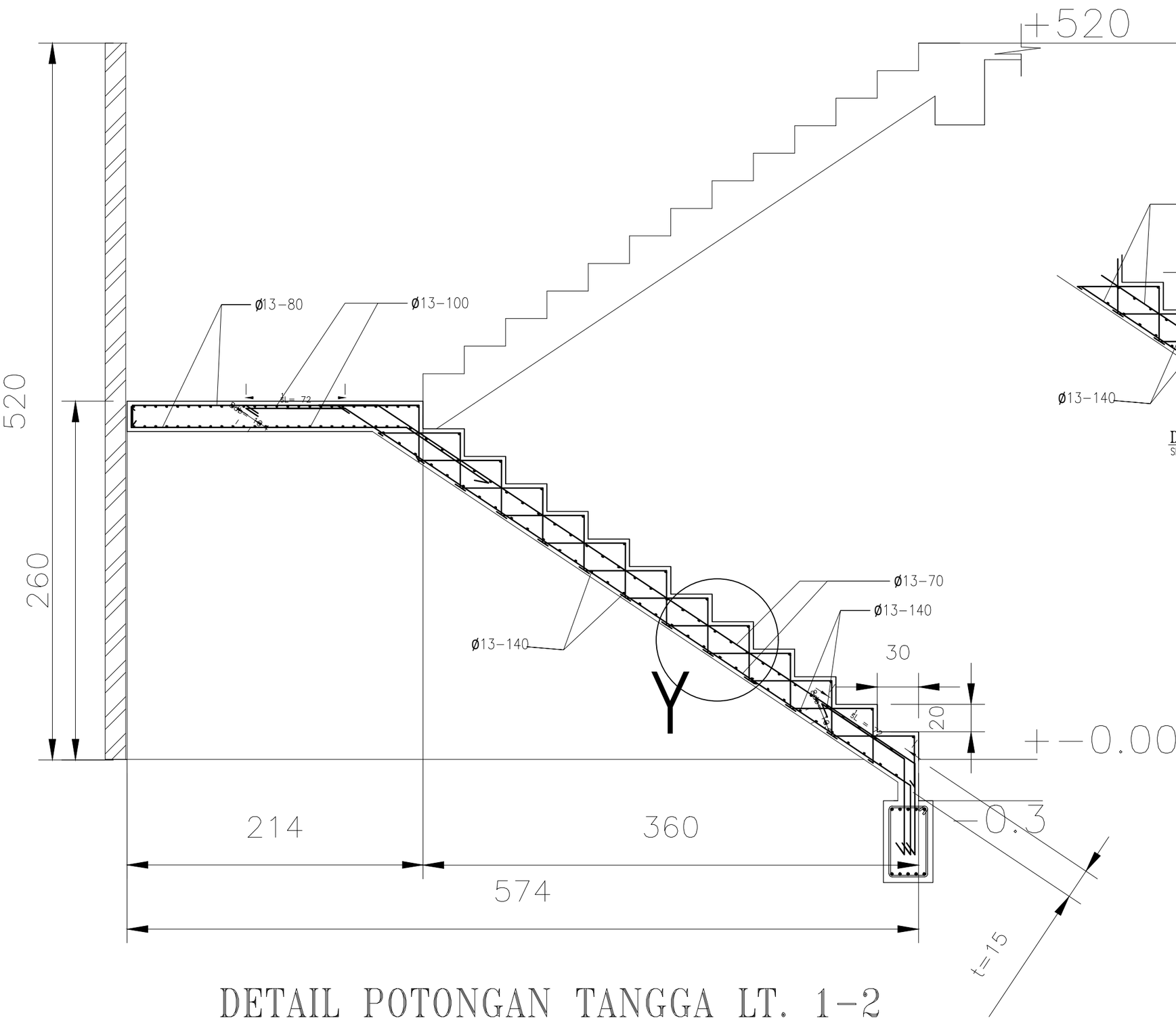
KETERANGAN

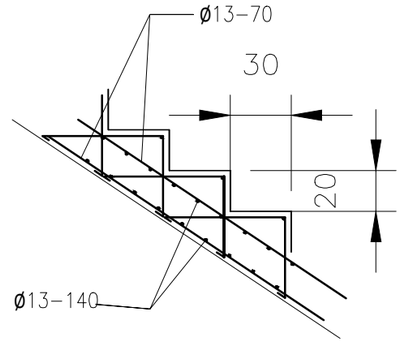
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL Y
POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 10

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	32





DETAIL Y
Skala 1 : 10

DETAIL POTONGAN TANGGA LT. 1–2
Skala 1 : 30

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

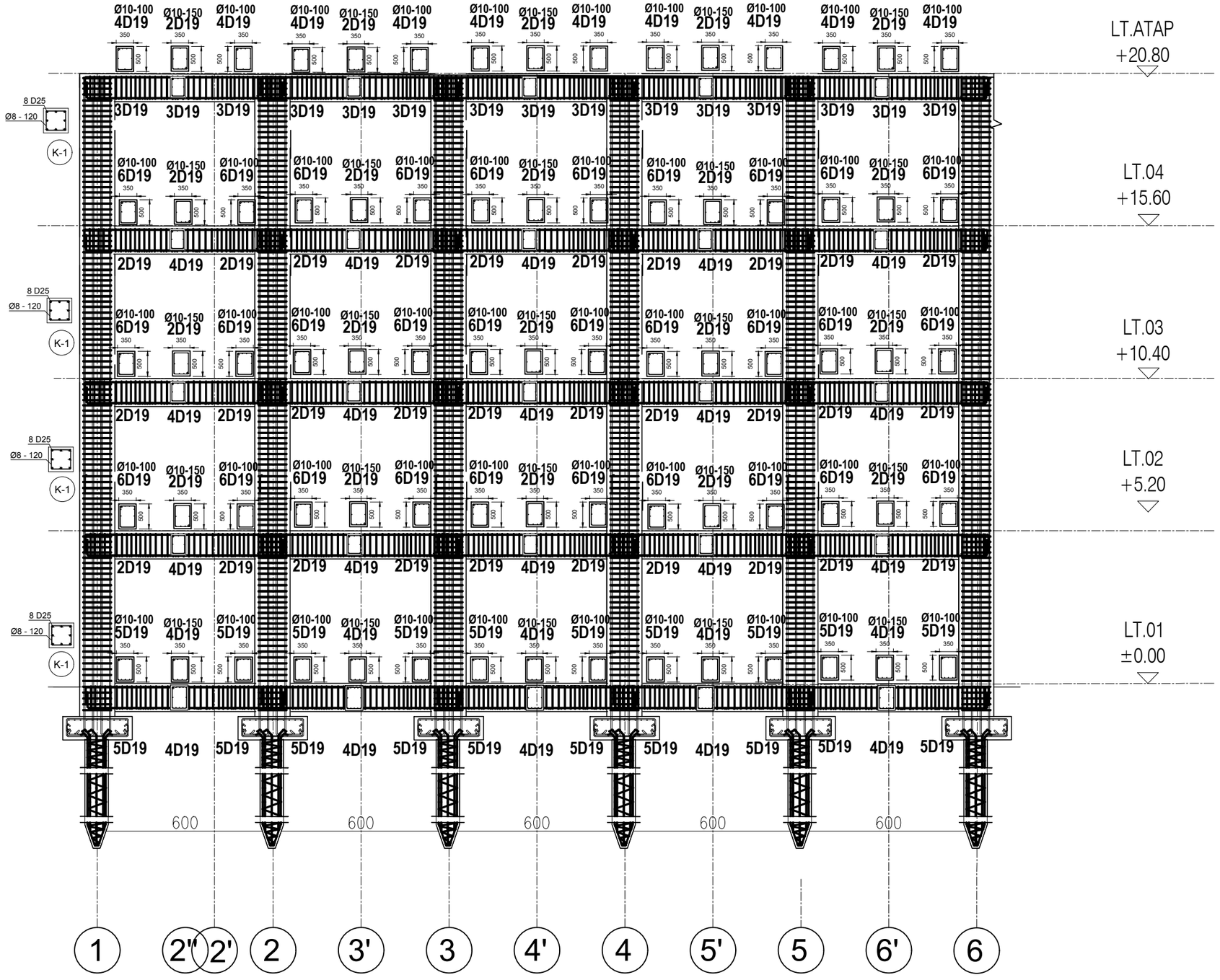
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL POTONGAN TANGGA B
SKALA 1 : 30

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	33



Portal As 1B-6B

SKALA 1 : 150

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

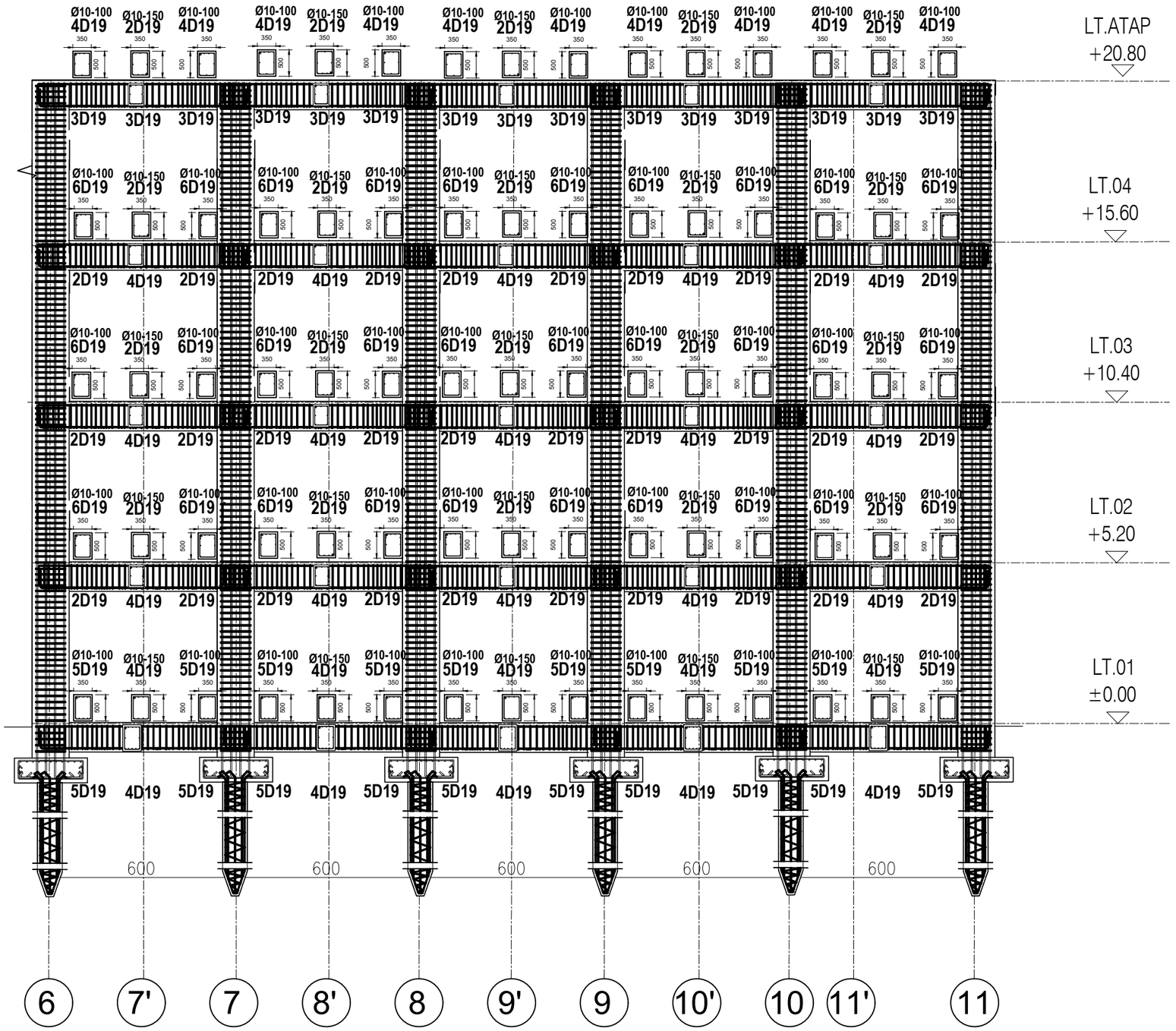
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Potongan 1B-11B
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	34



Portal As 6B-11B

SKALA 1 : 150

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

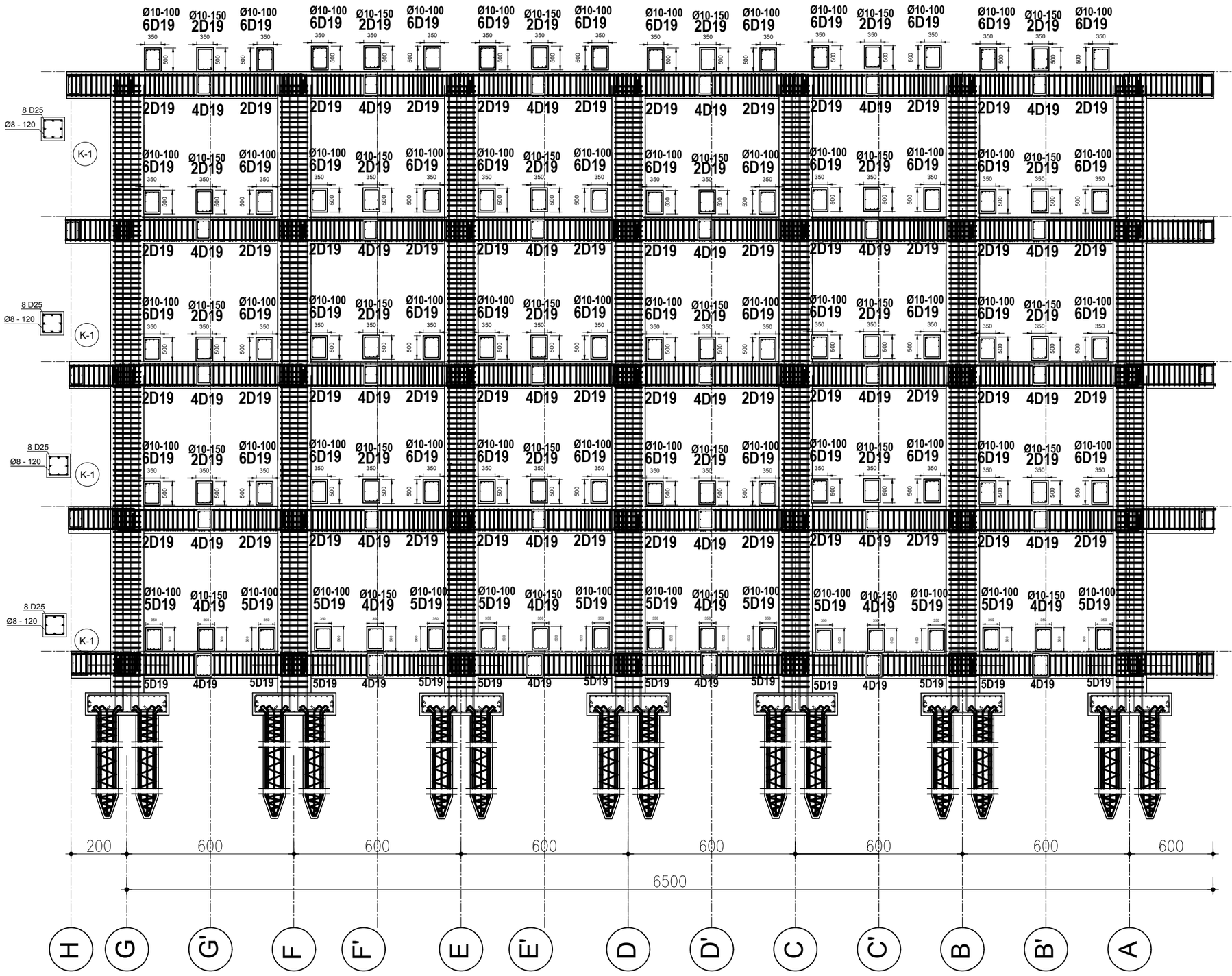
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

Potongan 1B-11B
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	35



Portal As 5A-5H

SKALA 1 : 150

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

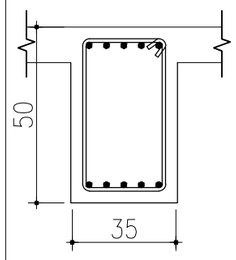
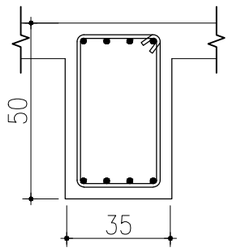
KETERANGAN

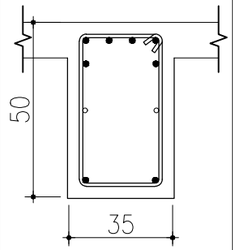
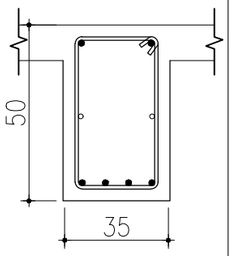
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

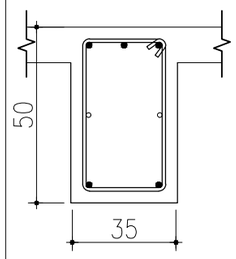
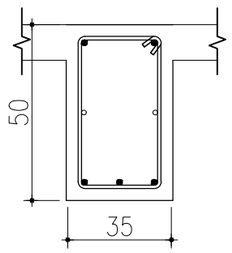
JUDUL GAMBAR

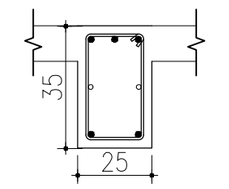
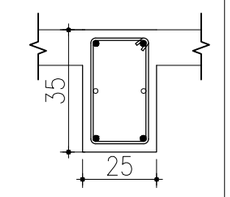
Portal AS 3A-3H
SKALA 1 : 250

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	36

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **SLOOF**		
TUL. ATAS	5D19	4D19
TUL. BAWAH	5D19	4D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	40	40

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **INDUK LT.2-4**		
TUL. ATAS	6D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	4D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **LIFT**		
TUL. ATAS	3D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	3D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

DIMENSI	25 x 35	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **ANAK LT.2-4**		
TUL. ATAS	3D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	2D19
SENGKANG	2Ø10-70	2Ø10-140
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

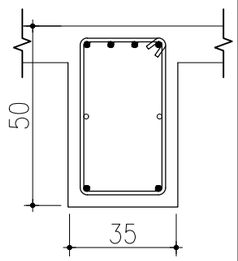
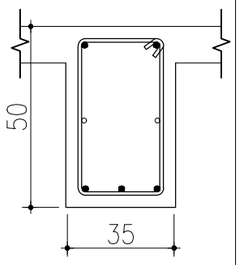
KETERANGAN

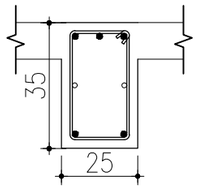
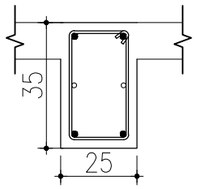
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN BALOK

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	37

DIMENSI	35 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **INDUK ATAP**		
TUL. ATAS	4D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	3D19
SENGKANG	2Ø10-100	2Ø10-150
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

DIMENSI	25 x 35	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK **ANAK ATAP**		
TUL. ATAS	3D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	2D19
SENGKANG	2Ø10-70	2Ø10-140
TUL. PEMINGGANG	2Ø16	2Ø16
SELIMUT BETON	40	40

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

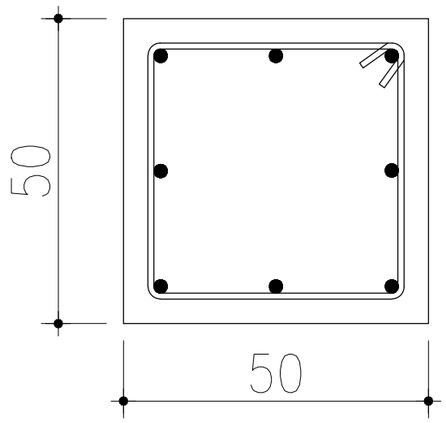
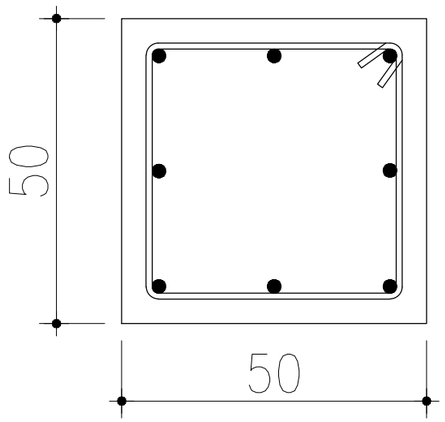
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULANGAN BALOK

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	38

DIMENSI	50 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM **K1**		
TUL. UTAMA	8D25	8D25
SENGKANG	Ø8-120	Ø8-120
SELIMUT BETON	40	40

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

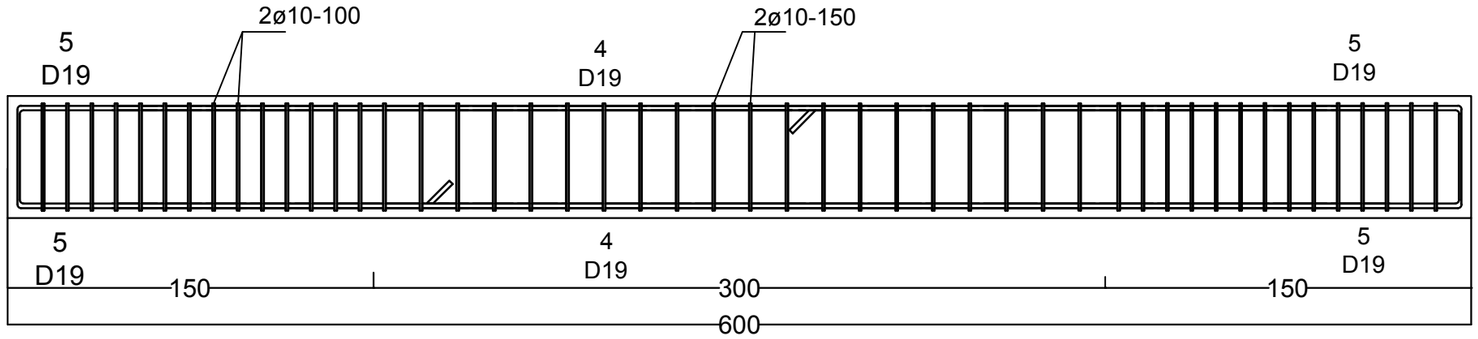
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

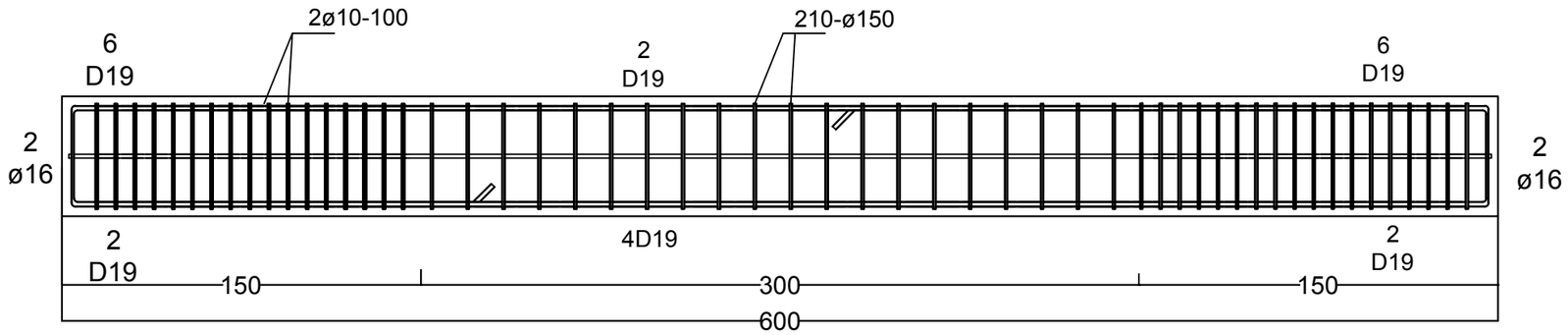
TABEL PENULANGAN KOLOM

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	39



BALOK SLOOF

SKALA 1 : 30



BALOK INDUK

SKALA 1 : 30

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

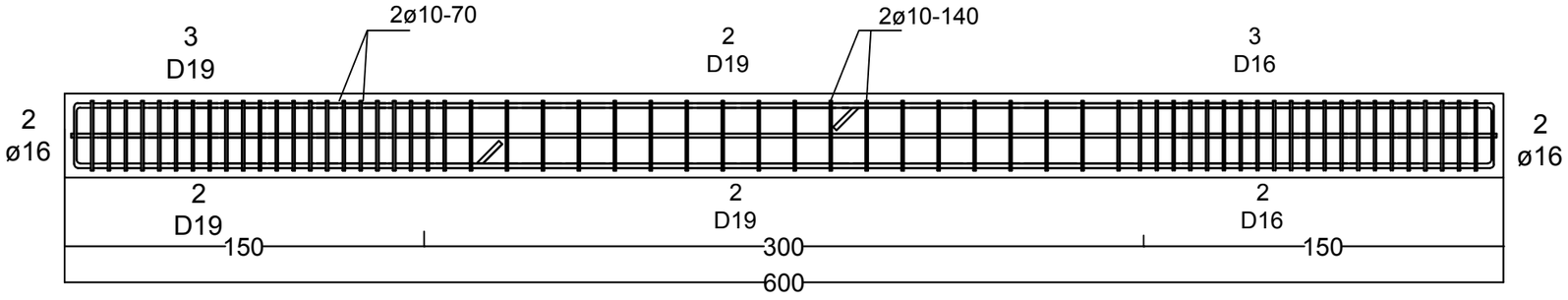
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

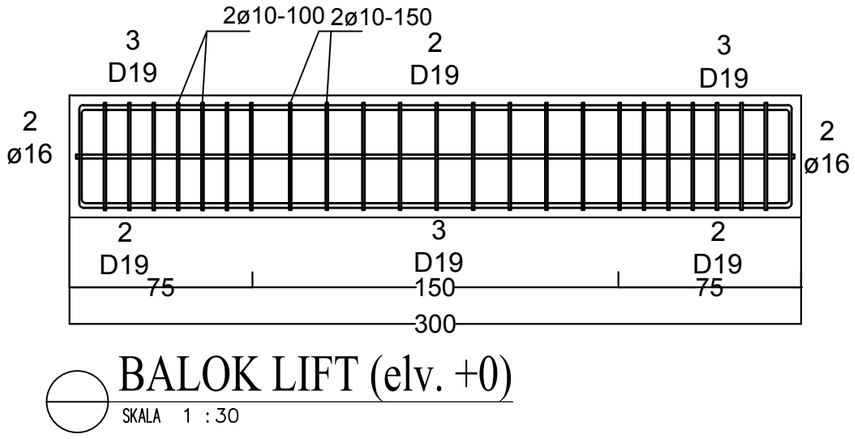
DETAIL POTONGAN BALOK
SLOOF DAN INDUK
SKALA 1 : 30

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	40



BALOK ANAK (elv. +0)

SKALA 1 : 30



BALOK LIFT (elv. +0)

SKALA 1 : 30

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

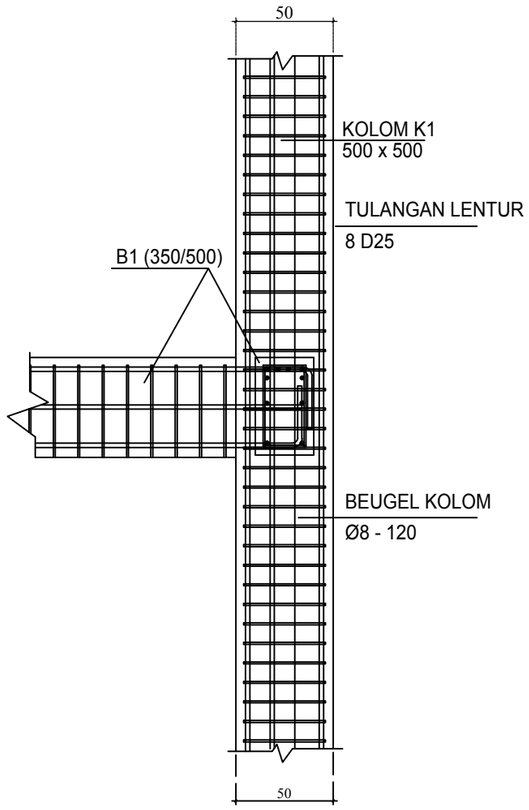
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

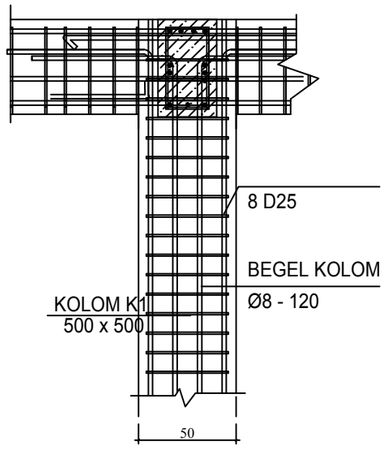
DETAIL POTONGAN BALOK
ANAK DAN LIFT
SKALA 1 : 30

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	41



DETAIL PORTAL AS 10 - E

Skala 1 : 30



Ⓑ

DETAIL K

Skala 1 : 30

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

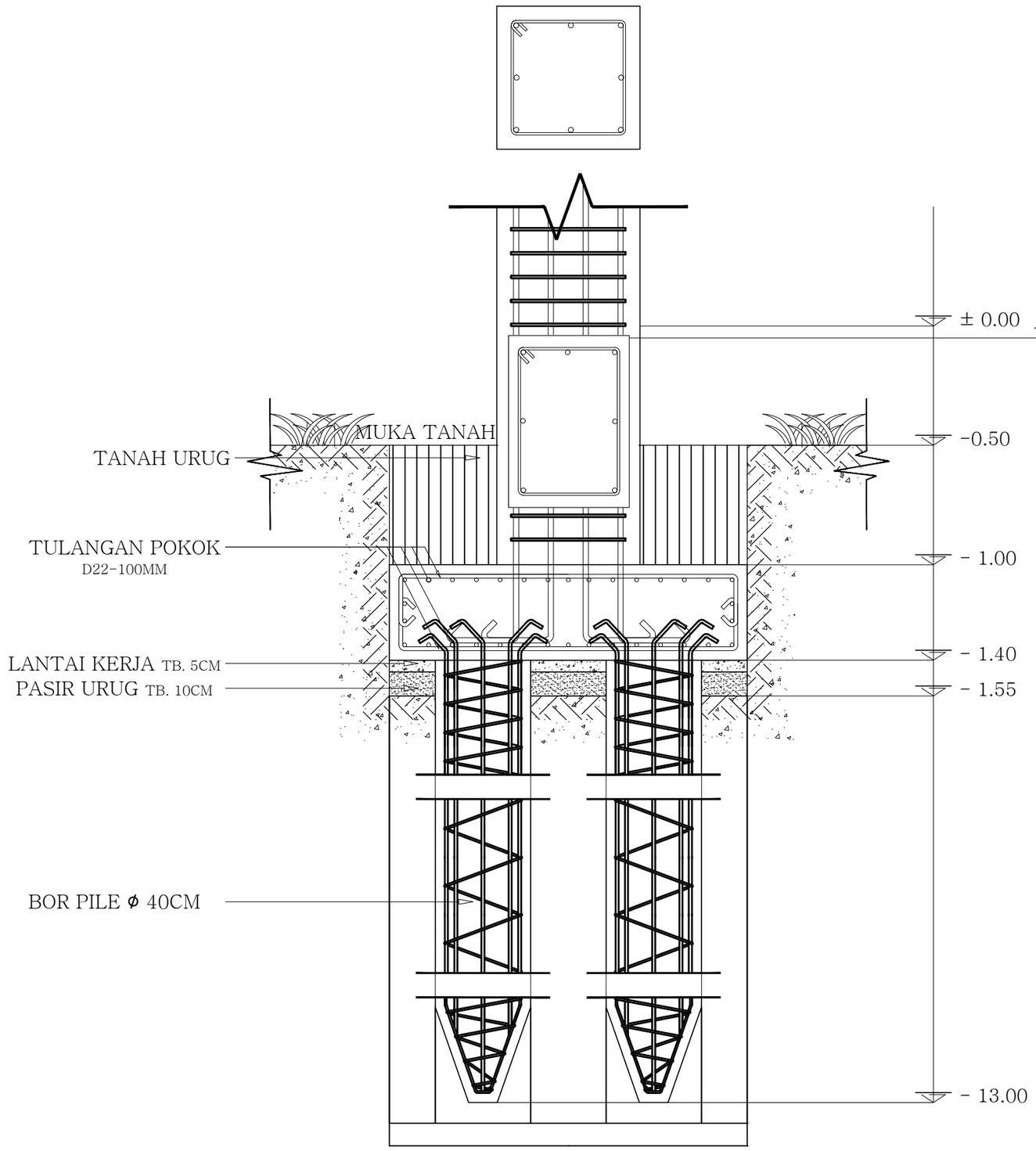
KETERANGAN

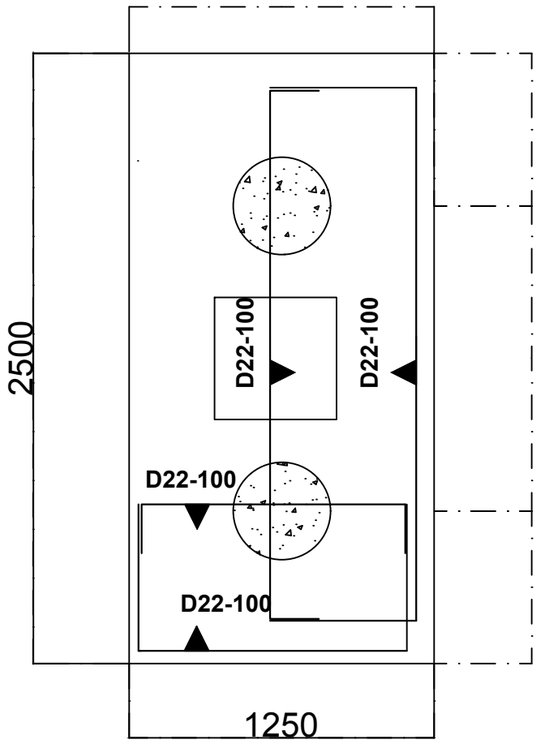
FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL KOLOM
SKALA 1 : 30

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	42





DETAIL DAN PENULANGAN POER

Skala : NTS

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

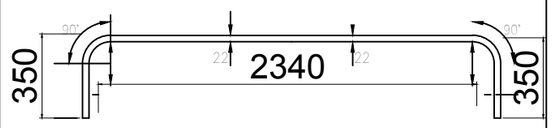
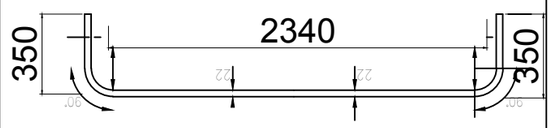
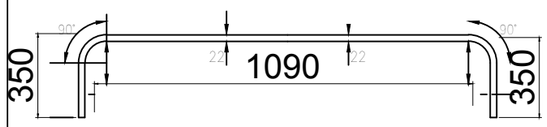
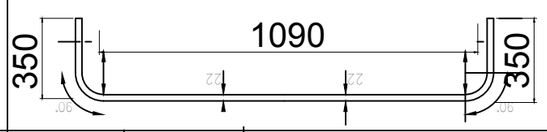
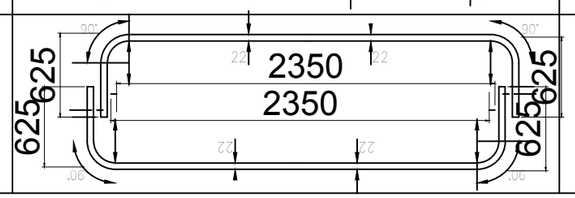
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

DETAIL DAN PENULANGAN POER
SKALA : NTS

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	43

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PILE CAP	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	22		3.04	1771	591	1.6 x 591	1763.461
2	22		3.04	1771	591	1.6 x 591	1763.461
3	22		1.09	847	106	0.8 x 106	316.289
4	22		1.09	847	106	0.8 x 106	316.289
5	22		7.2	77	47	4.8 x 47	140.2414

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

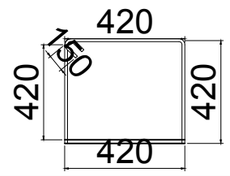
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PILE CAP

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	44

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN KOLOM	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	25	5800	5.8	3080	1540	0.4 x 1540	5933.813
2	8		1.98	8085	1348	0.12 x 1348	531.8669

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

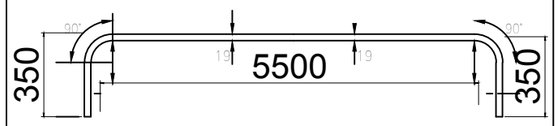
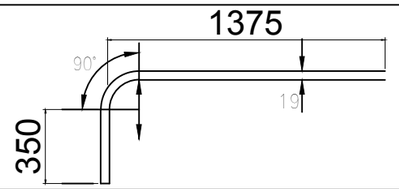
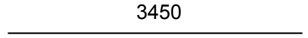
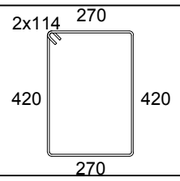
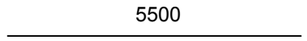
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI KOLOM

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	45

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN SLOOF	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	19		6.2	1584	1584	5.8 x 1584	1980.753
2	19		1.725	792	264	0.4 x 264	587.5492
3	19		3.45	396	396	2.35 x 396	881.3237
4	10		1.604	9108	1302	0.7 x 1302	802.683
5	10		5.5	396	198	1 x 198	122.067

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

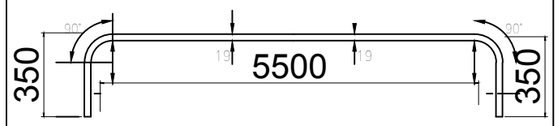
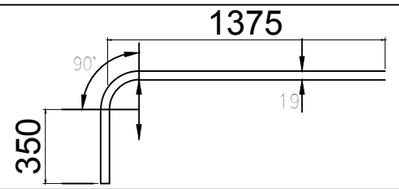
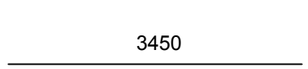
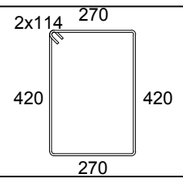
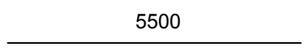
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI SLOOF

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	46

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN BALOK INDUK	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	19		6.2	2512	2512	5.8 x 2512	5590.619
2	19		1.725	5024	1675	0.4 x 1675	3727.821
3	19		3.45	2512	838	1.6 x 838	1865.023
4	10		1.604	28888	4127	0.7 x 4127	2544.296
5	16		5.5	1256	628	1 x 628	991.1347

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

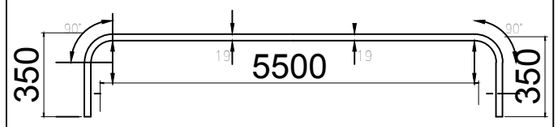
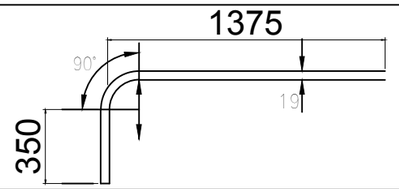
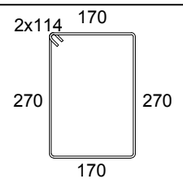
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI BALOK INDUK

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	47

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN BALOK ANAK	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	19		6.2	2032	2032	5.8 x 2032	4522.348
2	19		1.725	1016	339	0.4 x 339	754.4665
3	10		1.104	23368	2337	1 x 2337	5201.145

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

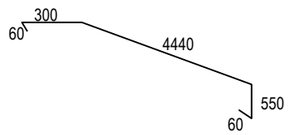
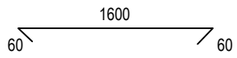
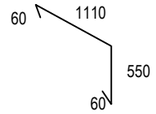
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BALOK ANAK

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	48

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN TANGGA	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	13		5.41	732	366	1.2 x 366	381.329
2	13		1.72	1015	170	1.62 x 170	177.1205
3	13		1.78	366	61	1.3 x 61	63.554



INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

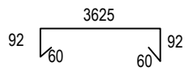
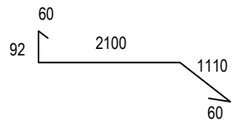
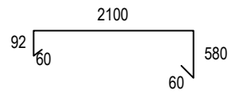
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME TANGGA

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	49

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN BORDES	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	13		3.929	465	155	0.2 x 155	161.4922
2	13		3.422	580	194	1.7 x 194	76.05761
3	13		2.892	580	145	1.6 x 73	76.05761

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BORDES

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	50

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 1	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10	1700	2.7	2337	585	1.2 x 585	360.65
2	10	5700	5.7	1107	554	0.6 x 554	341.541
3	10	1700	2.7	1169	293	1.2 x 239	115.6
4	10	5700	5.7	553.5	277	0.6 x 277	109.2931

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

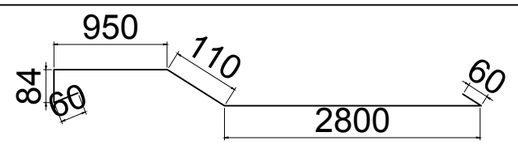
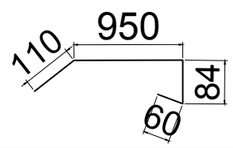
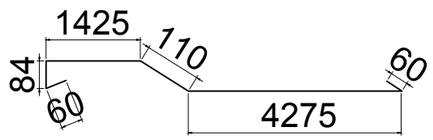
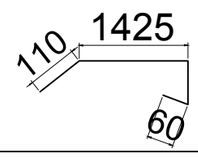
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 1

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	51

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 2	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10		4.064	256.5	129	3.8 x 129	79.52
2	10		1.204	256.5	29	1.1 x 29	17.87
3	10		6.014	166.5	167	5.9 x 167	102.95
4	10		1.679	166.5	56	0.8 x 56	34.52
5	10	3700	3.7	513	171	0.9 x 171	67.46
6	10	5700	5.7	333	111	0.6 x 111	43.79

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

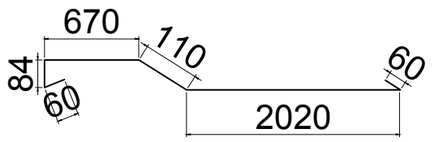
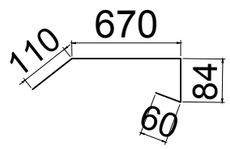
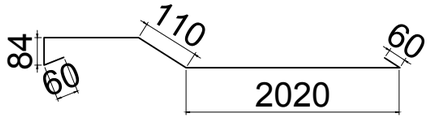
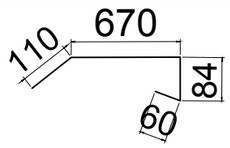
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 2

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	52

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 3	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10		3.004	1417.5	355	0	218.85
2	10		0.924	1417.5	119	0.92 X 119	73.36
3	10		3.004	1417.5	355	0	218.85
4	10		0.924	1417.5	119	0.92 X 119	73.36
5	10	2700	2.7	1417.5	355	1.2 X 355	218.85
6	10	2700	2.7	1417.5	355	1.2 X 355	218.85

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 3

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	53

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 4	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10	2700	2.7	24396	6099	1.2 x 6099	3760.034
2	10	5700	5.7	11556	5778	0.6 x 5778	3562.137
3	10	2700	2.7	24396	6099	1.2 x 6099	2406.421
4	10	5700	5.7	11556	5778	0.6 x 5778	2279.768

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

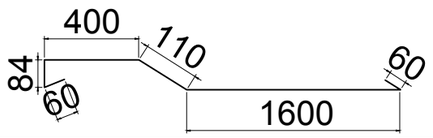
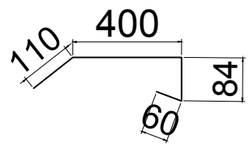
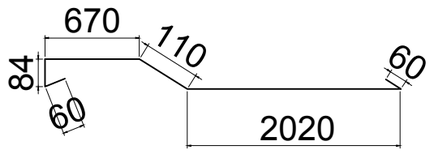
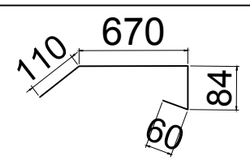
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 4

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	54

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 5	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10		2.314	195.5	40	0.4 x 86	53.019
2	10		0.654	195.5	12	0.2 x 26	16.029
3	10		3.004	310.5	78	0	48.087
4	10		0.924	310.5	26	0.92 x 26	16.029
5	10	1700	1.7	621	104	1.8 x 104	41.034
6	10	2700	2.7	391	98	1.2 x 98	38.66

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

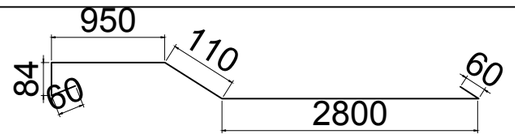
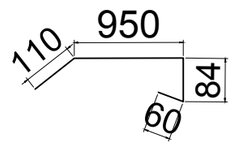
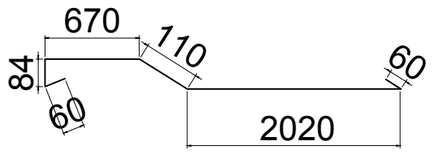
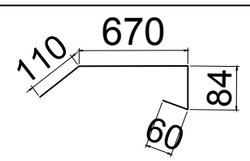
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 5

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	55

NO	DIAMETER	JENIS TULANGAN PELAT TIPE 5	PANJANG (m)	JUMLAH	LONJOR	SISA	BERAT(kg)
1	10		4.064	256.5	129	3.8 x 129	79.52
2	10		1.204	256.5	29	1.1 x 29	17.87
3	10		3.004	310.5	78	0	48.087
4	10		0.924	310.5	26	0.92 x 26	16.029
5	10	3700	1.7	621	104	1.8 x 104	41.034
6	10	2700	2.7	391	98	1.2 x 98	38.66

INSTITUT TEKNOLOGI SEPELUH NOPEMBER

JUDUL PROYEK

PERHITUNGAN STRUKTUR
GEDUNG RSUD K.R.M.T WONGSONEGORO
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH

DOSEN

DR. IR. DICKY IMAM WAHJUDI,MS
NIP : 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

RAKA IVAN PRADANA
NRP : 10111500000017

MUHAMMAD ABDUL ROMLI H
NRP : 10111500000024

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : RUMAH SAKIT
KONDISI TANAH : KERAS
MUTU BETON : f'C 30
MUTU BAJA (D) : 400 Mpa
MUTU BAJA (Ø) : 240 Mpa

JUDUL GAMBAR

PERHITUNGAN VOLUME BESI PELAT TIPE 6

KODE GAMBAR	NO LBR
STR	56