

**PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN
KAPASITAS 20.000 PENONTON**

SKRIPSI



Oleh :

NAMA : HAIRUDIN IDRUS

STAMBUK : 45 12 041 117

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2019



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR
SEMINAR HASIL

Tugas Akhir :

**"PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN KAPASITAS MINIMAL 10.000
PENONTON"**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **HAIRUDIN IDRUS**

No. Stambuk : **45 12 041 117**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi
Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman, MT

(.....)

Pembimbing II: Arman Setiawan, ST. MT

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Jurusan Sipil

Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 101271 01

Nurhadijah Yunianti
NIDN : 09 160682 01



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 772/SK/FT/UNIBOS/VIII/2019, tanggal 22 Agustus 2019, perihal pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : **Kamis / 29 Agustus 2019**

Nama : **Hairudin Idrus**

No. Stambuk : **45 12 041 117**

Judul Tugas Akhir : **"PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN KAPASITAS
20.000 PENONTON"**

Telah diterima dan di sahkan oleh panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah di presentasikan di depan tim penguji Ujian Sarjana Strata 1 (S-1) sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua Ex Officio : **Ir. H. Syahrul Sariman, MT**

(.....)

Sekretaris Ex Officio : **Arman Setiawan, ST, MT**

(.....)

Anggota : **Fauzy Lebang, ST, MT**

(.....):

Eka Yuiarto ST, MT

(.....)

Makassar 2019

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ridwan, ST, M.Si

NIDN : 09101271 01

Ketua Program Studi Jurusan Sipil

Nurhadijah Yuniarti, ST, MT

NIDN : 09 16068201

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : HAIRUDIN IDRUS

Nomor Stambuk : 45 12 041 117

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : "PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN KAPASITAS 20.000 PENONTON"

Menyatakan dengan ini sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programing yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, maka saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh dan sanksi lain sesuai yang berlaku di Universitas Bosowa.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan tidak ada paksaan apapun dari pihak manapun

Makassar, Desember 2019


HAIRUDIN IDRUS
45 12 041 117

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Perhitungan Struktur Stadion Dengan Kapasitas 20.000 Penonton”** yang merupakan salah satu syarat yang harus di ajukan untuk menyelesaikan studi S1 pada jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Proses yang dilalui penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kehadiran berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dukungan moril. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda Idrus Hi. Naser dan ibunda Nursafa Karim atas segala dukungan dan pengorbanan yang diberikan baik spiritual maupun materi.
2. Kakak-kakak tercinta yang telah memberikan motivasi dan semangat.
3. Bapak Dr. Ridwan, ST, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Ibu Nurhadijah Yuniarti, ST, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

5. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, M.T selaku dosen pembimbing satu yang selalu memberikan arahan dan bimbingan pada penulis, sehingga penulis belajar banyak hal dari penelitian.
6. Bapak Arman Setiawan ST, M.T selaku dosen pembimbing dua yang dengan sabar dan ikhlas memberi arahan dan bimbingan pada penulis, sehingga penulis belajar tentang pengetahuan-pengetahuan baru.
7. Seluruh dosen, asisten lab, dan asisten tugas besar serta staf Jurusan Sipil Fakultas Teknik Bosowa atas segala arahan dan bantuannya.
8. Saudara-saudara mahasiswa seperjuangan dan seangkatan 2012 di yang selalu menemani dan memberikan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak pernah luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa memberikan karuniaNya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya dalam bidang ketekni sipilan.

Makassar, September 2019

Penulis

PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN KAPASITAS 40.000 PENONTON

Oleh : Hairudin Idrus¹⁾, Syahrul Sariman²⁾, Arman Setiawan³⁾

ABSTRAK

Dalam merencanakan stadion dibutuhkan perhitungan yang sangat teliti dan penuh hati-hati. Karena stadion merupakan bangunan besar yang nantinya akan digunakan atau diisi oleh manusia dalam jumlah yang banyak. Pada tugas akhir ini sistem perencanaan struktur stadion menggunakan metode Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Metode ini merupakan metode perencanaan bangunan tahan gempa. Perencanaan dan perhitungan dibatasi pada struktur bangunan atas saja, yaitu meliputi bangunan atas yang terdiri dari struktur utama (kolom dan balok), struktur sekunder (pelat tribun, pelat lantai, dan balok anak.), dan struktur atap space frame. Untuk perencanaan struktur ini digunakan mutu bahan : $f_c' = 30$ mpa, $f_y = 400$ mpa, untuk tulangan ulir dan $f_y = 240$, untuk tulangan polos. Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ada pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983), SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, SNI 2874-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Sedangkan analisa struktur dipakai program SAP 2000.

Kata kunci : Perhitungan Struktur Stadion Dengan Kapasitas 20.000 Penonton

-
- 1.) Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bosowa
 - 2.) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa
 - 3.) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa

PERHITUNGAN STRUKTUR STADION DENGAN KAPASITAS 40.000 PENONTON

Oleh : Hairudin Idrus¹⁾, Syahrul Sariman²⁾, Arman Setiawan³⁾

ABSTRAK

In planning a stadium you need a very careful and careful calculation. Because the stadium is a large building that will later be used or filled by humans in large numbers. In this final project the stadium structure planning system uses the Special Moment Frame (SRPMK) method. This method is an earthquake resistant building planning method. Planning and calculations are limited to the structure of the upper building only, which includes the upper building consisting of the main structure (columns and beams), secondary structures (grandstand plates, floor plates, and joists), and the space frame roof structure. For the planning of this structure the material quality is used: $f_c = 30$ mpa, $f_y = 400$ mpa, for screw reinforcement and $f_y = 240$, for plain reinforcement. The calculation carried out in this final project refers to the existing regulations on the Indonesian Load Regulations for Buildings (PPIUG 1983), SNI 03-1729-2002 Procedures for Calculation of Steel Structures for Buildings, SNI 2874-2013 Structural Concrete Requirements for Buildings, SNI 03-1726-2012 Procedures for Planning Earthquake Resilience for Building and Non-Gedunf Structures, SNI 1727-2013 Minimum Load for Planning Building Buildings and Other Structures. While the structural analysis is used SAP 2000 program.

Keywords: Stadium Structure Calculation with a Capacity of 20,000 Spectators

-
- 1.) Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bosowa
 - 2.) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa
 - 3.) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	iv
Prakata	v
Abstrak	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Notasi	xiv
Daftar Gambar	xx
Daftar Tabel	xxii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I - 1
I.2. Tujuan Dan Manfaat Penelitian	I - 2
I.3. Ruang Lingkup Dan Batasan Masalah	I - 2
I.3.1. Ruang Lingkup	I - 2
I.3.2. Batasan Masalah	I - 3
I.4. Maksud Tujuan Penelitian.....	I - 3
I.5. Sistematika Penulisan.....	I - 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Stadion.	II - 1
2.2 Pemebabanan Pada Struktur.....	II - 1
2.2.1 Beban Veritkal	II - 2

2.2.2	Beban Horizontal	II - 6
2.2.3	Kombinasi Pembebanan	II - 7
2.3	Kategori Desain Sismik	II - 8
2.3.1	Kategori Resiko Dan Faktor Keutamaan Gempa	II - 9
2.3.2	Klasifikasi Situs Tanah	II - 10
2.3.2	Koefisien Situs	II - 11
2.4	Momen Pada Struktur	II - 14
2.5	Penulangan Pada Struktur	II - 14
2.7	Kuat Perlu	II - 15
2.7	Kuat Rencana	II - 15
2.8	Kontrol kekuatan pikul penampang	II - 16
2.8.1	Balok Tulangan Tunggal	II - 17
2.8.2	Balok Tulangan Rangkap	II - 17
BAB III Model Struktur		
3.1	Tinjauan Umum	III - 1
3.1.1	Pembebanan Pada Struktur	III - 1
3.2	Bagan Alir Penelitian	III - 5
3.3	Referensi	III - 6
3.4	Asumsi Perencanaan	III - 6
3.4.1	Desain Pendahuluan	III - 6
3.4.2	Pembebanan	III - 6
3.4.3	Analisa Struktur	III - 7
3.4.4	Komponen Struktur	III - 7

3.5	Perencanaan Dimensi Komponen Struktur	III - 7
3.5.1	Dimensi Balok	III - 7
3.5.2	Dimensi Kolom	III - 11
3.5.3	Pelat Lantai	III - 12
3.6	Resume Dimensi Komponen Struktur	III - 13
3.7	Menentukan Kategori Desain Sismik	III - 14

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Perencanaan Atap	IV - 1
4.1.1	Perencanaan Gording Atap Utama	IV - 1
4.1.2	Perhitungan Pembebanan Dan Momen	IV - 3
4.1.3	Beban Angin	IV - 4
4.1.4	Besar Momen Berdasarkan Kombinasi Pembebanan	IV - 5
4.1.5	Kontrol Profil	IV - 6
4.1.6	Kontrol Lendutan	IV - 6
4.2	Perencanaan Pelat Lantai	IV - 7
4.2.1	Pembebanan Pelat Lantai	IV - 8
4.2.2	Perhitungan Tebal Pelat Lantai	IV - 9
4.2.3	Perhitungan Momen Pelat Lantai	IV - 9
4.2.4	Perhitungan Tulangan Pelat Lantai	IV - 10
4.2.5	Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai	IV - 16
4.3	Perencanaan Tribun	IV - 17

4.3.1	Dimensi Tribun	IV - 17
4.3.2	Pembebanan Pada Tribun	IV - 17
4.3.3	Perhitungan Momen	IV - 19
4.3.4	Perhitungan Tulangan Pelat Tribun	IV - 20
4.4	Perencanaan Balok	IV - 23
4.4.1	Hasil Output Dan Diagram Gaya Dalam Dari Analisa SAP 2000	IV - 24
4.4.2	Persyaratan Balok Memenuhi Definisi Komponen Lentur	IV - 25
4.4.3	Hitung Koefisien Momen Pada balok	IV - 27
4.4.4	Menghitung Kebutuhan Tulangan Balok	IV - 28
4.4.5	Menghitung Momen Kapasitas Mpr	IV - 34
4.4.6	Pemutusan Tulangan Lentur Balok	IV - 35
4.4.7	Panjang Penyaluran Kait Tulangan Lentur	IV - 39
4.4.8	Menghitung Jarak Tulangan Geser	IV - 39
4.4.9	Kontrol Lendutan	IV - 41
4.4.10	Rekapitulasi Penulangan Balok	IV - 42
4.5	Perencanaan Kolom	IV - 43
4.5.1	Hasil Output Dan Diagram Gaya Dalam Analisa Sap 2000 ...	IV - 44
4.5.2	Persyaratan Kolom Memenuhi Definisi Komponen Lentur	IV - 45
4.5.3	Penulangan Kolom	IV - 46
4.5.4	Rekapitulasi Penulangan Kolom	IV - 49
4.6	Hubungan Balok Kolom	IV - 50

4.6.1	Momen Kapasitas Lokasi (Interior)	IV - 50
4.7	Perhitungan Simpang Antar Lantai	IV - 55
4.8	Kontrol Desain	IV - 56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	V - 1
5.2	Saran	V - 2

Daftar Pustaka	xxiv
----------------------	------

Lampiran Gambar

UNIVERSITAS

BOSOWA

DAFTAR NOTASI

A_g = Luas bruto penampang (mm^2)

A_n = Luas bersih penampang (mm^2)

A_{tp} = Luas penampang tiang pancang (mm^2)

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

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

A_s' = Luas tulangan tekan (mm^2)

A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)

A_t = 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)

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)

b_o = Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)

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

C = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)

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

$C_t = b_n \times d / \Sigma x \times 2y$, 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 prategang (mm)

D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati

e = Eksentrisitas gaya terhadap sumbu (mm)

E = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (MPa)

EI = Kekuatan lentur komponen struktur tekan

f = Lendutan yang diijinkan (mm)

f_c' = Kekuatan tekan beton (MPa)

f_y = Kuat leleh baja yang disyaratkan (MPa)

h = Tebal atau tinggi total komponen struktur (mm)

I = Momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor (mm^4)

I = Faktor keutaman Gempa

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

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

I_g = Momen inersia penampang bruto terhadap garis sumbu dengan mengabaikan tulangnya (mm^4)

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

l = Panjang bentang balok (mm)

l_d = Panjang penyaluran (mm)

l_{db} = Panjang penyaluran dasar (mm)

l_{hb} = Panjang penyaluran kait (mm)

l_{dh} = Panjang kait (mm)

l_x = Ukuran bentang terkecil pelat (mm)

l_y = Ukuran bentang terbesar pelat (mm)

M_u = Momen terfaktor (Nmm)

M_n = Momen nominal (Nmm)

M_{tx} = Momen tumpuan arah sumbu x (Nmm)

M_{ty} = Momen tumpuan arah sumbu y (Nmm)

M_{lx} = Momen lapangan arah sumbu x (Nmm)

M_{ly} = Momen lapangan arah sumbu y (Nmm)

M_{1b} = 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 (Nmm)

M_{2b} = 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 (Nmm)

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

P_c = Beban kritis (N)

P_n = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)

S = Jarak sengkang (mm)

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

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton (Nmm)

T_n = Kuat torsi nominal (Nmm)

T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton (Nmm)

T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)

V_n = Kuat geser nominal (N)

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)

V_u = Gaya geser terfaktor pada suatu penampang (N)

x = Dimensi pendek dari bagian berbentuk persegi dari penampang (mm)

x_1 = Jarak dari pusat ke pusat yang pendek dari sengkang tertutup (mm)

y = Dimensi panjang dari bagian berbentuk persegi dari penampang (mm)

y_1 = 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

α_m = 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 P_c

β_c = Perbandingan sisi kolom terpanjang dengan sisi kolom terpendek

ρ = Rasio tulangan tarik non pratekan

ρ_b = Rasio tulangan tarik non pratekan

ρ_{maks} = Rasio tulangan tarik maksimum

ρ_{min} = 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 yang terjadi 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 di antara ujung-ujung komponen struktur tekan

δ_b = Faktor pembesar momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

ϵ = Regangan (mm)

ϵ_c = Regangan dalam beton (mm)

ϵ_{cu} = Regangan beton maksimum dimana terjadi keretakan (mm)

ϵ_s = Regangan pada baja tarik (mm)

ϵ_s' = Regangan pada baja tekan (mm)

Δx = Simpang antar lantai

Δ = Defleksi yang terjadi

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Balok tulangan tunggal	II - 17
Gambar 2.1 Balok tulangan rangkap	II - 17
Gambar 3.1 Denah lantai 2 dan tribun 1	III - 2
Gambar 3.2 Denah tribun 2	III - 2
Gambar 3.3 Portal 1	III - 3
Gambar 3.4 Portal 2	III - 4
Gambar 3.5 Sketsa tribun atas	III - 4
Gambar 3.6 Sketsa tribun bawah	III - 5
Gambar 3.7 Denah lantai	III - 5
Gambar 3.8 Diagram Alur Penelitian	III - 7
Gambar 4.5 Sketsa penulangan pelat lantai	IV - 16
Gambar 4.6 Potongan penulangan pelat lantai	IV-17
Gambar 4.7 Sketsa tribun	IV-17
Gambar 4.8. Koefisien momen balok dan pelat menerus	IV-19

Gambar 4.9	Tinggi efektif pelat	IV- 20
Gambar 4.10	Sketsa penulangan tribun	IV- 23
Gambar 4.11	Balok yang di tinjau	IV- 24
Gambar 4.12	Diagram axial balok akibat beban gravitasi dan gempa	IV- 25
Gambar 4.13	Diagram momen tumpuan akibat gravitasi	IV- 27
Gambar 4.14	Diagram momen lapangan akibat gravitasi	IV- 28
Gambar 4.15	Kebutuhan tulangan lentur balok	IV- 28
Gambar 4.16	Diagram momen tumpuan akibat gravitasi	IV- 28
Gambar 4.17	Diagram momen lapangan akibat gravitasi	IV- 31
Gambar 4.18	Kebutuhan tulangan geser	IV- 40
Gambar 4.19	Lendutan akibat pembebanan	IV- 41
Gambar 4.20	Sketsa penulangan balok	IV- 43
Gambar 4.21	Potongan penulangan balok	IV- 43
Gambar 4.22	Kolom yang ditinjau	IV- 44
Gambar 4.23	Diagram gaya axial (-) akibat beban gravitasi dan gempa	IV- 44
Gambar 4.24	Sketsa penulangan kolom	IV- 49

Gambar 4.25 Lokasi peninjauan hubungan balok kolom IV-50

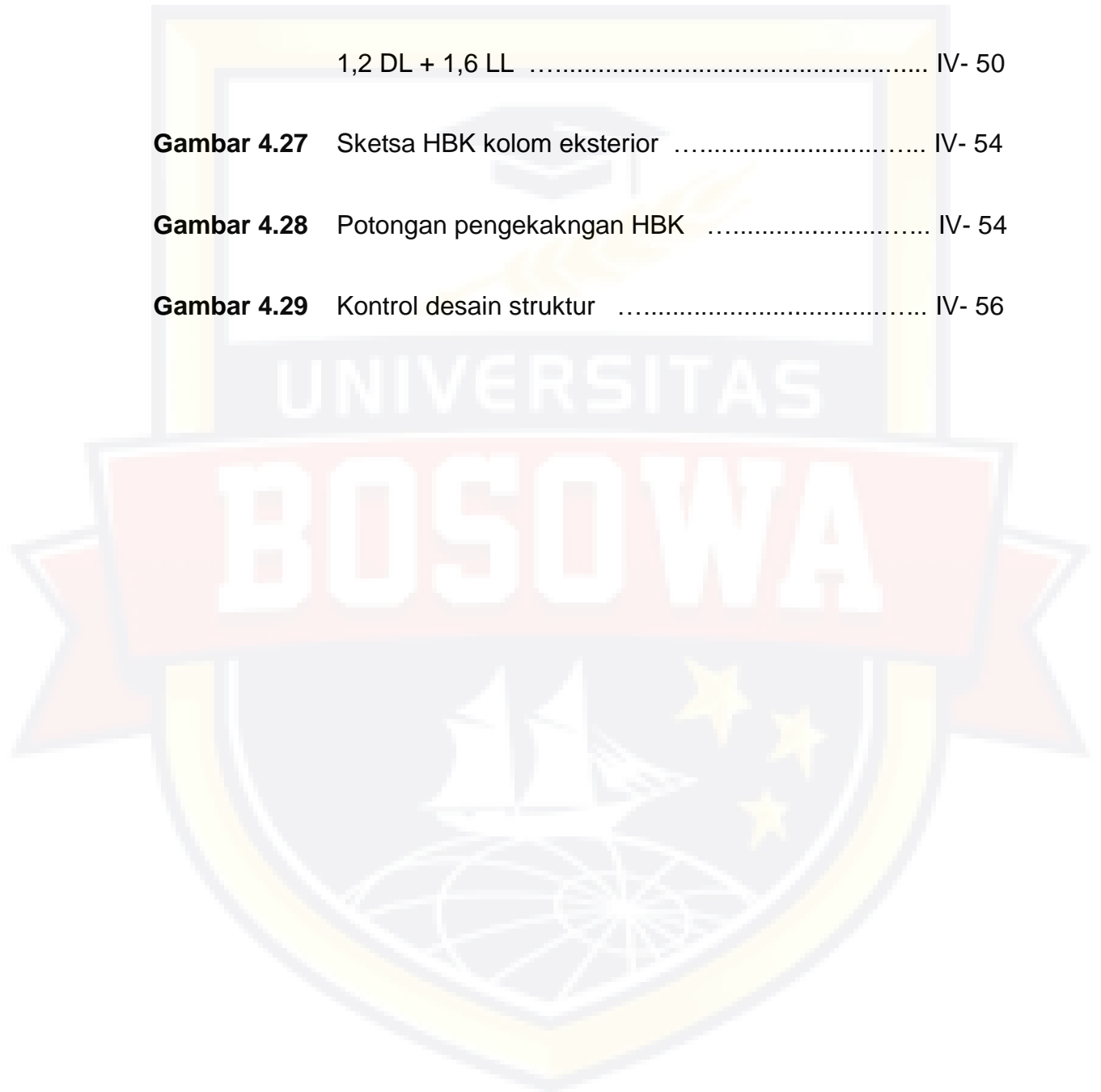
Gambar 4.26 Diagram gaya aksial kombinasi beban

1,2 DL + 1,6 LL IV- 50

Gambar 4.27 Sketsa HBK kolom eksterior IV- 54

Gambar 4.28 Potongan pengeakngan HBK IV- 54

Gambar 4.29 Kontrol desain struktur IV- 56



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat Bahan Bangunan	II-3
Tabel 2.2 Berat Komponen Gedung	II-3
Tabel 2.3 Beban Hidup Untuk Bangunan	II-3
Tabel 2.4 Beban Hidup Untuk Bangunan	II-9
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs	II-10
Tabel 2.6 Koefisien Situs (F_a)	II-10
Tabel 2.7 Koefisien Situs (F_a)	II-10
Tabel 2.8 Kategori Desain Sismik Berdasarkan Parameter Percepatan Periode Pendek (S_{DS})	II-13
Tabel 2.9 Kategori Desain Sismik Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1 detik (S_{D1})	II-1
Tabel 3.1 Resume desain pendahuluan struktur	III-15
Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai	IV-16
Tabel 4.2 Resume Penulangan Balok	IV- 42
Tabel 4.3 Resume Penulangan Kolom	IV- 49
Tabel 4.4 Resume Penulangan Balok	IV- 51
Tabel 5.1 Penulangan Pelat Lantai	V - 1
Tabel 5.2 Penulangan Pelat Tribun	V – 2
Tabel 5.3 Penulangan Balok	V – 2
Tabel 5.4 Penulangan Kolom	V – 2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia sebagai sebuah negara yang besar memiliki banyak keistimewaan, salah satunya adalah jumlah penduduk yang besar. Jumlah penduduk yang besar itu hanya sebatas kuantitas saja bukan kualitas. Berbicara mengenai sumber daya manusia yang berkualitas, kita dapat menyimpulkan bahwa hal tersebut masih sangatlah kurang, salah-satu di bidang olahraga yaitu sepak bola. Sepak bola dalam negeri masih banyak klub-klub yang mengandalkan pemain naturalisasi yang menjadi ujung tombak persepakbolaan Indonesia, padahal kita memiliki pemain-pemain dengan bakat alami tanpa pelatih yang profesional dan jauh lebih baik dari dari segi kualitas.

Sepak bola merupakan olahraga yang sangat populer dan digemari di Indonesia oleh seluruh lapisan masyarakat, baik anak-anak, remaja, dewasa, dan orang tua. Sepak bola di Indonesia saat ini menjadi sangat penting, karena sepak bola dapat menjadi sarana kebanggaan suatu bangsa, apalagi untuk negara yang membutuhkan pengakuan seperti Indonesia ini. Ditinjau dari sisi lain sepak bola menjadi pemersatu persatuan dan kesatuan bangsa seperti halnya negara-negara yang persepakbolaannya telah mengalami perkembangan yang sangat pesat

seperti negara Jerman, Spanyol, Italia, Inggris, Brazil, Argentina, dan lain-lain telah menjadikan olahraga ini sebagai sebuah hiburan/entertainment yang bisa dinikmati oleh siapa saja didunia tanpa membedakan usia, status, kekayaan, dan ras telah membuat mereka menjadi sebuah bangsa yang lebih maju. Tetapi sayangnya pada kenyataan yang ada di Indonesia belum bisa mencetak prestasi yang dibanggakan, bahkan untuk turut ikut serta dalam kancah persepakbolaan dunia “Piala Dunia” saja kita belum mampu. Hal ini disebabkan kurangnya pemain yang berkualitas, belum profesionalnya kompetisi dalam negeri, serta penyediaan fasilitas sarana dan prasarana dalam sepak bola yang salah satunya adalah stadion sepak bola yang masih belum baik dan memadai, yang pada akhirnya membuat kita semakin tertinggal dengan negara-negara lain.

Stadion adalah sebuah bangunan yang umumnya digunakan untuk menyelenggarakan kegiatan olahraga dan kegiatan seni yang membutuhkan ruang besar. Dengan demikian maka sudah pasti akan ada banyaknya orang yang menggunakannya, oleh karena itu dalam perencanaannya harus diperhitungkan kekuatan strukturnya yang dapat merespon beban – beban yang akan terjadi terhadapnya.

1.2 Tujuan Dan Manfaat Penulisan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat preliminary desain dari perencanaan struktur stadion.

2. Menganalisa beban - beban yang bekerja pada struktur stadion untuk menghitung kekuatan struktur bangunan.
3. Menggambar detail struktur stadion.

1.3 Ruang Lingkup Dan Batasan Masalah

1.3.1 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah hal yang mengenai dengan perencanaan struktur stadion dengan kapasitas 20.000 penonton sebagai berikut :

1. Perencanaan atap
2. Perencanaan pelat lantai
3. Perencanaan pelat tribun
4. Perencanaan balok
5. Perencanaan kolom

1.3.2 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, spesifik, dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi.

1. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya.
2. Perencanaan tidak menghitung kekuatan sambungan las dan bal joint pada struktur atap.
3. Perencanaan struktur tidak menghitung Sloof.
4. Perencanaan struktur bawah tidak menghitung poer dan pondasi.
5. Perencanaan tidak mengambil data-data lapangan.

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk lebih memudahkan dalam penulisan ini, maka dibuatkanlah sistematika penulisan yang secara garis besar menguraikan bab dan sub bab dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup dan batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan tentang pembebanan pada struktur, momen akibat pembebanan, penulangan pada struktur, kuat rencana.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan tentang model struktur, diagram alur penelitian, tinjauan referensi dan asumsi perencanaan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan tentang desain awal struktur, pembahasan perencanaan komponen - komponen struktur.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menguraikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Stadion.

Stadion adalah sebuah bangunan yang umumnya digunakan untuk menyelenggarakan acara olahraga, dimana di dalamnya terdapat lapangan atau pentas yang dikelilingi tempat berdiri atau duduk bagi penonton. Stadion tertua yang kita kenal adalah sebuah stadion di Olympia, Peloponnesos, Yunani yang telah menyelenggarakan Olimpiade Kuno sejak tahun 776 SM. Stadion umumnya digunakan untuk merujuk kepada bangunan yang menyelenggarakan kegiatan luar ruangan (*outdoor*), sementara bagi kegiatan dalam ruangan bangunannya disebut gelanggang.

2.2. Pembebanan Pada Struktur

Beban pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Definisi utama beban adalah : sekelompok gaya yang akan

bekerja pada suatu luasan struktur. Setiap struktur yang akan direncanakan sebenarnya telah ditentukan oleh kode – kode pembebanan yang telah ditetapkan berupa Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pembebanan dikelompokkan menjadi dua beban (menurut arah gaya) yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Sedangkan beban horizontal meliputi beban yang diakibatkan oleh gaya horizontal / samping yaitu beban angin dan beban gempa.

2.2.1. Beban Vertikal

Beban vertikal adalah beban yang diakibatkan oleh gaya vertikal / gaya atas yang terjadi pada bangunan yaitu beban mati dan beban hidup. Analisa beban vertikal meliputi pembebanan pada struktur serta perhitungan momen yang akan terjadi akibat beban. Beban vertikal terbagi atas 2 yaitu beban mati dan beban hidup.

a. Beban mati

Beban mati (D) adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut (PPIUG 1983 Pasal 1.0.1)

Rumus untuk menganalisa beban mati :

$$U = 1,2 \times (qd)$$

Berikut tabel beban mati berdasarkan (PPIUG 1983 Pasal 1.0.1) :

Tabel 2.1. (Berat bahan bangunan)

No	Bahan Bangunan	Berat	Satuan
1	Baja	7.850	kg/m ³
2	Beton	2.200	kg/m ³
3	Beton bertulang	2400	kg/m ³
4	Kayu kelas 1	1000	kg/m ³
5	Pasangan bata merah	1700	kg/m ³
6	Kaca tebal 8 mm	40	Kg/m ²
7	Tegel 0,5 cm	12	Kg/m ³

(Sumber : PPIUG 1983)

Tabel 2.2. (Berat komponen gedung)

No	Komponen gedung	berat	satuan
1	Plafond + Penggantung	18	Kg/m ²
2	Spesi tebal 2 cm	42	Kg/m ²
3	AC, instalasi listrik, dan lainnya	40	kg
4	Tebal dinding 15 cm	300	Kg/m ²

(Sumber : PPIUG 1983)

b. Beban hidup

Beban hidup (L) adalah semua beban yang terjadi akibat hunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban manusia dan perabotnya atau beban menurut fungsi bangunannya (PPIUG 1983 Pasal 1.0.2).

Rumus untuk menganalisa beban hidup : $U = 1,6 \times (q_l)$

Tabel 2.3. (Beban hidup untuk bangunan)

Jenis Bangunan	Merata (kN/m ²)	Terpusat (kN)
Apartemen (rumah tinggal)		
Sistem lantai Akses		
- Ruang kantor	2,4	8,9
- Ruang komputer	4,79	8,9
Gudang persenjataan dan ruang latihan	7,18	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	4,79	
Lobi	4,79	
Kursi dapat dipindahkan	4,79	
Panggung pertemuan	4,79	
Lantai podium	7,18	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untu daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 4,79	
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92	1,33
Koridor		
- Lantai pertama	4,79	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoan	4,79	
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in [50 mm x 50 mm])		1,33
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in x 1 in [25 mm x 25 mm])	250	0,89
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	4,79 1,92	
Rumah sakit		
- Ruang operasi, laboraturium	2,87	4,5
- Ruang pasien	1,92	4,5

Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,5
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
- Ruang baca	2,87	4,5
- Ruang penyimpanan	7,18	4,5
Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,5
Pabrik		
- Ringan	6,0	8,90
- Berat	11,97	8,90
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan computer harus di rancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	4,79	8,90
- Kantor	2,40	8,90
- Koridor di atas lantai pertama	3,83	8,90
Lembaga hukum		
- Blok sel	1,92	
- koridor	4,79	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	3,59	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	4,79	
- Gymnasium	4,79	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	4,79	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk yang tetap (terikat pada lantai)	4,79	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat di diami tanpa gudang	0,48	
- Loteng yang tidak dapat di diami dengan gudang	0,96	
- Loteng yang dapat di diami dan ruang tidur	1,44	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92	

Semua hunian rumah tinggal lainnya	1,92	
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	4,79	
- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka		

(Sumber : SNI 1727 2013)

2.2.2. Beban Horizontal

Beban horizontal adalah beban yang diakibatkan oleh gaya horizontal / samping yang terjadi pada bangunan. Beban horizontal terbagi atas dua yaitu beban angin dan beban gempa.

a. Beban angin

Beban angin (W) adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diperhitungkan karena angin besar dapat menekan bangunan dan mempengaruhi kekuatannya. Beban angin ditentukan dengan adanya tekanan positif (tiupan) dan negatif (isapan) yang ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup sesuai dengan (PPPURG 1987 pasal 2.1.3.2)

(1). Tekanan tiup harus diambil minimal 25 kg/m^2 .

(2). Tekanan tiup dilaut dan ditepi laut sampai sejauh 5 km harus diambil minimum 40 kg/m^2 .

b. Beban gempa

Beban Gempa (E) adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada suatu struktur yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung

ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu (termasuk di dalamnya beban tekanan tanah). Beban gempa juga terbagi atas 2 yaitu Beban statik dan dinamik

1. Beban statik adalah beban tetap yang baik besarnya, (intensitasnya), titik bekerjanya dan arah garis kerjanya tetap.
2. Beban dinamik adalah beban yang besarnya (intensitasnya) berubah - ubah menurut waktu, sehingga dapat dikatakan besarnya beban merupakan fungsi waktu Bekerja hanya untuk rentang waktu tertentu saja, akan tetapi walaupun hanya bekerja sesaat akibat yang ditimbulkan dapat merusakkan struktur bangunan, oleh karena itu beban ini harus diperhitungkan didalam merencanakan struktur bangunan.

2.2.3 Kombinasi Pembebanan

kombinasi pembebanan adalah beban gabungan yang diakibatkan oleh beban - beban yang bekerja pada bangunan. Faktor kombinasi pembebanan diperlukan dalam analisis beban suatu bangunan agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban. Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 kombinasi beban yang harus dipenuhi yaitu :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$

3. $1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$

4. $1,2 D \pm 1,0 E + 1,0 L$

5. $0,9 D \pm (1,6 W \text{ atau } 1,0 E)$

Keterangan :

U = kuat rencana

D = beban mati

L = beban Hidup

L_a = beban hidup pada atap selama perawatan, peralatan, dan material

H = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

W = beban angin

\pm = arah beban yang bolak-balik (ditinjau 2 arah berlawanan)

2.3 Kategori Desain Sismik

Setiap jenis struktur harus ditentukan Kategori Desain Sismiknya (KDS), kategori desain sismik dinyatakan dalam huruf A hingga F. Struktur dengan kategori gempa paling kecil dikategorikan dalam kategori A, sedangkan . struktur dengan kategori gempa paling tinggi dikategorikan resiko dalam kategori F. Struktur yang memiliki kategori I, II, dan III dengan nilai $S_1 > 0,75$ ditetapkan sebagai struktur dengan Kategori Desain Sismik E. Struktur dengan kategori resiko IV dengan nilai $S_1 > 0,75$ ditetapkan dengan Kategori Desain Sismik F.

Untuk menentukan Kategori Desain Sismik ada beberapa langkah yang harus ditinjau yaitu :

1. Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan

2. Kelas Situs dan Klasifikasi Situs Tanah

3. Klasifikasi situs, Fa

4. Klasifikasi situs, Fv

2.3.1 Kategori Resiko Dan Faktor Keutamaan Gempa

Dalam SNI 1726-2012, struktur bangunan gedung dibedakan berdasarkan kategori resiko jenis pemanfaatan struktur tersebut. Struktur yang dapat digolongkan kedalam lebih dari satu macam kategori resiko, harus direncanakan berdasarkan kategori yang paling tinggi. Terkait dengan Kategori Resiko Faktor Keutamaan Gempa (*Ie*). Faktor ini digunakan untuk mengamplifikasi beban gempa rencana, sehingga beberapa struktur dengan pemanfaatan khusus tetap dapat beroperasi setelah terjadinya gempa bumi, sehingga dapat menimalisir kerugian akibat kerusakan yang terjadi. Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa ditunjukkan pada table berikut ini.

Tabel 2.4. (Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa)

Kategori Resiko	Jenis Pemanfaatan Bangunan	Faktor Keutamaan Gempa
I	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	1,00
II	Semua gedung dan struktur lain kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, dan IV	1,00
III	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan. Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk	

	kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan. Dan lainnya.	1,25
IV	Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi, untuk : - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan saat keadaan darurat - Dan lainnya.	1,50

(Sumber : SNI 1726-2012)

2.3.2 Klasifikasi Situs Tanah

Lapisan tanah pada suatu lokasi proyek pembangunan dapat dikategorikan menjadi beberapa situs dari kelas A hingga F. klasifikasi kelas situs dilakukan berdasarkan hasil pengujian kecepatan rata-rata gelombang geser (\tilde{v}_s), tahanan standar lapangan rata-rata (\bar{N} atau \bar{N}_{ch} untuk tanah kohesif), serta nilai kuat geser rata – rata (\bar{S}_u). Klasifikasi situs berdasarkan ketiga hal tersebut ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.5. Klasifikasi situs

Kelas situs	\tilde{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (Kpa)
SA (Batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350– 750	> 50	> 100

SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 - 50	50 – 100
SE (Tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik situs)	Lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan atau gambut (H > 3 m). Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas PI > 75). Lapisan lempung lunak / medium kaku dengan (ketebalan H > 35 m dengan $S_u < 50$ Kpa)		

(Sumber : SNI 1726-2012)

2.3.3 Koefisien Situs

Setelah ditentukan kelas situs, maka selanjutnya berdasarkan nilai S_s dan S_1 dapat ditentukan besarnya koefisien situs F_a dan F_v . Koefisien situs F_a merupakan amplifikasi seismik yang dipakai untuk menentukan respon spektral percepatan gempa di permukaan tanah. Koefisien situs F_a merupakan faktor amplifikasi getaran yang terkait percepatan pada getaran periode pendek, sedangkan koefisien situs F_v merupakan faktor amplifikasi terkait percepatan pada periode 1 detik. Tabel berikut memperlihatkan nilai koefisien situs untuk berbagai kelas situs yang ada.

Tabel 2.6. Koefisien situs (F_a)

Kelas situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan pada Periode Pendek, T = 0,2 detik S_s				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s = 1,25$
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	1,1	1,1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1
SE	2,5	2,7	2,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber : SNI 1726-2012)

(a) Untuk nilai S_1 dapat dilakukam dengan nilai interpolasi linier

(b) SS^b = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik

Tabel 2.7 Koefisien situs (F_v)

Kelas situs	Parameter Respon SpeKtral Percepatan Gempa MCE _R Terpetakan pada Periode Pendek, T = 1 detik S_1				
	$S_1=0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1=0,5$
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	1,1
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,1
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber : SNI 1726-2012)

(a) Untuk nilai S_1 dapat dilakukam dengan nilai interpolasi linier

(b) SS^b = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik

Nilai F_a dan F_v selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode pendek (S_{M1}), yang dihitung sebagai berikut :

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

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

Selanjutnya parameter percepatan spektral desain untuk periode S_{DS} dan:

untuk periode S_{D1} dapat dihitung sebagai berikut :

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

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

Setelah didapat nilai S_{DS} dan S_{D1} , untuk struktur yang masuk kedalam kedua KDS inj, maka KDS-nya harus ditentukan berdasarkan nilai KDS yang lebih tinggi. Nilai kedua KDS ditunjukkan pada table berikut :

Tabel 2.8. Kategori Desain Sismik Berdasarkan Parameter Percepatan Periode Pendek (S_{DS})

Kategori resiko	S_{DS}			
	$S_{DS} < 0,167$	$0,167 < S_{DS} < 0,33$	$0,33 < S_{DS} < 0,50$	$0,50 < S_{DS}$
I	A	B	C	D
II	A	B	C	D
III	A	B	C	D
IV	A	C	D	D

(Sumber : SNI 1726-2012)

Tabel 2.9 Kategori Desain Sismik Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1 detik (S_{D1})

Kategori resiko	S_{D1}			
	$S_{DS} < 0,067$	$0,067 < S_{DS} < 0,133$	$0,133 < S_{DS} < 0,20$	$0,20 < S_{DS}$
I	A	B	C	D
II	A	B	C	D
III	A	B	C	D
IV	A	C	D	D

(Sumber : SNI 1726-2012)

2.4 Momen Pada Struktur

Momen atau gaya pada struktur diakibatkan karena adanya beban yang diberikan terhadap struktur, oleh karena itu pada perencanaan sebuah bangunan momen harus diperhitungkan dengan matang agar kemudian struktur tidak mengalami kegagalan dalam menahan gaya-gaya yang akan terjadi. Adapun rumus perhitungan momen berdasarkan Peraturan Beton Bertulang SNI 2847:2013 sebagai berikut :

Untuk Balok

$$\text{Tumpuan } \mu = 1/8 \times q_u \times L^2$$

$$\text{Lapangan } \mu = 1/24 \times q_u \times L^2$$

Untuk kolom

$$\mu = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

Ketreangan :

M_{tx} : Momen tumpuan arah x

M_{ly} : Momen lapangan arah y

μ = Momen Ultimit

q_u = Beban kombinasi

L = Panjang bentang

2.5 Penulangan Pada Struktur

Setelah gaya-gaya dalam didapatkan, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan penulangan pada struktur. Tulangan direncanakan setelah memperhitungkan beban yang diterima, tulangan dikatakan aman memikul beban apabila memenuhi syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$.

Adapun rumus perhitungan sesuai SNI :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1})$$

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

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

$$R_n = \frac{m \cdot u}{\phi \cdot b \cdot d}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2013})$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

2.6 Kuat Perlu

Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut.

2.7 Kuat Rencana

Kuat rencana adalah kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) ditentukan berdasarkan SNI 03-284:2013 pasal 9.3.

Analisis terhadap kekuatan dilakukan berdasarkan tahanan leleh dan tahanan ultimit yang dimiliki struktur. Kuat rencana tiap komponen tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang di hitung yang di tunjukkan dalam

besaran nilai rasio kekuatan. Struktur dikatakan aman apabila memenuhi syarat rasio kekuatan dengan rumus : $\phi \times Mn \geq Mu$.

Faktor reduksi dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Adapun nilai-nilai yang di rekomendasikan berdasarkan (SNI 03-2847:2013 pasal 9.3) sebagai berikut :

Untuk penampang terkendali tarik $\phi = 0,90$

Untuk penampang terkendali tekan $\phi = 0,90$

- dengan tulangan spiral $\phi = 0,75$

- dengan tulangan non spiral $\phi = 0,65$

Untuk geser dan puntir $\phi = 0,75$

Untuk tumpuan pada beton $\phi = 0,75$

2.8 Kontrol Kekuatan Pikul Penampang

Dalam merencanakan suatu penampang atau komponen struktur perlu adanya kontrol terhadap penampang tersebut agar penampang yang direncanakan tidak mengalami kegagalan dalam memikul beban terfaktor yang diberikan. Adapun rumus untuk kontrol terhadap penampang sebagai berikut :

$$Mn = \phi \cdot As \cdot fy \left(d \frac{\alpha}{2} \right)$$

Keterangan :

Mn = Kuat nominal penampang

As = Luas tulangan tarik

f_y = kuat leleh baja

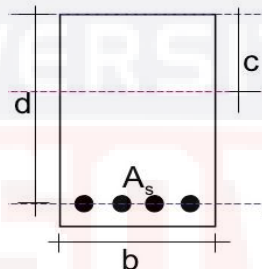
d = Jarak antar tulangan

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

2.8.1 Balok Tulangan Tunggal

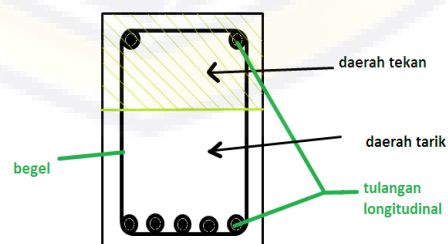
Balok tulangan tunggal adalah balok yang hanya diberi tulangan pada daerah tarik, sehingga kekuatan pikulnya lemah.



Gambar 2.1 Balok tulangan tunggal

2.8.2 Balok Tulangan Rangkap

Balok tulangan rangkap adalah balok beton yang diberi tulangan pada penampang beton daerah tarik dan daerah tekan. Dengan dipasangnya tulangan pada daerah tarik dan tekan, maka balok lebih kuat dalam hal menerima beban yang berupa momen lentur.



Gambar 2.2. Balok tulangan rangkap

BAB III

MODEL STRUKTUR

3.1 Tinjauan Umum

Model struktur dalam penelitian ini menggunakan model gambar tiga 2D dengan menggunakan bantuan aplikasi Auto Cad Versi 2014. Portal terbagi atas 2 model yaitu :

1. Portal yang menggunakan pelat lantai dan pelat tribun.
2. Portal yang tidak menggunakan pelat lantai, tetapi hanya pelat tribun.

3.1.1 Pembebanan Pada Struktur

1. Beban atap

penutup atap yang digunakan adalah Metal Trimdeck = $0,05 \text{ kN/m}^2$

Gording Profil CHS (Circular Hollow Sections) = $0,015 \text{ kg/m}^2 +$

Total beban mati atap = $0,02 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup air hujan = $0,1 \text{ kN/m}^2$

2. Beban Tribun

Berat pelat tribun 16 cm = $0,16 \times 24 \text{ KN/m} = 3,84 \text{ KN/m}^2$

Berat anak tribun = $(1 \times 0,5 : 2) \times 24 = 6 \text{ KN/m}^2$

= $9,6 \text{ KN/m}^2$

Beban hidup tribun (SNI 1727:2013) = $4,79 \text{ KN/m}^2$

3. Beban mati lantai dan balok

Pelat lantai dengan tebal 17 cm = $0,17 \times 24 = 4,08 \text{ KN/m}^2$

Berat dinding kaca tebal 12 mm = $85 \% \times 6,5 \times 0,6 = 3,3 \text{ kN/m}$

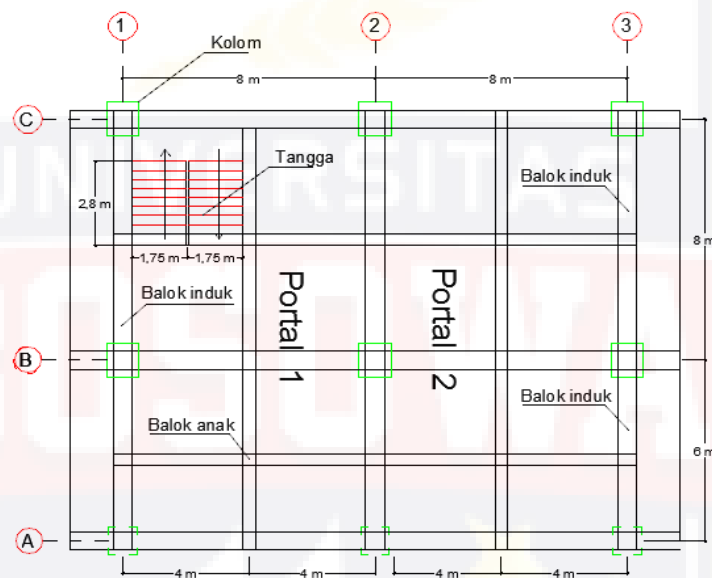
Berat dinding bata = $85 \% \times (2,5 - 0,6) \times 2,5 = 4,03 \text{ kN/m}$

Total Beban mati = $11,41 \text{ kN/m}$

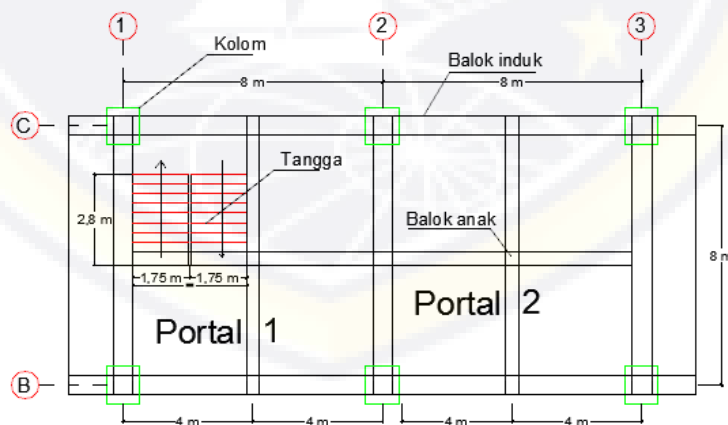
Beban Hidup lantai = 4 KN/m^2

3.1.2 Denah Struktur Dan Portal

1. Denah struktur



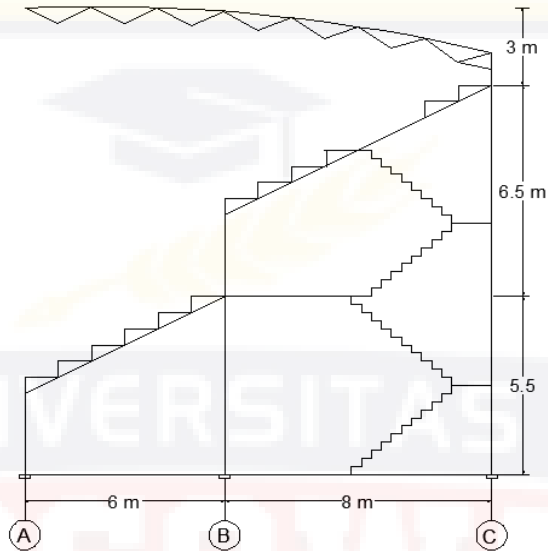
Gambar 3.1 Denah lantai 2 dan tribun 1



Gambar 3.2 Denah tribun 2

1. Portal 1

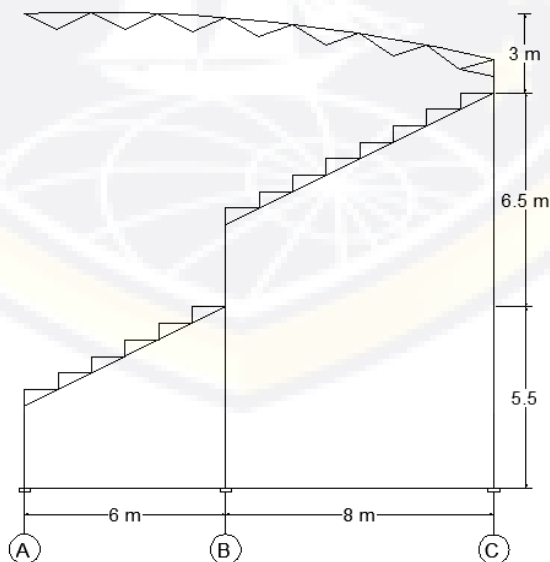
Portal 1 adalah portal yang menggunakan pelat lantai, pelat tribun dan tangga. seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.3 Portal 1

2. Portal 2

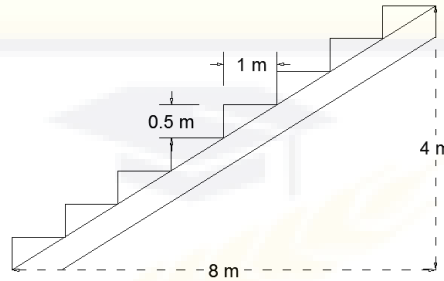
Portal 2 adalah portal yang tidak menggunakan pelat lantai, tetapi hanya menggunakan pelat tribun seperti gambar berikut ini 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Portal 2

3. Denah Tribun Atas

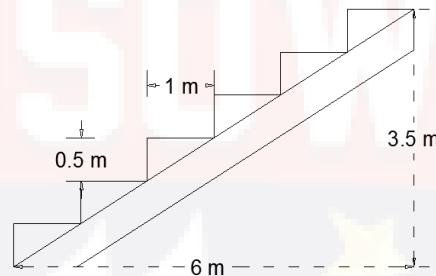
Tribun atas dengan berjumlah 10 anak anak tribun dengan tebal pelat 15 cm yang ditopang oleh balok seperti gambar dibawah ini



Gambar 3.5 Sketsa tribun atas

4. Denah Tribun Bawah

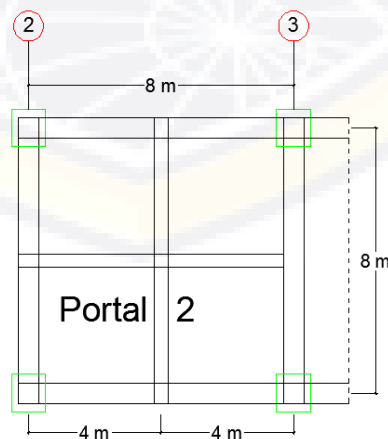
Tribun bawah dengan berjumlah 6 anak anak tribun dengan tebal pelat 16 cm yang ditopang oleh balok seperti gambar dibawah ini



Gambar 3.6 Sketsa tribun bawah

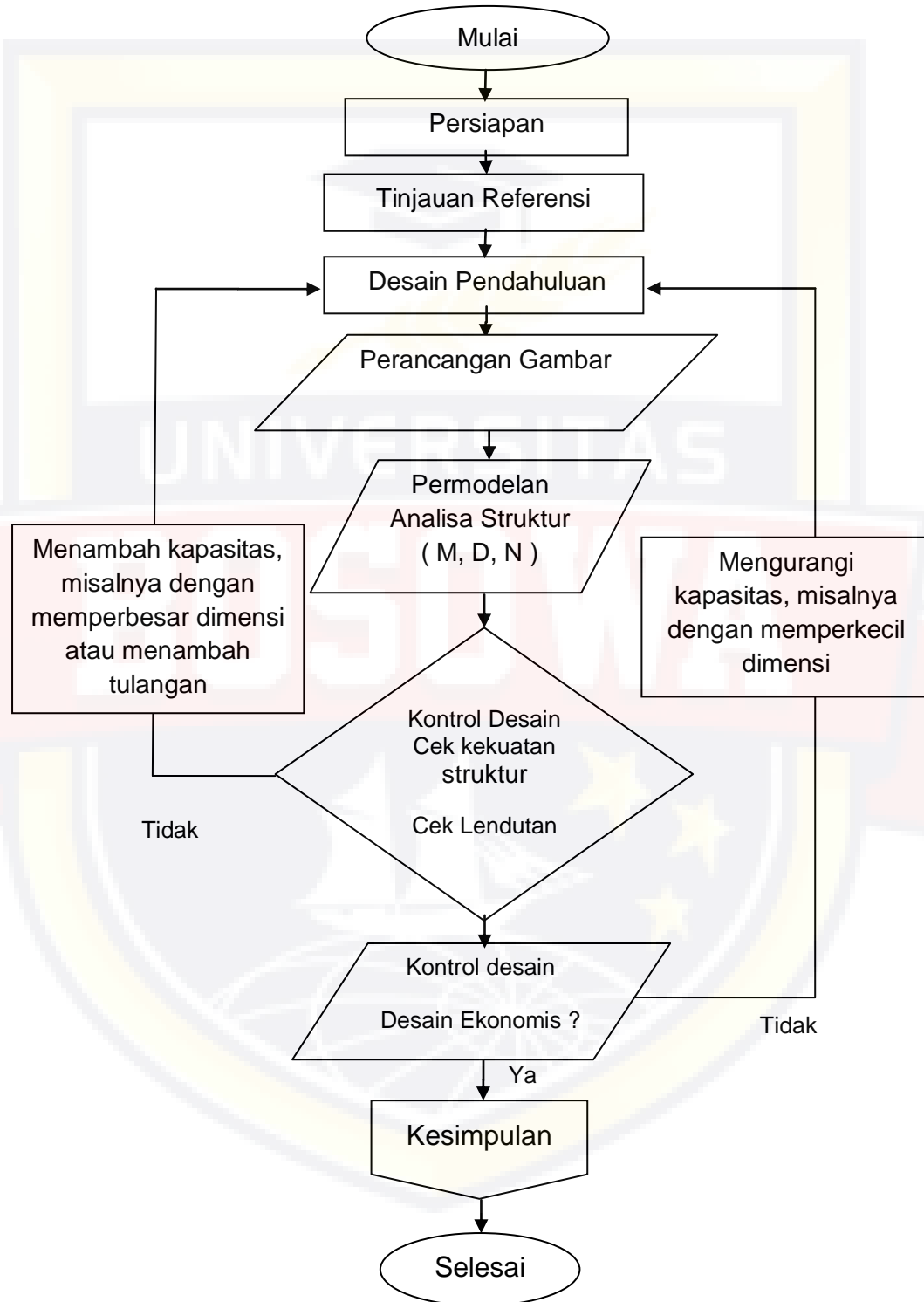
5. Denah Lantai

Denah lantai ukuran 8 x 8, dengan tebal 14 cm seperti gambar berikut :



Gambar 3.7 Denah lantai

3.2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alur Penelitian

3.3. Referensi

Referensi & peraturan yang digunakan sesuai SNI untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. SNI 03-1729–2002 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, BSN)
2. SNI 03-1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung)
3. SNI 03–2847-2013 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, BSN)
4. SNI 1727-2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
5. Peraturan Perencanaan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).

3.4 Asumsi Perencanaan

Adapun asumsi perencanaan pada stuktur yang akan direncanakan yang merupakan langkah – langkah dalam merencanakan suatu struktur.

3.4.1 Desain Pendahuluan

Desain pendahuluan merupakan desain awal pada suatu struktur untuk mendapatkan dimensi struktur utamanya yaitu balok dan kolom sebagai penopang kekuatan struktur.

3.4.2 Pembebanan

Pembebanan yang dihitung :

1. Beban mati

2. Beban Hidup

3. Beban gempa sebagai beban kombinasi

3.4.3 Analisa Struktur

Gaya-gaya dalam pada rangka struktur utama dianalisa dengan menggunakan program sap 2000 V.14.

3.4.4 Komponen Struktur

Perencanaan komponen struktur adalah bagian – bagian yang meliputi :

1. Perencanaan atap
2. Perencanaa pelat tribun
3. Perencanaan pelat lantai
4. Perencanaan balok
5. Perencanaan kolom
6. Perencanaan pondasi

3.5 Perencanaan Dimensi Komponen Struktur

Didalam suatu perencanaan struktur bangunan, kita harus melakukan desain pendahuluan terlebih dahulu. Desain pendahuluan adalah suatu tahapan perhitungan dimana kita merencanakan dimensi struktur utama dari suatu bangunan.

3.5.1 Dimensi Balok

Didalam peraturan SNI 2847 : 2013 dalam tabel 9.(a) disebutkan tebal minimum balok diatas dua tumpuan sederhana disyaratkan $l/16$.

Asumsi dipakai dari sampai $\ell / 16$.

1. Balok Induk

a. Balok induk lantai 2 memanjang

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \longrightarrow 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 60 = 35 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 35 \times 70 \text{ cm}^2$.

b. Balok induk lantai 2 melintang

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \longrightarrow 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 60 = 35 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 35 \times 70 \text{ cm}^2$.

c. Balok induk tribun 1 tipe memanjang

$$L = 670 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{670}{16} = 41,8 \longrightarrow 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 70 = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 40 \times 80 \text{ cm}^2$.

d. Balok induk tribun 1 tipe melintang

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \longrightarrow 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 70 = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 40 \times 80 \text{ cm}^2$.

e. Balok induk tribun 2 tipe memanjang

$$L = 894 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{894}{16} = 55,8 \longrightarrow 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 70 = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 40 \times 80 \text{ cm}^2$.

f. Balok induk tribun 2 tipe melintang

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \longrightarrow 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 70 = 40 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 40 \times 80 \text{ cm}^2$.

2. Balok Anak

a. Balok anak lantai 2

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{20} = \frac{800}{20} = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 40 = 20 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 20 \times 40 \text{ cm}^2$.

b. Balok anak tribun 2 tipe memanjang

$$L = 894 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{20} = \frac{894}{20} = 44,7 \longrightarrow 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 50 = 25 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 25 \times 50 \text{ cm}^2$.

c. Balok anak tribun 1 tipe memanjang

$$L = 670 \text{ cm}$$

$$h = \frac{L}{20} = \frac{670}{20} = 33,5 \text{ cm} \longrightarrow 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 40 = 20 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi balok $b \times h = 20 \times 40 \text{ cm}^2$.

3.5.2 Dimensi Kolom

a. Kolom Tipe A

$$\text{Lebar balok induk} + (2 \times 5)$$

$$30 + (2 \times 5) = 40 \longrightarrow 50 \text{ cm}^2$$

Jadi kolom tipe 1 diasumsikan menggunakan dimensi $50 \times 50 \text{ cm}$.

Kolom Tipe B dan Tipe C

$$\text{Lebar balok induk} + (2 \times 5)$$

$$35 + (2 \times 5) = 45 \longrightarrow 70 \text{ cm}^2$$

Jadi kolom tipe 2 dan 3 diasumsikan menggunakan dimensi 70 x 70 cm karena memikul beban yang besar yaitu beban struktur beton dan atap.

3.5.3 Pelat Lantai

Peraturan yang digunakan dalam menentukan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah SNI-1727-2013, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Dan Bangunan Lain", dan "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983" (PPIUG 1983).

Pendefinisian pelat satu arah dan dua arah dapat dilihat dari rasio panjang dan pendek pada suatu pelat. Perhitungan dimensi plat dua arah berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3 tebal pelat sebagai berikut.

- Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5.3.2
- Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\text{Ln} \cdot \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \text{ dan tidak boleh kurang dari 125 mm}$$

- Untuk $\alpha_{fm} \geq 2$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\text{Ln} \cdot \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm.}$$

Keterangan :

Ln = Panjang bentang bersih

Fy = Tegangan leleh baja

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah.

α_{fm} = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi–tepi dari suatu panel.

- Pelat lantai

$$L_y = 800 \text{ cm}$$

$$L_x = 800 \text{ cm}$$

$$L_{yn} = 800 - \left(\frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 850 \text{ cm}$$

$$L_{xn} = 400 - \left(\frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 350 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{850}{350} = 2,4 > 2 \text{ (Pelat 1 arah)}$$

Jadi diasumsikan menggunakan pelat dengan tebal 160 mm.

3.6 Resume Dimensi Komponen Struktur

Resume desain pendahuluan desain struktur adalah rekapitulasi dari seluruh desain awal pada struktur yang menyangkut komponen-komponen struktur yang di rangkum pada table 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Resume desain pendahuluan struktur

Komponen struktur	Dimensi (cm)
Kolom tipe A	50 x 50 cm ²
Kolom tipe B dan C	70 x 70 cm ²
Balok induk tribun 2 (tipe memanjang)	40 x 80 cm ²
Balok induk tribun 2 (tipe melintang)	40 x 80 cm ²
Balok induk tribun 1	

(tipe memanjang)	40 x 80 cm ²
Balok induk tribun 1 (tipe melintang)	40 x 80 cm ²
Balok induk lantai 2 (tipe memanjang dan melintang)	35 x 70 cm ²
Balok anak tribun 2	25 x 50 cm ²
Balok anak tribun 1	20 x 40 cm ²
Balok anak lantai 2	20 x 40 cm ²
Pelat lantai 2	Tebal 16 cm
Pelat tribun 1 dan 2	Tebal 16 cm

3.7 Menentukan Kategori Desain Sismik (KDS)

Semua jenis struktur harus ditentukan kategori desain sismiknya, kategori desain dinyatakan dalam huruf A sampai F dan diatur dalam SNI 1726:2012, struktur dengan resiko gempa paling kecil dikategorikan dalam KDS A, sedangkan struktur dengan kategori gempa paling tinggi dikategorikan dalam kategori F.

Untuk menentukan kategori desain sismik diperlukan data-data sebagai berikut :

Klasifikasi situs tanah = SC (tanah keras)

Kategori resiko bangunan $I_e = III (1,25)$

Periode pendek (S_s) = 0,8 maka $F_a = 1,15$ (interpolasi)

Periode 1 detik (S_1) = 0,3 maka $F_v = 1,5$ (interpolasi)

1). Hitung S_{MS} dan S_{M1}

$$S_{MS} = S_s \times F_a = 0,8 \times 1,15 = 0,92$$

$$S_{M1} = S_s \times F_v = 0,3 \times 1,5 = 0,45$$

2). Hitung S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,92 = 0,6$$

Kategori resiko III dan $S_{DS} = 0,6 \longrightarrow$ Kategori D (lihat bab II table 2.8)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,45 = 0,3$$

Kategori resiko III dan $S_{D1} = 0,3 \longrightarrow$ Kategori D (lihat bab II table 2.9)

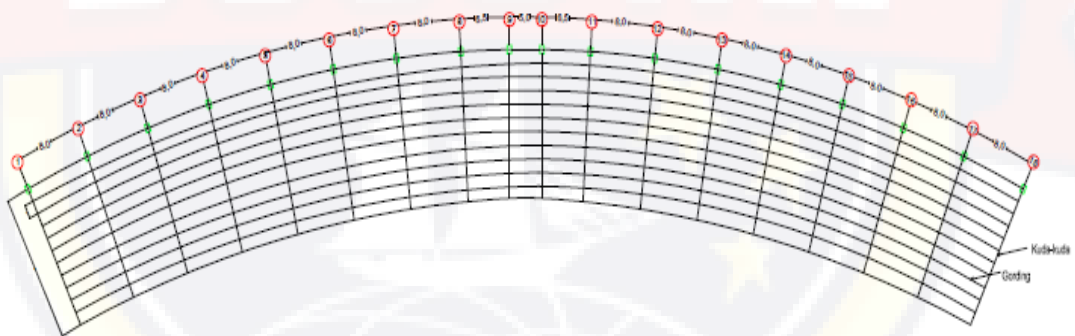
Jadi Kategori Desain Simsik (KDS) termasuk dalam kategori D, maka struktur rangka yang digunakan dalam perancangan adalah Stuktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Atap

Struktur atap menggunakan rangka batang, dimana batang yang digunakan terbuat dari material yang kuat dan ringan yang di satukan dengan penopang Interlocking dalam sebuah pola geometris. Space Frame biasanya di gunakan dalam struktur bentang multidireksi, dan juga sering digunakan dalam struktur yang memiliki bentang panjang tanpa penyangga. Sistem ini memperoleh kekuatan dari penyatuan kekakuan rangka Triangular. Beban-beban yang ada akan ditranformasikan kedalam gaya tekan dan tarik.



(Gambar 4.1 Rencana atap)

4.1.1 Perencanaan Gording Atap Utama

Untuk menentukan dimensi profil gording yang direncanakan pada bangunan ini, dihitung gording dengan bentang terpanjang = 8 m. Penutup atap yang digunakan adalah Metal Trimdeck dengan spesifikasi sebagai berikut :

: - Tebal = 0,45 mm

- Single Span = 1650 mm

- Internal Span = 1750 mm

- Overhang = 150 mm

- Berat = 4,59 kg/m² = 5 kg/m²

- Jarak antar gording = 1,5 m (horisontal)

- Jarak kuda-kuda = 8000 mm

- Sudut miring = 16°

- Jarak miring gording = $\frac{1500}{\cos 16^\circ} = 1560 \text{ mm} = 1,56 \text{ m}$

Gording direncanakan memakai profil Circular Hollow Sections (CHS) dengan spesifikasi sebagai berikut :

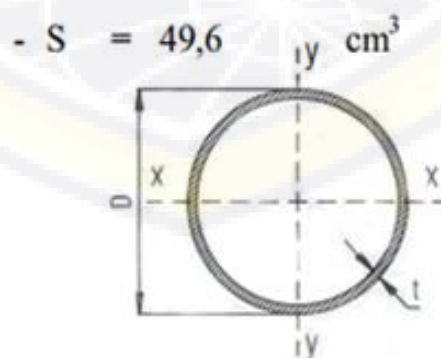
- Mutu Baja = BJ-41

- Kuat Putus (f_u) = 410 Mpa = 4.100 kg/cm²

- Kuat Leleh (f_y) = 250 Mpa = 2.500 kg/cm²

- Modulus Elastisitas (E) = $2,0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Dimensi Profil : (CSH-114,3-5,6)



(Gambar 4.2. Potongan penampang pipa CHS)

- $q = 15,00 \text{ kg/m}$

- $I = 283 \text{ cm}^4$

- $S = 49,6$

- $S = 49,6 \text{ cm}^3$

- $D = 114,3 \text{ mm}$

$t = 4,5 \text{ mm}$

- $r = 3,85 \text{ cm}$

4.1.2 Perhitungan Pembebanan Dan Momen

1. Beban Mati (DL)

Berat penutup Atap : $1,5 \times 5 = 0,075 \text{ KN/m}$

Berat profil CHS = $0,15 \text{ kN/m}$

Beban mati Total (DL) = $0,23 \text{ KN/m}$

- Momen Akibat DL

$$M_{xd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,23 \cdot \cos 16) \cdot 8^2 = 1,768 \text{ KN/m}$$

$$M_{yd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \sin \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,23 \cdot \sin 16) \cdot 8^2 = 0,507 \text{ KN/m}$$

2. Beban Hidup (LL)

a. Akibat beban terbagi rata (beban hujan)

$$q = 0,4 - (0,8 \times \alpha) \text{ KN/m}^2 = 0,4 - (0,8 \times 16) = 0,272 \text{ KN/m}^2 > 0,2 \text{ KN/m}^2$$

menurut peraturan pembebanan SNI 1727.2013, dipakai $0,2 \text{ KN/m}^2$

$$q = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ KN/m}^2$$

- Momen Akibat LL Merata

$$M_{xd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,3 \cdot \cos 16) \cdot 8^2 = 2,30 \text{ KN/m}$$

$$M_{yd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \sin \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,3 \cdot \sin 16) \cdot 8^2 = 0,6615 \text{ KN/m}$$

b. Akibat beban terpusat 1 orang

$P = 1 \text{ KN}$ (PPIUG 1983:Ps.3.2.1)

$$M_{xd} = \frac{1}{4} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot Lx = \frac{1}{4} \cdot (1 \cdot \cos 16) \cdot 8 = 1,9225 \text{ KN/m}$$

$$M_{yd} = \frac{1}{4} \cdot (q \cdot \sin \alpha) \cdot Ly = \frac{1}{4} \cdot (1 \cdot \sin 16) \cdot 8 = 0,5512 \text{ KN/m}$$

4.1.3 Beban Angin

Oleh karena penulis tidak melakukan pengambilan data pada lapangan, maka beban angin diasumsikan dengan menggunakan peraturan lama PPPURG 1987. Apabila bangunan dilaut dan ditepi laut sejauh 5 km, diambil beban minimum $W = 0,4 \text{ KN/m}^2$ (PPPURG 1987 pasal 2.1.3.2)

$$\text{Angin tekan} = c = (0,02 \times 22 - 0,4) - 0,6 = - 0,42$$

$$q = c \times w = -0,42 \times 40 = - 0,168 \text{ kg/m}$$

$$\text{Angin Hisap} = c = - 0,1$$

$$q = c \times w = - 0,1 \times 40 = - 4 \text{ kg/m}$$

- Momen Akibat W

$$M_{xd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (40 \cdot \cos 16) \cdot 8^2 = 3,076 \text{ KN/m}$$

$$M_{yd} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \sin \alpha) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (40 \cdot \sin 16) \cdot 8^2 = 0,88 \text{ KN/m}$$

4.1.4 Besar Momen Berdasarkan Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI-03-1729 :Ps.6.2.2

1) $M_u = 1,4 \cdot D$

$$M_{ux} = 1,4 \times 1,768 = 2,4752 \text{ KN/m}$$

$$M_{uy} = 1,4 \times 0,507 = 0,7098 \text{ KN/m}$$

2) $M_u = 1,2 \times D + 1,6 \times L + 0,5 \times (L_r)$

$$M_{ux} = 1,2 \times 1,768 + 1,6 \times 1,9225 + 0,5 \times 2,30 = 6,3476 \text{ KN/m}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 0,507 + 1,6 \times 0,5512 + 0,5 \times 0,6615 = 2,7964 \text{ KN/m}$$

3) $M_u = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } H) + (\gamma_L \cdot L \text{ atau } 0,8 \cdot W)$

$$M_{ux} = 1,2 \times 1,768 + 1,6 \times 2,30 + 0,8 \times 3,076 = 8,2624 \text{ KN/m}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 0,507 + 1,6 \times 0,5512 + 0,8 \times 0,88 = 2,194 \text{ KN/m}$$

4) $M_u = 1,2 \times D + 1,3 \times W + L + 0,5 \times (L_r \text{ atau } H)$

$$M_{ux} = 1,2 \times 1,768 + 1,3 \times 3,076 + 1,9225 + 0,5 \times 2,30 = 9,1929 \text{ KN/m}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 0,507 + 1,3 \times 0,88 + 1 \times 0,5512 + 0,5 \times 0,6615 = 2,634 \text{ KN/m}$$

5) $M_u = 0,9 \cdot D + (1,3 \times W \text{ atau } 1,0 \times E)$

$$M_{ux} = 0,9 \times 1,768 + (1,3 \times 3,076) = 5.59 \text{ KN/m}$$

$$M_{uy} = 0,9 \times 0,507 + 1,3 \times 0,88 = 1,6003 \text{ KN/m}$$

Dari kombinasi pembebanan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai terbesar adalah kombinasi nomor 4, yaitu sebesar 9,1929 KN/m.

4.1.5. Kontrol Profil

Kombinasi pembebanan berdasarkan SIN-03- 1729:Ps.6.2.2 Kontrol penampang profil (SNI 03-1729-2002 Ps. 8.2.2)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{114,3}{4,5} = 25,4$$

$$\lambda_p = \frac{8000}{f_y} = \frac{8000}{250} = 32$$

$\lambda \leq \lambda_p$ penampang kompak

Kuat nominal komponen struktur terhadap lentur

$M_n = S \times f_y$ (SNI 03-1729-2002 Pasal 8.2.1-d)

$$M_n = S \times f_y = 49,6 \times 2500 = 124000 \text{ kg/cm} = 12,4 \text{ kN/m}$$

Berdasarkan [SNI 03-1729-2002 Pasal 8.1.3]

$$\mu_u \leq \phi M_n \rightarrow \phi = 0,9$$

$$9,1929 \text{ KN/m} \leq 0,9 \times 1,240 \text{ kN/m}$$

$$9,1929 \text{ kN/m} < 11,16 \text{ kN/m} \dots \text{Ok}$$

4.1.6 Kontrol Lendutan

Berdasarkan (SNI 03-1729-2002 Pasal 6.4.3) komponen struktur harus memenuhi batas lendutan maksimum yang diberikan di bawah ini :

$$\text{Lendutan ljin : } f = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,33$$

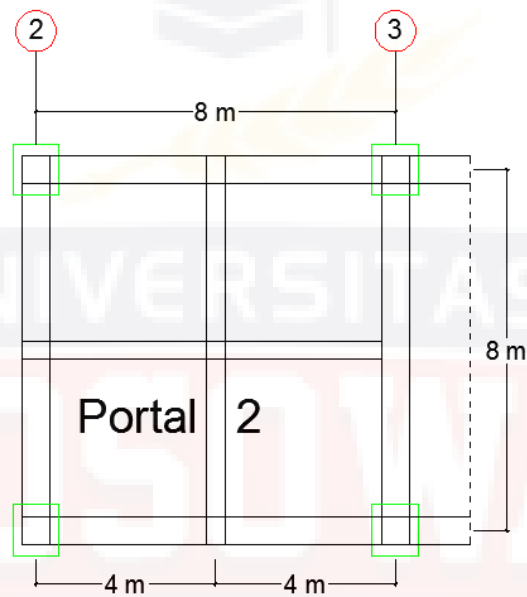
$$f = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \times (0,75 \times 0,15 \times 0,023) \times 800^4}{384 \times 20 \times 10^6 \times 283} + \frac{100 \cdot 800^3}{48 \times 20 \times 10^6 \times 283} = 3,012 \text{ cm}$$

$$f \leq \bar{f} = 3.012 \text{ cm} \leq 3,33 \text{ cm}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa lendutan yang terjadi pada gording memenuhi syarat, jadi profil gording memenuhi batas kekuatan yang ada.

4.2 Perencanaan Pelat Lantai



(Gambar 4.3. Denah lantai 2)

Data – data perencanaan

- Tebal pelat 17 cm
- Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Decking : 0.02 m
- L_x : 8 m
- L_y : 4 m
- Tulangan Lentur rencana : D 13 mm

- Tulangan Susut Rencana : \emptyset 12 mm

- ϕ : 0.9

- b : 1 m

- β_1 : 0.85

4.2.1 Pembebanan Pelat Lantai

Beban mati

Beban mati yang bekerja pada plat lantai 1 meliputi :

- Berat plat lantai = $0,17 \times 24$ = 4,08 KN/m²
- Berat spesi setebal 2 cm = 2×21 = 0,42 KN/m²
- Berat keramik setebal 1 cm = 1×22 = 0,22 KN/m²
- Beban plafon dan penggantung = 0,18 KN/m²
- Beban Instalasi ME = 0,40 KN/m²
- Total beban mati = 5,3 KN/m²

Beban hidup

Beban Hidup untuk stadion (LL) = 4 KN/m²

Kombinasi Pembebanan

$$1,2.DL + 1,6.LL = 1,2 \times 5,3 + 1,6 \times 4 = 12,76 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan pelat diambil ukuran 400 x 400 cm. Dengan asumsi terjepit penuh pada sisi yang satu dan elastis pada sisi yang satunya.

$$\frac{L_n}{L_x} = \frac{400}{400} = 1 \text{ (pelat 2 arah)}$$

4.2.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai

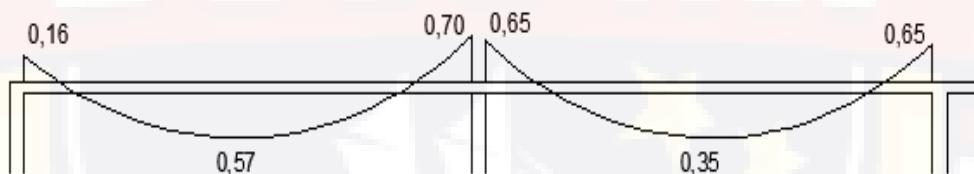
$$\beta = \frac{4000 - 700}{400 - 700} = 1$$

$$H = \frac{L_n \times 0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9 \times \beta} = \frac{7300 \times 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + 9 \times 1} = 173,04 > \text{Ok } 90$$

Jadi tebal pelat digunakan 170 mm.

4.2.3 Perhitungan Momen Pelat Lantai

Untuk menentukan koefisien momen yang terjadi pada pelat digunakan peraturan Beton Bertulang SNI 2847:2013 pasal 13.6.3.3 dimana l_n , diukur dari muka tumpuan ke muka tumpuan dalam arah momen yang ditinjau.



(Gambar 4.4. koefisien momen pelat menerus)

$$M_o = \frac{q_u \times L_1 \times L_2}{8} = \frac{12,76 \times 4 \times (4 - 0,7)}{8} = 69,47 \text{ kN}$$

$$\text{negatif eksterior} = 0,16 \times M_o = 0,16 \times 69,47 = 11,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{negatif interior} = 0,70 \times M_o = 0,70 \times 69,47 = 48,62 \text{ kN/m}$$

$$\text{positif eksterior} = 0,57 \times M_o = 0,57 \times 69,47 = 39,60 \text{ kN/m}$$

$$\text{positif interior} = 0,35 \times M_o = 0,35 \times 69,47 = 24,31 \text{ kN/m}$$

Yang dipakai adalah momen terbesar :

Negatif interior = 48,62 kN/m

positif eksterior = 39,60 kN/m

4.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

1. Menentukan Tinggi efektif (d)

$$d = h - t.\text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \phi \text{ tulangan}$$

$$= 170 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} = 142,5 \text{ mm}$$

2. Tulangan minimum dan maksimum

a. Rasio tulangan minimum :

Tulangan minimum dan maksimum SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 tulangan minimum untuk struktur lentur.

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{400} = 0,0035$$

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

Rasio tulangan untuk komponen lentur dalam kondisi balanced :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,032$$

Tulangan maksimum untuk struktur lentur :

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

1. Penulangan tumpuan (negatif)

$$M_u = - 48,62 \text{ KN/m}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{48,62}{0,9} = 54,02 * 10^6 \longrightarrow 54022222 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{54022222 \text{ N/mm}}{1000 \text{ mm} \times (142,5 \text{ mm})^2} = 2,66 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,244}{400}} \right) = 0,0070$$

$$\text{Syarat } \rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 \leq 0,0070 \leq 0,024 \text{ (ok)}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \times b \times d_x = 0,0070 \times 1000 \text{ mm} \times 142,5 \text{ mm} = 1003,1 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan pelat berdiameter D 13, maka jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu} .

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{1003,1} = 132,25$$

Direncanakan jarak tulangan, $S_{\text{maks}} = 120 \text{ mm}$

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 2847:2013 pasal 13.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \times h = 2 \times 170 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

$$120 \text{ mm} \leq 340 \text{ mm (Ok)}$$

Dipakai tulangan D 13 - 120

Luas tulangan pakai

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \times \pi \times b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{120 \text{ mm}}$$

$$= 1106 \text{ mm}^2$$

Kontrol kekuatan pikul penampang

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b \times d} = \frac{1106}{1000 \times 142,5} = 0,0078$$

$$\text{Syarat : } \rho \geq \rho_{min} = 0,0072 \geq 0,0035 \text{ ..ok}$$

$$\alpha = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1106 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 17$$

$$M_n = \phi \cdot A_{spakai} \cdot f_y \left(dx \frac{\alpha}{2} \right) = 0,9 \times 1020 \times 400 \left(142,5 - \frac{17}{2} \right)$$

$$= 53263306,7 / 10^6 \text{ N/mm} \longrightarrow 53,26 \text{ kN/m}$$

$$\text{Syarat : } M_n \geq M_{nl_x}$$

$$53,26 \text{ KN/m} \geq 48,62 \text{ KN/m} \text{ ..Ok}$$

2. Penulangan lapangan (positif)

$$M_u = 39,40 \text{ KN/m}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{39,4}{0,9} = 43,78 * 10^6 \longrightarrow 43777777,78 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{43777777,78 \text{ N/mm}}{1000 \text{ mm} \times (142,5 \text{ mm})^2} = 2,16 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 2,16}{400}} \right) = 0,0057$$

$$\text{Syarat } \rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 \leq 0,0057 \leq 0,024 \text{ (ok)}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \times b \times d_x = 0,0057 \times 1000 \text{ mm} \times 142,5 \text{ mm} = 803,56 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan pelat berdiameter D 13, maka jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu} .

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{803,56} = 165,097$$

Direncanakan jarak tulangan, $S_{\text{maks}} = 160 \text{ mm}$

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 2847:2013 pasal 13.3.2

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times h = 2 \times 170 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

160 mm ≤ 340 mm (Ok)

Dipakai tulangan D 13 - 130

Luas tulangan pakai

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13)^2 \times 1000 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} = 829 \text{ N/mm}$$

Kontrol kekuatan pikul penampang

$$\rho = \frac{A_{spakai}}{b \times d} = \frac{829}{1000 \times 142,5} = 0,0058$$

Syarat : $\rho \geq \rho_{min} = 0,0058 \geq 0,0035$..ok

$$\alpha = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{829,156 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 13$$

$$M_n = \phi \cdot A_{spakai} \cdot f_y \left(d \times \frac{\alpha}{2} \right) = 0,9 \times 1020 \times 400 \left(142,5 - \frac{13}{2} \right)$$

$$= 40594538,9/10^6 \text{ N/mm} \longrightarrow 40,59 \text{ KN/m}$$

Syarat : $M_n \geq M_{nl_x}$

40,59 KN/m ≥ 39,40 KN/m ..Ok

2. Tulangan Susut

Perhitungan Tulangan Susut menurut SNI 2847 : 2013 pasal 7.12.2.1

sebagai berikut :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 160 \text{ mm} = 320 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu} .

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{Sperlu}}}$$
$$= \frac{0,25 \times 3,14 \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{320} = 245,31$$

Digunakan jarak 200 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 2847:2013 pasal 17.12.2.2

$$S_{\text{max}} \leq 5 \times h = 5 \times 160 = 800 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 800 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\emptyset 10\text{--}200$

Luas tulangan pakai

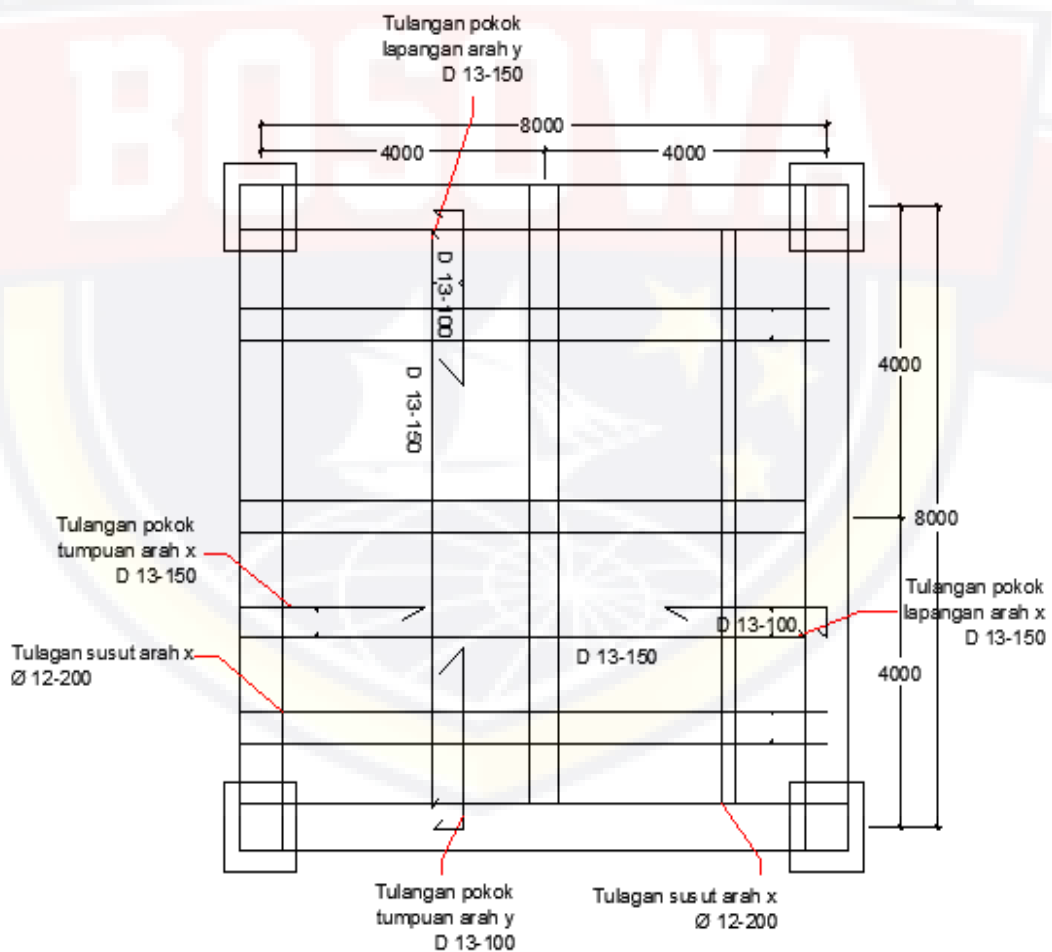
$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$
$$= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392, \text{ mm}^2$$

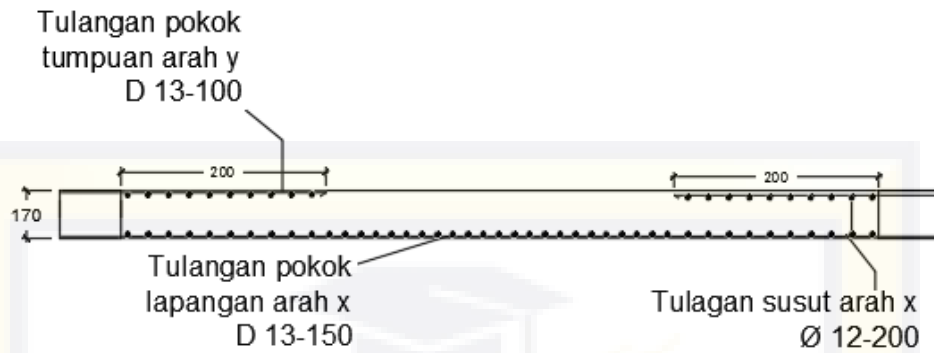
4.2.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Pelat lantai	Tebal 17 cm	Digunakan
Tulangan tumpuan arah X	D 13-120	D 13-100
Tulangan lapangan arah X	D 13-160	D 13-150
Tulangan tumpuan arah Y	D 13-120	D 13-100
Tulangan lapangan arah Y	D 13-160	D 13-150
Tulangan susut arah X	Ø 10-200	Ø 10-200
Tulangan susut arah Y	Ø 10-200	Ø 10-200



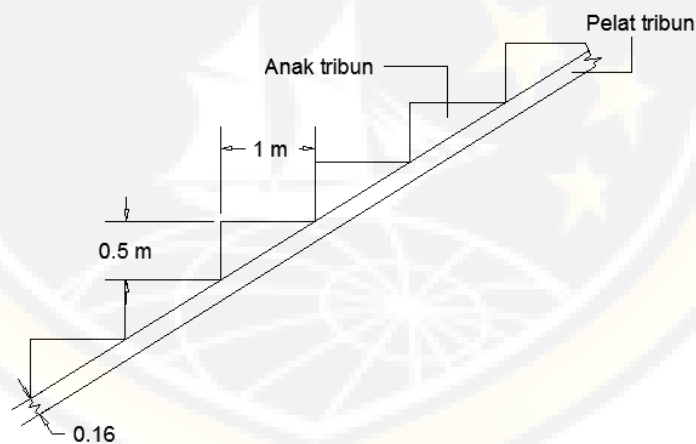
Gambar 4.5 Sketsa penulangan pelat lantai



Gambar 4.6 Potongan penulangan pelat lantai

4.3 Perencanaan Tribun

Perencanaan tribun pada stadion ini, hanya direncanakan 1 model type tribun. Momen pada tribun dihitung dengan berdasarkan SNI 2847 2013. Beban pada yang diperhitungkan yaitu beban mati, akibat berat sendiri dan beban hidup orang untuk lantai tribun dengan data-data sebagai berikut.



Gambar 4.7. Sketsa tribun

4.3.1 Dimensi Tribun

- Elevasi lantai = + 2,50 s/d + 13,5 m
- Tinggi anak tribun = 50 cm

Lebar anak tribun = 100 cm

Sudut Kemiringan tribun = 27°

Tebal pelat tribun = 16 cm

Mutu beton, (f_c') = 30 Mpa

Mutu baja, (f_y) = 400 Mpa

Diameter tulangan utama = D 13 mm

4.3.2 Pembebanan Pada Tribun

Beban mati

Berat sendiri pelat = $0,16 \times 24 = 3,84 \text{ KN/m}^2$

Berat anak tribun = $(\frac{1}{2} \times 1 \times 0,5) \times 24 = 6 \text{ KN/m}^2$

Plafond & penggantung = $0,18 \text{ KN/m}^2$

Spesi ($t=2\text{cm}$) = $0,02 \times 21 = 0,42 \text{ KN/m}^2$

Tegel ($t=1\text{cm}$) = $0,01 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 0,24 \text{ KN/m}^2$

Total beban mati = $10,68 \text{ KN/m}^2$

Beban hidup

Beban hidup untuk tribun penonton = $4,79 \text{ KN/m}^2$

Kursi penonton = $2 \times 0,03 = 0,06 \text{ KN/m}^2$

$$\underline{\text{Total beban hidup}} = 4,85 \text{ KN/m}^2$$

Kombinasi Pembebanan

$$q_{ult} = 1.2 q_{dl} + 1.6 q_{ll} = 1,2 \times 10,68 + 1,6 \times 4,85 = 20,57 \text{ KN/m}^2$$

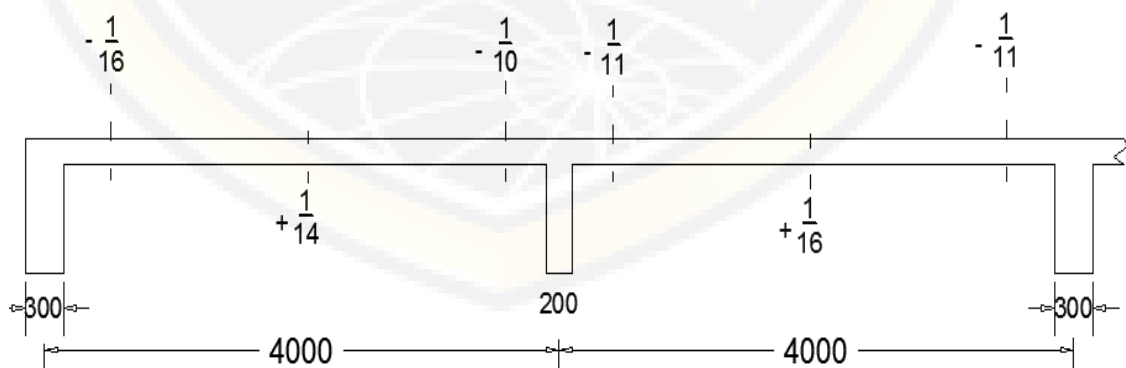
Perhitungan pelat diambil ukuran 400 x 100 cm. Dengan asumsi terjepit elastis pada kedua sisinya.

Perhitungan pelat diambil ukuran 400 x 100 cm. Dengan asumsi terjepit penuh pada sisi yang satu dan elastis pada sisi yang satunya.

$$\frac{L_n}{L_x} = \frac{400}{100} = 4 \text{ (pelat 1 arah)}$$

4.3.3 Perhitungan Momen

Untuk menentukan koefisien momen yang terjadi pada pelat digunakan peraturan Beton Bertulang SNI 2847 2013, Pasal 8.3.3 dimana L_n diambil sebesar panjang bentang bersih yang berseblahan dengan momen terbesar yang terjadi adalah pada muka tumpuan interior pertama.



Gambar 4.8. Koefisien momen balok dan pelat menerus

- Koefisien momen

Momen negatif pelat ujung :

$$\frac{1}{16} \times \mu \times L^2 = \frac{1}{16} \times 20,57 \times 4^2 = - 20,57 \text{ KN/m}^2$$

Momen positif pelat ujung :

$$\frac{1}{14} \times \mu \times L^2 = \frac{1}{14} \times 20,57 \times 4^2 = 23,509 \text{ KN/m}^2$$

Momen negatif pelat luar :

$$\frac{1}{10} \times \mu \times L^2 = \frac{1}{10} \times 20,57 \times 4^2 = - 32,912 \text{ KN/m}^2$$

Momen negatif pelat dalam :

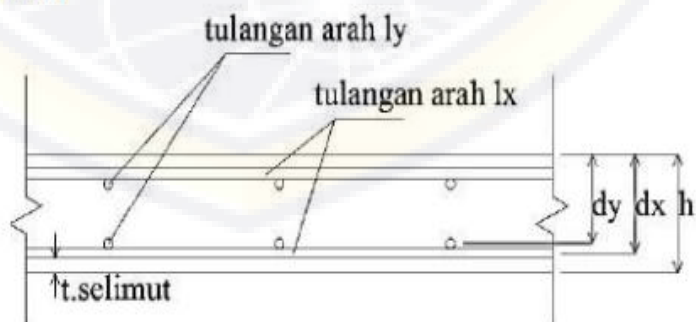
$$\frac{1}{11} \times \mu \times L^2 = \frac{1}{11} \times 20,57 \times 4^2 = - 29,92 \text{ KN/m}^2$$

Yang dipakai adalah momen terbesar, $\mu = - 32,912 \text{ KN/m}^2$

4.3.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tribun

a. Menentukan Tinggi efektif (d)

Tinggi efektif



Gambar 4.9 Tinggi efektif pelat

$$d = h - t.\text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \text{ tulangan}$$

$$= 160 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} = 133,5 \text{ mm}$$

b. Tulangan minimum dan maksimum

1. Rasio tulangan minimum :

Tulangan minimum dan maksimum SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 tulangan minimum untuk struktur lentur.

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

Rasio tulangan untuk komponen lentur dalam kondisi balanced :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,032$$

Dan tulangan maksimum untuk struktur lentur :

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

2. Penulangan pelat arah x

$$M_{lx} = 32,912 \text{ KN/m}$$

$$Mn_{lx} = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{32,912}{0,9} = 36,569 \times 10^6 \longrightarrow 36568889 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{Mn_{lx}}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{36568889 \text{ N/mm}}{1000 \text{ mm} \times (133,5 \text{ mm})^2} = 2,05 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 2,05}{400}} \right) = 0,0054$$

Syarat $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$

$$0,0035 \leq 0,0054 \leq 0,024$$

Digunakan $\rho = 0,0054$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x = 0,0054 \times 1000 \text{ mm} \times 133,5 \text{ mm} = 714,82 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan pelat berdiameter D 13, maka jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu} .

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{714,82} = 158,138$$

Direncanakan jarak tulangan 200 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 2847:2013 pasal 13.3.2

$$S_{\max} \leq 2 \times h = 2 \times 160 \text{ mm} = 320 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 320 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D 13 - 150

Luas tulangan pakai

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 884,433 \text{ mm}^2$$

Kontrol kekuatan pikul penampang

$$\rho = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot d_x} = \frac{884,433}{1000 \times 133,5} = 0,0066$$

Syarat : $\rho \geq \rho_{\min} = 0,0066 \geq 0,0035 \dots \text{ok}$

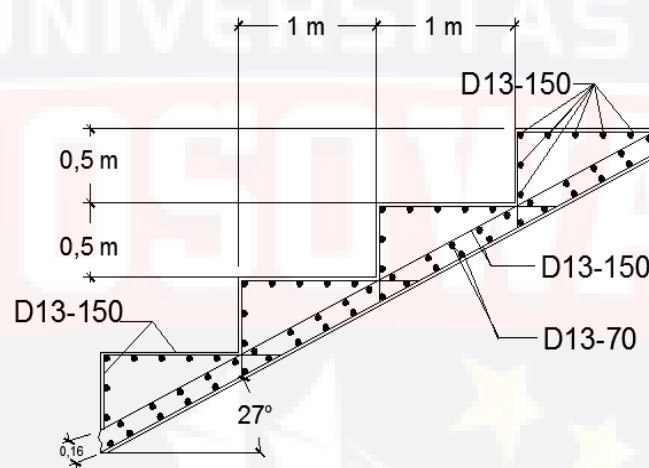
$$\alpha = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{884,433 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 13,87$$

$$M_n = \phi \cdot A_{spakai} \cdot f_y \left(dx \frac{\alpha}{2} \right) = 0,8 \times 884,433 \times 400 \left(133,5 - \frac{13,87}{2} \right)$$

$$= 35819767,35 \text{ N/mm}$$

Syarat :

$$M_n \geq M_u = 35,82 \text{ KN/m} \geq 32,912 \text{ KN/m} \dots \text{Ok}$$



Gambar 4.10 Sketsa penulangan tribun

4.4 Perencanaan Balok

Balok yang ditinjau adalah balok yang mempunyai peran dengan memikul beban yang paling besar dari balok yang lain, yaitu balok induk melintang tribun 2 dengan data – data dan gambar berikut ini.

Bentang bersih Balok = 7940 mm

Lebar balok b = 350 mm

Tinggi balok h = 700 mm

Diameter tulangan D lentur = 22 mm

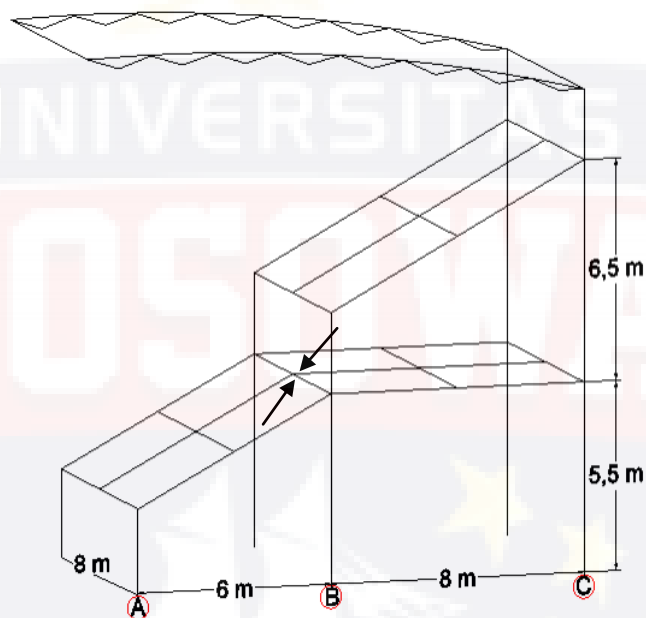
Diameter tulangan \emptyset geser = 12 mm

Mutu bahan

Kuat tekan beton f_c = 30 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur f_{yl} = 400 Mpa

Kuat leleh tulangan geser f_{yv} = 240 Mpa



Gambar 4.11 Balok yang di tinjau

4.4.1 Hasil Output Dan Diagram Gaya Dalam Dari Analisa SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, didapatkan gaya dalam yang dapat digunakan perhitungan penulangan. Adapun dalam pengambilan hasil output dari analisa SAP 2000 gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan, kombinasi pembebanan yang dipakai adalah kombinasi beban gravitasi dan beban gempa yang berdasarkan SNI 1726 : 2012. Kombinasi pembebanan non gempa :

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

Kombinasi pembebanan gempa :

1. $U = 1.2D + 1Ex + 0.3Ey + 1L$
2. $U = 1.2D + 0.3Ex + 1Ey + 1L$
3. $U = 0.9D + 1Ex + 0.3Ey$
4. $U = 0.9D + 0.3Ex + 1Ey$

Untuk perhitungan tulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. Kombinasi $1.2D + 1.6L + 0.5 Lr$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

4.4.2 Persyaratan Balok Memenuhi Definisi Komponen Lentur

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan komponen SRPMK harus memenuhi ketentuan – ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.



Gambar 4.12 Diagram axial balok akibat beban gravitasi dan gempa

a. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi
 $0,1 \times A_g \times f_c = 0,1 \times 350 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \times 30 \text{ N / mm}^2 = 735000 \text{ N}$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi pada komponen struktur sebesar =
 $91882,53 \text{ N} < 735000 \text{ N/mm}$ (memenuhi syarat).

b. Bentang bersih tidak boleh kurang dari 4 tinggi efektif

$$d = h - t \times \text{cover} - \text{tul geser} - 0,5 \times \text{tul lentur}$$

$$d = 700 - 40 - 12 - 0,5 \times 22$$

$$d = 637 \text{ mm}$$

$$4.d = 4 \times 637 \text{ mm} = 2548 \text{ mm}$$

$$L_n = 8940 \text{ mm} > 4.d = 2548 \text{ mm} \text{ (memenuhi syarat).}$$

c. Perbandingan lebar dan tinggi tidak boleh kurang 0,3

$$b = 350 \text{ mm}, h = 700, b / h = 350 / 700 = 0,5 > 0,3 \text{ (memenuhi syarat).}$$

d. Lebar balok tidak boleh

- Kurang dari 250 mm, $b_{\text{balok}} = 350 \text{ mm}$ (memenuhi syarat)

- Melebihi lebar tumpuan, $b_{\text{balok}} = 350 \text{ mm} < b_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$ (memenuhi syarat).

4.4.2 Hitung Keperluan Tulangan Balok Untuk Menahan Momen Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.2 Faktor 1 β_1 harus diambil sebesar 0,8 (interpolasi) untuk beton dengan nilai kuat tekan f'_c 30 MPa

- ρ dalam keadaan seimbang, ρ_b (SNI 2847:2013 pasal B.8.4.2)

$$\rho_b = \left(\frac{0,8 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,8 \times 0,80 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,029$$

- ρ maksimum tidak boleh kurang dari $0,75 \times \rho_b$ (SNI 2847:2013 Pasal B.10.3.3)

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho = 0,75 \times 0,030 = 0,022$$

ρ_{min} (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

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

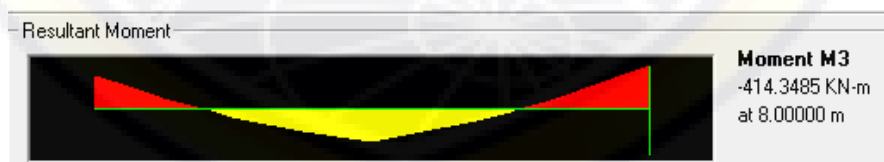
$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

4.4.3 Koefisien Momen Pada balok

Koefisien momen pada balok dihitung dengan bantuan aplikasi sap 2000 V.14 dengan hasil analisa sebagai berikut.

1) Daerah tumpuan kanan (Momen Negatif)

Berdasarkan analisa struktur dari sap 2000, momen yang terjadi akibat kombinasi pembebanan (1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr) sebesar = - 414,35 KN/m seperti diagram momen di bawah berikut ini.

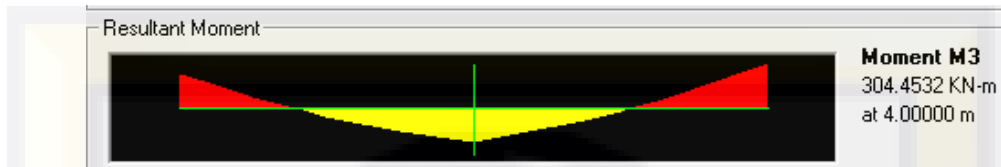


Gambar 4.13 Diagram momen tumpuan akibat gravitasi

2) Daerah lapangan (Momen Positif)

Berdasarkan analisa struktur dari sap 2000, momen yang terjadi akibat

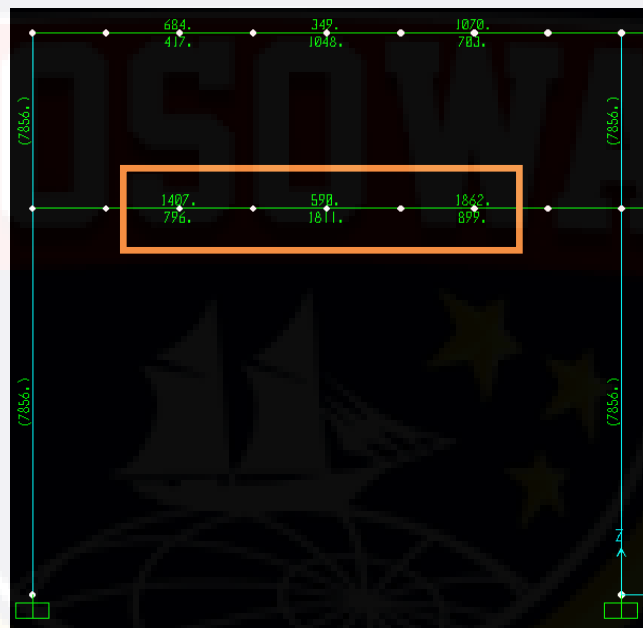
kombinasi pembebanan (1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr) sebesar = 304,45 KN/m seperti diagram momen di bawah berikut ini.



Gambar 4.14 Diagram momen lapangan akibat gravitasi

4.4.4 Menghitung Kebutuhan Tulangan Balok

Kebutuhan tulangan balok dianalisa dengan bantuan aplikasi 2000 v.14.



Gambar 4.15 Kebutuhan tulangan lentur balok

1). Daerah tumpuan (momen negatif)



Gambar 4.16 Diagram momen tumpuan akibat gravitasi

$$Mu = - 414,34$$

Penampang balok	Tulangan utama	Tulangan utama
	Tumpuan atas	Tumpuan bawah
35 X 70 cm	1862 mm	899 mm

a. Jumlah tulangan atas

$$A_s = 1862 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times \phi^2} = \frac{1862}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} = 4,9$$

Digunakan 6 D 22 = 2279,6 > $A_s = 1845$ (memenuhi syarat)

1. Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \phi_{\text{sejangkang}} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (6 \times 22)}{6 - 1} = 22,8 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1 Jarak bersih antara tulangan sejajar

dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

$$S > 25 \text{ m}$$

22,8 < 25 mm (tidak memenuhi syarat).

Karena spasi tulangan tidak memenuhi syarat, maka digunakan 2 lapis tulangan, lapis pertama 3 D 22 dan lapis kedua 3 D 22 dengan jarak spasi bersih antar lapis 25 mm.

- Kontrol spasi tulangan :

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1} = 90 \text{ mm (memenuhi syarat)}$$

b. Jumlah tulangan bawah

$$A_s = 899 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times \emptyset^2} = \frac{899}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} = 2,4$$

Digunakan 3 D 22 = 1139,8 > $A_s = 644$ (memenuhi syarat)

Kontrol

2. Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1} = 90 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1 Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

$$S > 25 \text{ mm}$$

$$90 \text{ mm} > 25 \text{ mm (memenuhi syarat)}$$

c. Kontrol kekuatan

$$d_{\text{aktual}} = h - t_{\text{selimut}} - \frac{1}{2} \times \text{tul, sengkang} - \frac{1}{2} \times \emptyset \text{ tul, utama}$$

$$d_{\text{aktual}} = 700 - 40 - \frac{1}{2} \times 12 - \frac{1}{2} \times 22 = 643 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2279,6 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 102,17$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right)$$

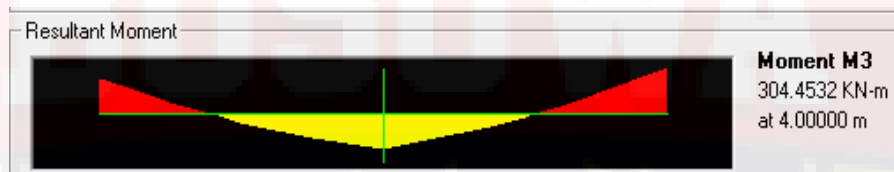
$$M_n = 2279,64 \times 400 \left(643 - \frac{102,17}{2} \right)$$

$$M_n = 539741818,94 \text{ N/mm}^2 / 10^6 \longrightarrow 539,742 \text{ KN/m}$$

Syarat : $\phi \times M_n > M_u$

$$0,9 \times 539,742 = 485,77 > 414,34 \text{ (Ok)}$$

2). Daerah lapangan (Momen Positif)



Gambar 4.17 Diagram momen lapangan akibat gravitasi

M_u Lapangan = 304,45 KN/m

Penampang balok	Tulangan utama lapangan atas	Tulangan utama lapangan bawah
35 x 70 cm	590 mm	1811 mm

a. Jumlah tulangan atas

$$A_s = 590 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times \phi^2} = \frac{590}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} = 1,5$$

Digunakan 3 D 22 = 1139,8 > $A_s = 585$ (memenuhi syarat)

Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1} = 90 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1 Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

$$S > 25 \text{ mm}$$

$$202 > 25 \text{ mm (memenuhi syarat)}$$

b. Jumlah tulangan bawah

$$A_s = 1811 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times \emptyset^2} = \frac{1811}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} = 4,47$$

Digunakan 5 D 22 = 1899,7 > 1811 (memenuhi syarat)

Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (5 \times 22)}{5 - 1} = 34 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1 Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

$S > 25 \text{ mm}$

$32 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$ (memenuhi syarat)

c. Kontrol kekuatan

$$d_{\text{aktual}} = h - t_{\text{selimut}} - \frac{1}{2} \times \text{tul, sengkang} - \frac{1}{2} \times \text{Ø tul, utama}$$

$$d_{\text{aktual}} = 700 - 40 - \frac{1}{2} \times 12 - \frac{1}{2} \times 22 = 643$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1899,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 85,14$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1899,7 \times 400 \left(643 - \frac{85,14}{2} \right)$$

$$M_n = 456254514,26 \text{ N/mm}^2/10^6 \longrightarrow 456,2545 \text{ KN/m}$$

Syarat : $\phi \times M_n > M_u$

$$0,9 \times 456,2545 = 387,816 > 304,45 \dots \text{OK}$$

4.4.5 Menghitung Momen Kapasitas Mpr

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung balok dengan tegangan lentur balok mencapai $1,25 f_y$ dan faktor reduksi $\phi = 1$.

a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

- Tulangan negatif yang terpasang di muka kolom interior (-)

$$A_s = 6 \text{ D } 22 = 2280 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{1,25 A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 2280 \times 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 127,71 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 2280 \times 400 \times \left(643 - \frac{127,71}{2} \right) \times 10^{-6} = 660,12 \text{ kN.m}$$

- Tulangan positif yang terpasang di muka kolom eksterior (+)

$$A_s = 3 \text{ D } 22 = 1140 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{1,25 A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 1140 \times 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 63,86 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 1140 \times 400 \times 643 \frac{63,86}{2} \times 10^{-6} = 348,26 \text{ kN.m}$$

b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

- Tulangan negatif yang terpasang di muka kolom eksterior (-)

$$A_s = 6 \text{ D } 22 = 2280 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{1,25 A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 2280 \times 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 127,71 \text{ mm}$$

$$M_{pr3} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 2280 \times 400 \times 643 \left(\frac{127,71}{2} \right) \times 10^{-6} = 660,12 \text{ kN/m}$$

- Tulangan yang terpasang di muka kolom eksterior, $A_s = 3 \text{ D } 22 = 1140 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{1,25 A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 1140 \times 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 63,86 \text{ mm}$$

$$M_{pr4} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 1140 \times 390 \times \left(643 - \frac{63,86}{2} \right) \times 10^{-6} = 348,25 \text{ kN.m}$$

4.4.6 Pemutusan Tulangan Lentur Balok

Agar diperoleh panjang penghentian terbesar, harus dipakai kombinasi beban 0,9 DL + kemungkinan kuat momen M_{pr} diujung komponen.

1. Tulangan negatif di muka kolom interior

Jumlah tulangan negatif yang terpasang di muka kolom interior 6 D 22. Tiga buah tulangan D 22 akan dipasang menerus di sepanjang bentang. Tiga tulangan D 22 akan di *cutoff* sehingga $A_s = 1140 \text{ mm}^2$. Kuat momen negatif penampang dengan konfigurasi tulangan seperti ini adalah:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1140 \times 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 63,86 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,8 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,8 \times 1140 \times 400 \times \left(643 - \frac{63,86}{2} \right) \times 10^{-6} = 222,89 \text{ kN.m}$$

$$W_u = 0,9D = 0,9 \times 67,85 = 60,56 \text{ kN/m}$$

$$V_s = \frac{W_u l_n}{2} = \frac{60,56 \times 7,30}{2} = 221,01 \text{ kN}$$

$$V_{s\text{ka}} = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{l_n} = \frac{660,12 + 348,26}{7,3} = 138,13 \text{ kN}$$

Total reaksi di ujung kiri balok :

$$221,01 - 138,13 = 82,881 \text{ kN (Arah gaya geser ke bawah)}$$

Total reaksi di ujung kanan balok :

$$221,01 + 138,13 = 359,15 \text{ kN (Arah gaya geser ke atas)}$$

Untuk memperoleh lokasi penampang momen 222,89 kN/m pada balok ambil penjumlahan di muka kolom interior :

$$60,55 \times \left(\frac{1}{2} x\right) - 359,15 X + 660,12 - 222,88 = 0$$

$$30,276 X^2 - 359,15 X + 437,24 = 0$$

$$X = \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2 \times a}$$

$$= \frac{359,15 - \sqrt{-359,15^2 - 4 \times 30,276 \times 437,24}}{2 \times 30,276} = 1,4$$

Sesuai Pasal 12.10(3) tulangan 3m D 22 akan dihentikan sejauh ℓ (pilih yang terbesar):

$$\ell = x + d = 1,4 + 0,643 = 2,043 \text{ m}$$

Atau

$$\ell = x + 12 D_{tul} = 1,4 + 12 \times 0,022 = 1,66 \text{ m dari muka kolom}$$

Panjang $\ell = 2,043 \text{ m}$ harus lebih panjang dari ℓ_d yaitu panjang penyaluran (Pasal 12.10(3) yang dihitung dengan rumus tersebut di Pasal 12.2(2).

$$\ell_{dh} = \left(\frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,1 \times \lambda \times f'_c} \right) db$$

Dengan faktor-faktor :

$$\Psi_t = 1,3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \times 1,3 \times 1}{1,1 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) 22 = 1898,77 \text{ mm} \longrightarrow 1,9 \text{ m}$$

Ternyata $\ell = 2 \text{ m} > \ell_d = 1,9 \text{ m}$, jadi tulangan 3 D 22 dipasang sepanjang 2 m dari muka kolom, lalu dihentikan.

Perlu diamankan pula bahwa penghentian tulangan ini tidak boleh dilakukan didaerah tarik kecuali kondisi Pasal 12.10.5 dipenuhi. Dalam kasus ini, titik balik momen kira-kira berada 3,9 m dari muka kolom $> \ell = 2 \text{ m}$. Karena tempat penghentian berada di daerah tarik, perlu ada pengamanan. Ada 2 pilihan pengamanan sebagaimana tersebut di Pasal 12.10(5(1)) atau 12.10(5(2)). Dicoba dulu solusi kemungkinan V_u dari tulangan geser terpasang $2/3 \phi V_n$ lebih besar dari gaya geser berfaktor V_u , berikut ini diperiksa ketentuan ini dilokasi = 2 m

$$V_u = \phi (359,15 - 2 \times 60,56) = 179 \text{ kN}$$

$$\frac{2}{3} \phi V_n = \frac{2}{3} \times 0,75 \times (V_s + V_c)$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,75 \times \left[\frac{226 \times 240 \times 643}{82,881} + \frac{\sqrt{30}}{6} 350 \times 643 \right]$$

$$= 313 \text{ kN} > V_u = 179 \text{ kN (pada jarak 1,75 m)}$$

Karena $2/3 \phi V_n > V_u$ maka penghentian 3 D 22 boleh dilakukan pada $> \ell = 2 \text{ m}$ dari muka kolom interior.

Jadi panjang pemutusan tulangan lentur tarik digunakan = 2 m

2). Panjang Penyaluran Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2871:2013 pasal 12.3.2 untuk tulangan ulir, tetapi tidak boleh kurang dari 200 mm

$$\ell_{dc} = \left(\frac{0,24 \times f_y \times db}{\lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) = \frac{0,24 \times 400 \times 22}{2 \times \sqrt{30}} = 385,6 \longrightarrow 400 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan tekan dipakai = 400 mm.

4.4.7 Panjang Penyaluran Kait Tulangan Lentur

1). Panjang penyaluran kait tidak boleh kurang dari $12 \times db$

$$12 \times 22 = 264 \longrightarrow 300 \text{ mm}$$

2). Berdasarkan Sni 2847:2013 pasal 12.5.2 panjang penyaluran dasar I_{hb} untuk suatu bentang berkait dengan dengan tulangan ulir harus dengan nilai Ψ_e dan $\lambda = 1,0$.

$$\ell_{dh} = \left(\frac{0,24 \times \Psi_e \times fy}{\lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) db = \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} 22 = 385,6 \longrightarrow 400 \text{ mm}$$

Jadi $\ell_{dh} = 400 \text{ mm}$ masuk dalam kolom dengan panjang kait = 300 mm.

4.4.8 Menghitung Jarak Tulangan Geser

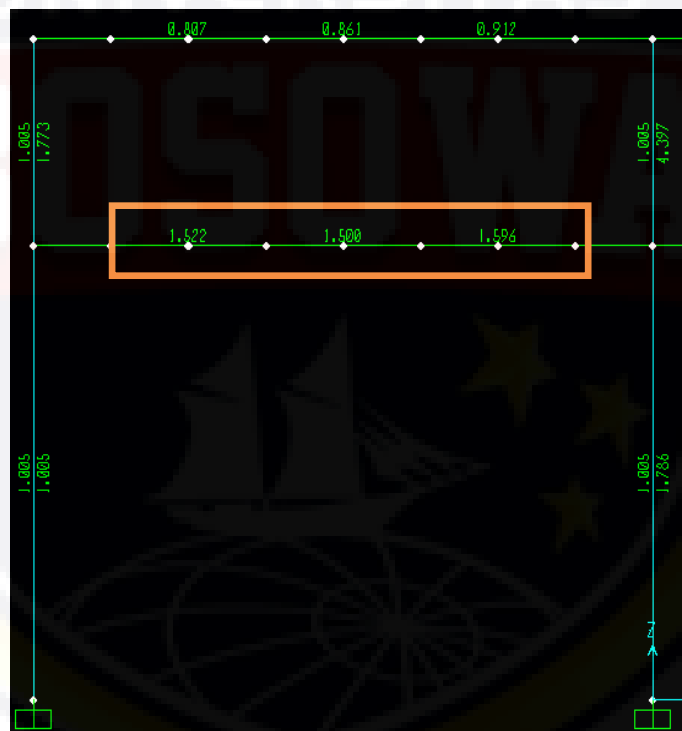
Tulangan geser dihitung dengan bantuan aplikasi sap 2000 V.14 dengan mengambil hasil analisa kebutuhan tulangan lapangan dan tulangan tumpuan yang terbesar. dengan data sebagai berikut.

Data – data tulangan geser

Diameter tulangan \emptyset geser = 12 mm

Jarak tumpuan = 100 mm

Jarak lapangan = 120 mm



Gambar 4.18 Kebutuhan tulangan geser

Penampang balok	Tulangan geser tumpuan	Tulangan geser lapangan
Balok 30 x 70	1,5	1,59

a) Perhitungan tulangan geser tumpuan

$$A_s = 1,6$$

$$S = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 226 \text{ mm}$$

Digunakan jarak sengkang 100 mm

$$S / 150 = 226 / 100 = 2,26 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

b) Perhitungan tulangan geser lapangan

$$A_s = 1,54$$

$$S = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 226 \text{ mm}$$

Digunakan jarak sengkang 150 mm

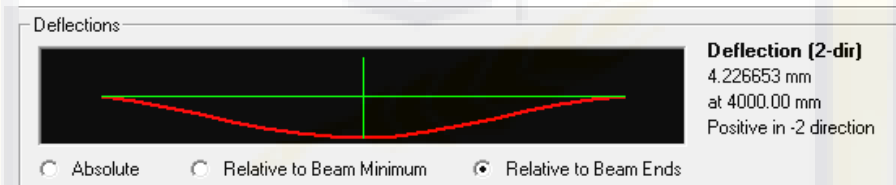
$$S / 200 = 226 / 150 = 1,67 > 1,59 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Dengan demikian pada kedua ujung komponen struktur lentur pada daerah tumpuan lapangan di pasang sengkang sejarak $2 \times h$ ($2 \times$

700 = 1400). Sedangkan sengkang pertama dari muka tumpuan dipasang sejarak tidak lebih dari 50 mm.

4.4.9 Kontrol Lendutan

Lendutan dihitung dengan bantuan aplikasi sap 2000 V.14. Kontrol lendutan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.1.



Gambar 4.19.Lendutan akibat pembebanan

$$\Delta = 6,83 \text{ mm}$$

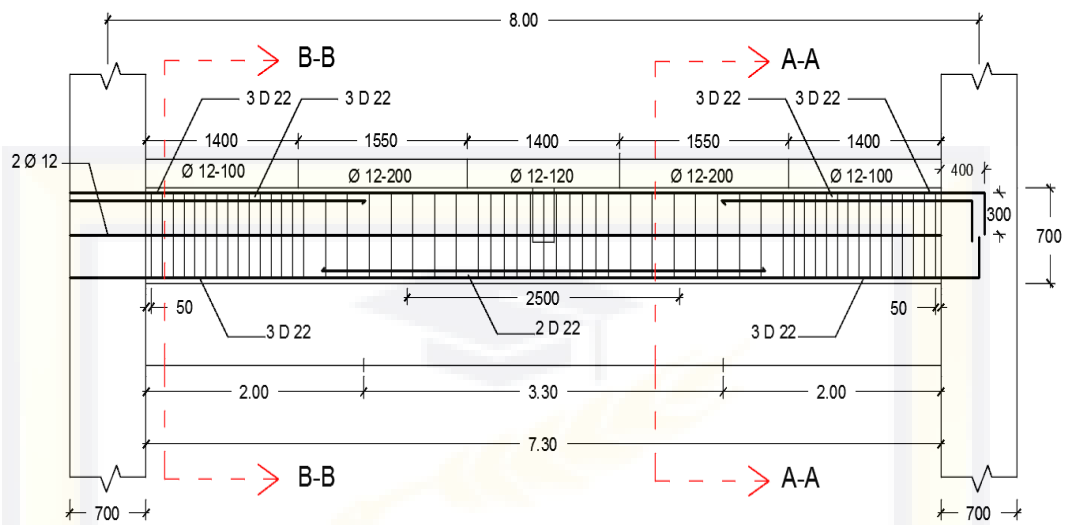
$$\lambda \Delta = \frac{L}{480} = \frac{8000}{480} = 16,67 \text{ mm}$$

16,67 mm > 4,22mm (memenuhi syarat)

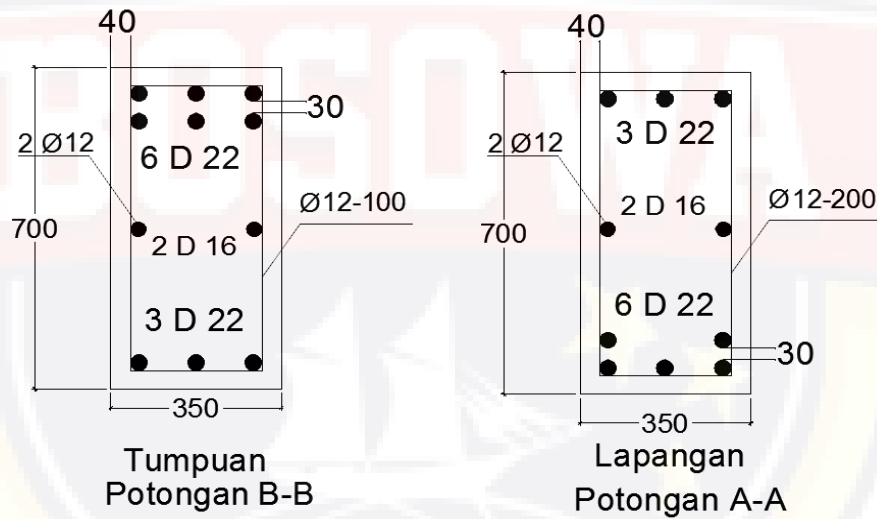
4.4.10 Rekapitulasi Penulangan Balok

Tabel 4.2 Resume Penulangan Balok

Penampang balok	Balok 35 x 70
Tulangan pokok tumpuan atas	6 D 22
Tulangan pokok tumpuan bawah	3 D 22
Tulangan pokok lapangan atas	3 D 22
Tulangan pokok lapangan bawah	5 D 22
Tulangan geser tumpuan	Ø 12 - 100
Tulangan geser lapangan	Ø 12 - 200
Tulangan susut	2 Ø 12



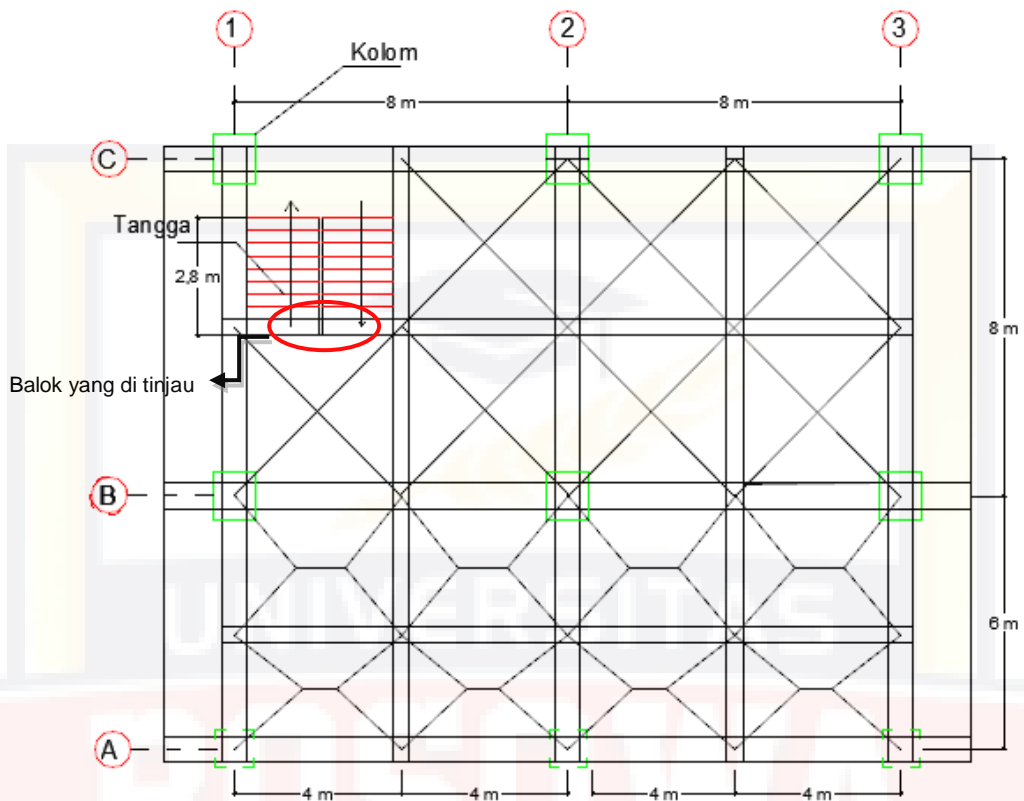
Gambar 4.20 Sketsa penulangan balok



Gambar 4.21 Potongan penulangan balok

4.5. Perencanaan Balok Pemikul Tangga

Balok pemikul tangga direncanakan harus mampu memikul beban tangga agar struktur aman dalam penggunaannya. Balok pemikul tangga adalah balok anak yang ditopang oleh balok induk seperti yang terlihat pada gambar 4.22 berikut ini.



Gambar 4.22 Distribusi beban ampol pada balok

4.5.1. Perhitungan Tangga

Tebal pelat tangga di rencanakan = 14 cm

Untuk tangga $h = 450$ cm

Tinggi injakan $t = 25$ cm

Lebar injakan $b = 30$ cm

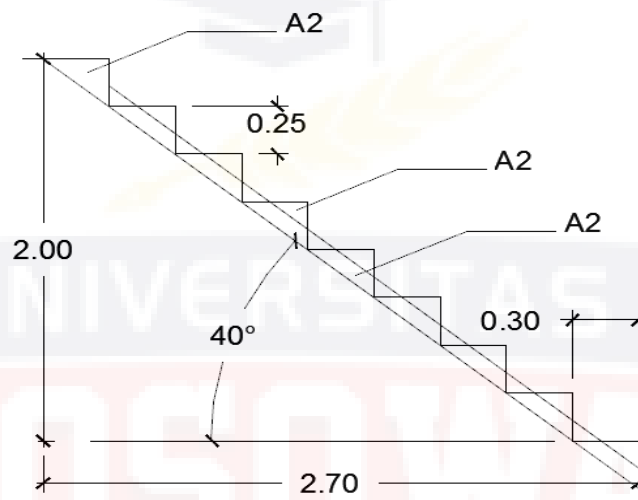
Beda tinggi lantai ke bodres :

$$\frac{h}{2} = \frac{450}{2} = 225 \text{ cm}$$

Jumlah injakan :

$$\frac{h/2}{t} - 1 = \frac{250}{25} - 1 = 9$$

1. Perhitungan Tebal Pelat Rata - Rata Anak Tangga



Gambar 4.23 Sketsa dimensi tangga

$$\text{Luas A1} = \frac{1}{2} \times \frac{t}{2} \times \frac{b}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{25}{2} \times \frac{30}{2} = 93,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas A2} = \frac{1}{2} \times t \times b = \frac{1}{2} \times 25 \times 30 = 375 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas A3} = \text{A2} - \text{A1} = 375 - 100 = 275 \text{ cm}^2$$

$$\text{Miring A1} = \sqrt{\left(\frac{25}{2}\right)^2 + \left(\frac{30}{2}\right)^2} = 19,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Miring A2} = \sqrt{25^2 + 30^2} = 39 \text{ cm}^2$$

$$t_{\text{rata-rata}} = \frac{2 \times \text{Luas A3}}{\text{miring A1} + \text{miring A2}} = \frac{2 \times 275}{19,5 + 39} = 9,40 \rightarrow 10 \text{ cm}^2$$

2. Perhitungan Pembebanan Dan Anlisa Struktur Tangga

- Beban mati

$$\text{Berat pelat tangga} = 0,14 \times 24 : \cos 40^{\circ} = 4,38 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat anak tangga} = 0,10 \times 24 : \cos 40^{\circ} = 3,1 \text{ KN/m}$$

$$\text{Spesi 2 + tegel} = 0,02 \times (21 + 24) : \cos 40^{\circ} = 1,17 \text{ KN/m}$$

$$\text{Sandaran tangga} = 0,5 \text{ +}$$

$$\text{Total beban mati} = 9,15 \text{ KN/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{Beban hidup} = 4 \text{ KN/m}$$

4.5.2. Perhitungan Balok

Data – data balok sebagai berikut.

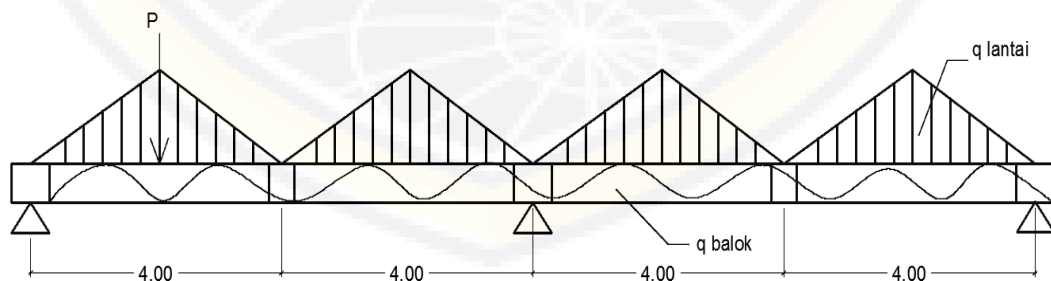
$$H = 40 \text{ cm}$$

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

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

$$\text{Tulangan utama } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan geser} = 240 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.24 Sketsa gambar beban segitiga pada balok

- Merubah beban segitiga menjadi beban merata :

$$\text{Berat Pelat lantai 16 cm} = 0,16 \times 24 = 3,84 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Spesi 2 + tegel} = 0,02 \times (21 + 24) = 1,17 \text{ KN/m}^2 +$$

$$= 5,01 \text{ KN/m}^3$$

$$\frac{1}{2} \times q \times L = \frac{1}{2} \times 5,01 \times 4 = 10,02 \text{ KN/m}$$

1. Pemebanan Dan Analisa Struktur

Pembebanan balok yang bekerja pada satuan panjang

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,4 \times 0,2) \times 24 = 1,92 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Tangga (qDekuivalen)} = 9,15 \times 4 = 36,6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Berat beban mati tambahan} = 10,02 \text{ KN} +$$

$$\text{Total beban mati} = 48,54 \text{ KN/m}$$

$$\text{Beban hidup} = 4 \text{ KN/m}$$

$$q_u = 1,2 (\text{DL}) + 1,6 \text{ LL} = 1,2 \times (48,54) + 1,6 \times (4) = 83,848$$

1. Tulangan minimum dan maksimum

- Rasio tulangan minimum :

Tulangan minimum dan maksimum SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 tulangan minimum untuk struktur lentur.

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

Rasio tulangan untuk komponen lentur dalam kondisi balanced :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,032$$

Dan tulangan maksimum untuk struktur lentur :

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$d = h - t.\text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \text{ tulangan}$$

$$= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm} = 354 \text{ mm}$$

2. Penulangan Tumpuan (Momen Negatif)

$$M_u = \frac{1}{24} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{24} \times 83,848 \times 4^2 = 55,89$$

$$M_t = - 55,89 \text{ KN/m}$$

$$\frac{55,89}{0,9} = 62,1 \times 10^6 \longrightarrow 62100000 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{M_t}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{62100000 \text{ N/mm}}{1000 \text{ mm} \times (354 \text{ mm})^2} = 0,50 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,50}{400}} \right) = 0,0012$$

$$\text{Syarat } \rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \leq 0,0012 \leq 0,024 \text{ (tidak memenuhi syarat)}$$

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 10.5.3 ρ_{perlu} di naikan 1,3 %

$$1,3 \times 0,0012 = 0,0015 < \rho_{\text{maks}} \ 0,024$$

Digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0015$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 354 \text{ mm} = 552,24 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan balok berdiameter D 16, maka jumlah tulangan yang diperlukan n, sebagai berikut.

- Jumlah tulangan atas yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{552,24}{0,25 \times 3,14 \times 16^2} = 2,74 \longrightarrow 3 \text{ batang}$$

Digunakan 4 D 16 = 803,94 mm² > 552,24 mm²

- Jumlah tulangan bawah yang diperlukan

Berdasarkan SNI 2847 2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari ½ kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut

Digunakan 2 D 16 = 401,92

- **Kontrol spasi antar tulangan**

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{4 - 1} = 12 \text{ mm (tidak ok)}$$

Karena spasi tulangan tidak memenuhi syarat, maka digunakan 2 lapis tulangan, lapis pertama 2 D 16 dan lapis kedua 2 D 16 dengan jarak spasi bersih antar lapis 25 mm.

Kontrol spasi tulangan :

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{2 - 1} = 68 \text{ mm (memenuhi syarat)}$$

- Kontrol kekuatan pikul penampang

$$d_{\text{aktual}} = h - t_{\text{selimut}} - \frac{1}{2} \times \text{tul, sengkang} - \frac{1}{2} \times \emptyset \text{ tul, utama}$$

$$d_{\text{aktual}} = 400 - 40 - \frac{1}{2} \times 10 - \frac{1}{2} \times 16 = 373 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{803,94 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} = 63,05$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 803,94 \times 400 \left(373 - \frac{63,05}{2} \right)$$

$$M_n = 109809502,5 \text{ N/mm}^2 / 10^6 \longrightarrow 109,80 \text{ KN/m}$$

Syarat : $\emptyset \times M_n > M_u$

$$0,9 \times 109,80 = -98,82 > -55,89 \text{ (Ok)}$$

3. Penulangan Lapangan (Momen positif)

$$V_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L = \frac{1}{8} \times 83,848 \times 4^2 = 167,744$$

$$M_t = 167,744 \text{ KN/m}$$

$$M_n \frac{M_t}{\phi} = \frac{167,744}{0,9} = 186,33 \times 10^6 \longrightarrow 186330000 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{M_t}{b \cdot d_x^2} = \frac{186330000 \text{ N/mm}}{1000 \text{ mm} \times (354 \text{ mm})^2} = 1,48 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,48}{400}} \right) = 0,0038$$

$$\text{Syarat } \rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 \leq 0,0038 \leq 0,024 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x = 0,0038 \times 1000 \text{ mm} \times 354 \text{ mm} = 1356 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan balok berdiameter D 16, maka jumlah tulangan yang diperlukan n, sebagai berikut.

- Jumlah tulangan bawah yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{1356}{0,25 \times 3,14 \times 16^2} = 6,75 \longrightarrow 8 \text{ batang}$$

$$\text{Digunakan } 8 \text{ D } 16 = 1607,68 \text{ mm}^2 > 1356 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan atas yang diperlukan

Berdasarkan SNI 2847 2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/4 kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut

$$\text{Digunakan } 3 \text{ D } 16 = 602,88$$

Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (8 \times 16)}{8 - 1} = -4 \text{ mm (tidak ok)}$$

Karena spasi tulangan tidak memenuhi syarat, maka digunakan 3 lapis tulangan, lapis pertama 3 D 16, 3 D 16, dan 2 D 16 dengan jarak spasi bersih antar lapis 25 mm.

Kontrol spasi tulangan :

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1} = 26 \text{ mm (memenuhi syarat)}$$

- Kontrol kekuatan pikul penampang

$$d_{\text{aktual}} = h - t_{\text{selimut}} - \frac{1}{2} \times \text{tul, sengkang} - \frac{1}{2} \times \emptyset \text{ tul, utama}$$

$$d_{\text{aktual}} = 400 - 40 - \frac{1}{2} \times 10 - \frac{1}{2} \times 16 = 373 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1607,68 \times 400}{0,85 \times 30 \times 200} = 126,09$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1607,68 \times 400 \left(373 - \frac{126,09}{2} \right)$$

$$M_n = 199322562,2 \text{ N/mm}^2 / 10^6 \longrightarrow 199,32 \text{ KN/m}$$

Syarat : $\phi \times Mn > Mu$

$$0,9 \times 199,32 = 179,39 > 167,744 \text{ (Ok)}$$

4. Tulangan Geser

- hitung gaya yang terjadi akibat pembebanan

$$Vu = \frac{qu \times L}{2} = \frac{83,848 \times 4}{2} = 167,70$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} = \frac{167,70}{0,75} = 223,6 \text{ N}$$

Dipakai tulangan ϕ 10 mm ($As = 78,5$)

$$S = \frac{2 \times As \times fy \times d}{Vs} = \frac{2 \times 78,5 \times 240 \times 373}{223,6} = 62856,17 \rightarrow 62,85 \text{ mm}$$

Dimana $S_{maks} = 0,5 \times d = 0,5 \times 373 = 186,5 \text{ mm}$

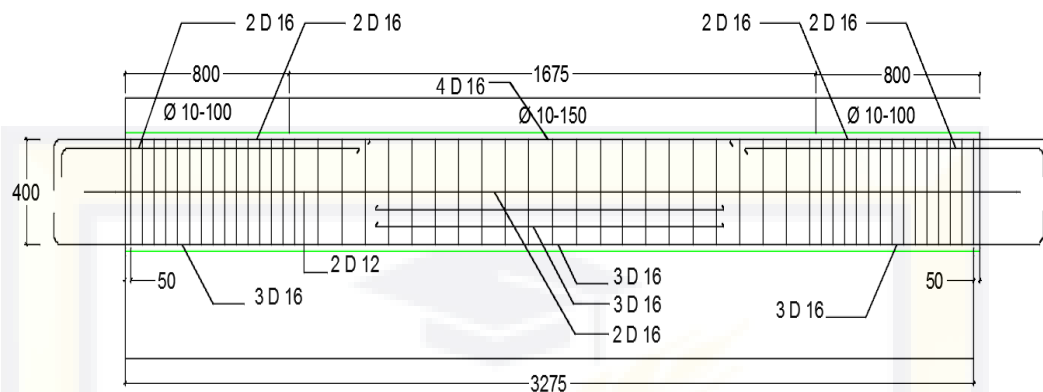
Jadi di pakai jarak tulangan geser

Tumpuan = ϕ 10 - 100

Lapangan = ϕ 10 - 150

Tabel 4.6 Resume Penulangan Balok Tangga

Penampang balok	Balok 20 x 40
Tulangan pokok tumpuan atas	4 D 16
Tulangan pokok tumpuan bawah	2 D 22
Tulangan pokok lapangan atas	3 D 22
Tulangan pokok lapangan bawah	8 D 22
Tulangan geser tumpuan	ϕ 10 - 100
Tulangan geser lapangan	ϕ 10 - 150



Gambar 4.25 Sketsa penulangan balok pemikul tangga

4.6. Perencanaan Kolom

Kolom yang ditinjau adalah yaitu kolom tipe B yang memikul beban terbesar yaitu lantai 2, tribun1, dan dan tribun 2. Kolom didesain dan bantuan aplikasi sap 2000 v.14 dan dipastikan mampu memikul beban dengan data – data dan gambar berikut.

Bentang bersih Kolom = 5000 mm

Ukuran kolom = 700 x 700 mm²

Diameter tulangan D lentur = 25 mm

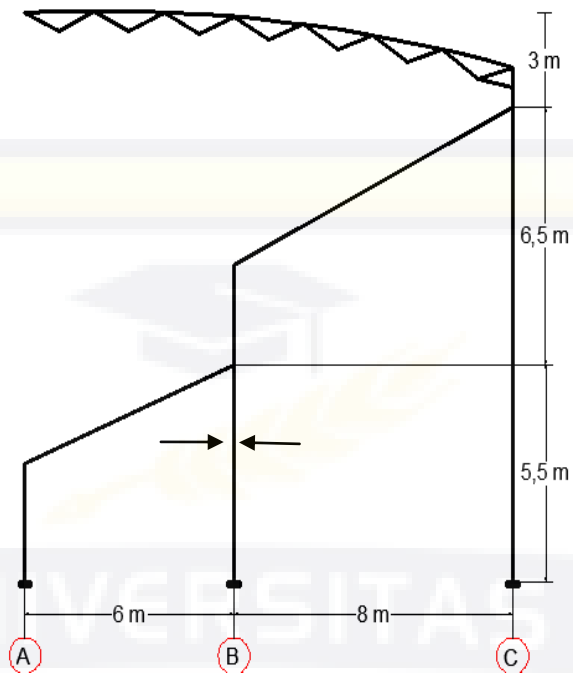
Diameter tulangan Ø geser = 12 mm

Mutu bahan

Kuat tekan beton f'_c = 30 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur f_y = 400 Mpa

Kuat leleh tulangan geser f_y = 240 Mpa



Gambar 4.26 Kolom yang ditinjau

4.5.1 Hasil Output Dan Diagram Gaya Dalam Analisa Sap 2000

Dari analisa SAP 2000, didapatkan gaya dalam yang dapat digunakan perhitungan penulangan. Adapun dalam pengambilan hasil output dari analisa SAP 2000 gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan, kombinasi pembebanan yang dipakai adalah kombinasi beban gravitasi dan beban gempa yang berdasarkan SNI 1726 : 2012.

Kombinasi pembebanan non gempa :

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

5. $U = 1,2 D + 1,0 E + L + 0,2 (Lr, S \text{ atau } R)$

6. $U = 0,9 D + 1,0 W$

7. $U = 0,9 D + 1,6 E$

Kombinasi pembebanan gempa:

1. $U = 1.2D + 1Ex + 0.3Ey + 1L$

2. $U = 1.2D + 0.3Ex + 1Ey + 1L$

3. $U = 0.9D + 1Ex + 0.3Ey$

4. $U = 0.9D + 0.3Ex + 1Ey$

4.5.2 Persyaratan Kolom Memenuhi Definisi Komponen Lentur

Kolom harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan komponen SRPMK harus memenuhi ketentuan – ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.



Gambar 4.27 Diagram gaya axial (-) akibat beban gravitasi dan gempa

1. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $0,1 \times A_g \times f_c = 0,1 \times 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \times 30 \text{ N} / \text{mm}^2 = 1.470.000 \text{ N}$
Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi pada komponen struktur sebesar $= 1.231.184,61 \text{ N} < 1.470.000 \text{ N}$ (memenuhi syarat).
2. Bentang sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
 $b \text{ kolom} = 700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (memenuhi syarat)

3. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4

$$\text{Rasio} = \frac{h \text{ kolom}}{b \text{ kolom}} = \frac{800}{800} = 1 > 0,4 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4.5.3. Penulangan Kolom

Kolom di rencanakan dengan tulangan utama 20 D 25 mm dengan tulangan sengkang \emptyset 12-100 untuk tumpuan dan \emptyset 12-200 untuk lapangan.

Kontrol spasi antar tulangan

$$S = \frac{b - 2 \times t_{\text{selimut}} - \emptyset \text{ sengkang} - n \text{ tul, lentur}}{n - 1}$$
$$S = \frac{700 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (6 \times 25)}{6 - 1} = 73,3 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1 Jarak bersih antar tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

$$S > 25 \text{ mm}$$

$$73,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi syarat)}$$

1. Pengekangan kolom

Berdasarkan SNI:2847 2013 pasal 21.6.4.1 ujung-ujung kolom sepanjang ℓ_0 harus dikekang dengan spasi sesuai Pasal 21.6.4.3 oleh tulangan transversal (A_{sh}).

1) Daerah ℓ_0

$$h = 700$$

$$1/6 \times \ell_n = 1/6 \times (5500 - 700) = 800$$

400 mm

Digunakan yang terbesar $\ell_0 = 800$ mm

Jarak sengkang diatur dalam SNI 21.6.4.3 menyatakan spasi maksimum tulangan geser :

$$1/4 \times b \text{ terkecil} = 1/4 \times 7000 = 1750 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \frac{350 - hx}{3} = 100 + \left\{ \frac{350 - 0,5 \times 700 - 2 \left(40 + \frac{12}{2} \right)}{3} \right\}$$

$$= 115,67$$

Digunakan jarang sengkang pada daerah muka tumpuan $\ell_0 = 800$ mm

dengan jarak 100 mm

2). Hitung luas tulangan geser pada daerah ℓ_0

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 yang menyatakan luas sengkang tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = \frac{0,3 - s \times b - f'_c}{f_{yt}} \times \frac{A_g}{A_{ch}} - 1$$

$$A_{sh} = \frac{0,3 - 100 \times 658 - 30}{240} \times \frac{700 \times 700}{(700 - 2 - 40)^2} - 1 = 677,85$$

$$n = \text{Ash} / \text{Luas } \emptyset 12 = \frac{677,85}{113,04} = 6$$

Jadi, untuk sengkang pada daerah ℓ_0 dipakai $\emptyset 12-100$ sebanyak 6 kaki

2. Sambungan tulangan kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran sambungan batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan diambil terbesar dari :

a. $l_{dc} = (0,24 \times f_y \times \lambda / \sqrt{f_c}) \times d_b$

$$l_{dc} = (0,24 \times 400/1 \times \sqrt{30}) \times 25$$

$$= 438,31 \text{ mm}$$

b. $l_{dc} = (0,043 \times f_y) \times d_b$

$$l_{dc} = (0,043 \times 400) \times 25$$

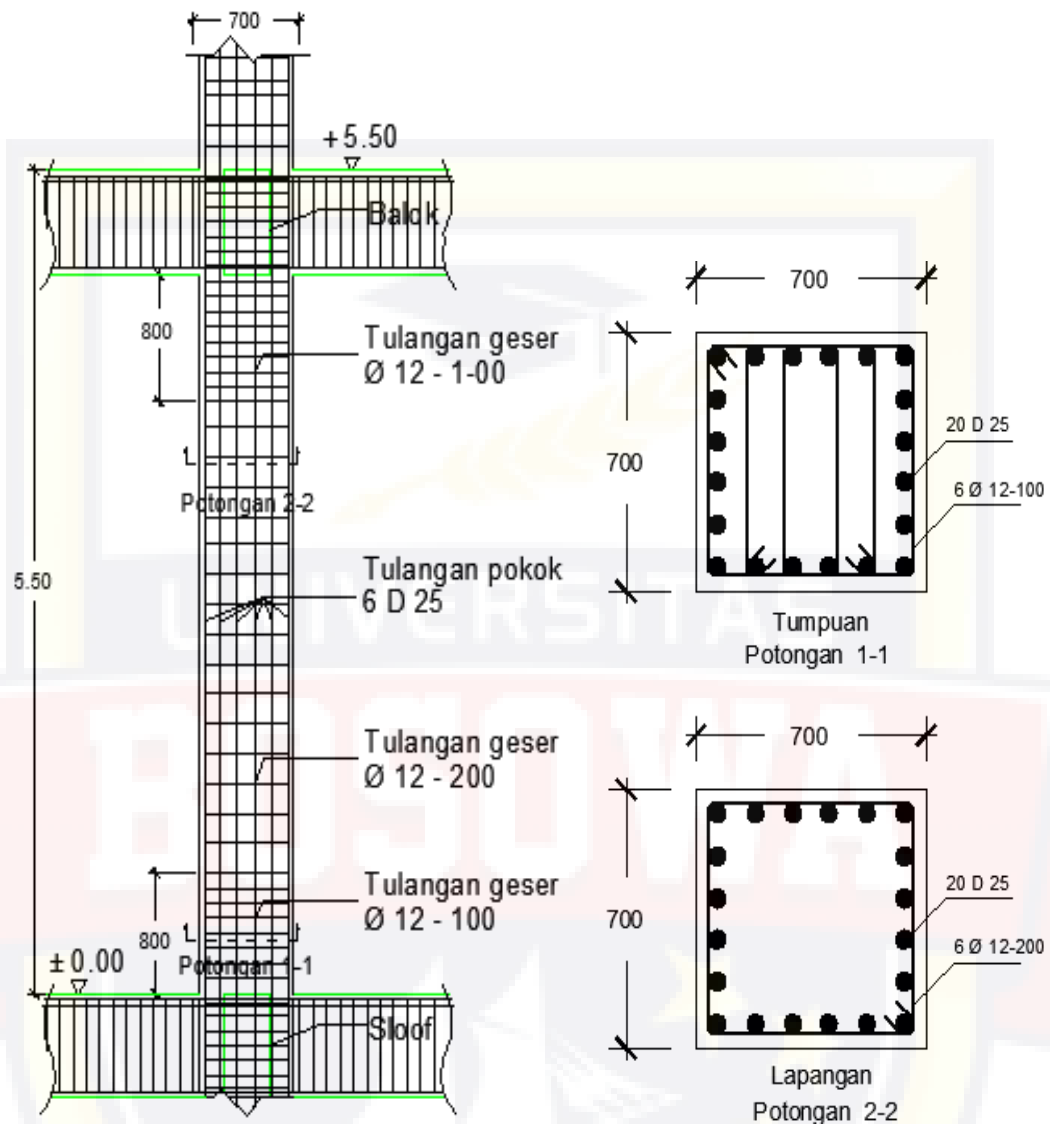
$$= 430 \text{ mm}$$

Jadi dipakai $l_{dc} = 438,31 \text{ mm} \longrightarrow 500 \text{ mm}$

4.5.4 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tabel 4.7 Resume Penulangan Kolom

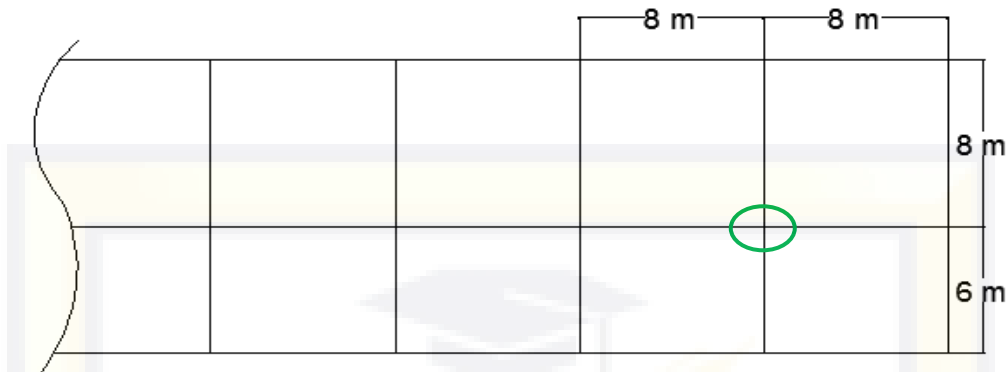
Penampang kolom	kolom 700 x 700 mm
Tulangan pokok	20 D 25
Tulangan geser tumpuan	$\emptyset 12-100$ 6 Kaki
Tulangan geser lapangan	$\emptyset 12 - 200$
Sambungan tulangan	500 mm



Gambar 4.28 Sketsa penulangan kolom

4.6 Hubungan Balok Kolom

. Hubungan Balok Kolom didesain pada lokasi berikut, dengan sasaran desain balok kolom yang terbesar / kritis di ambil sebagai acuan untuk keseluruhan struktur. Daerah hubungan balok kolom yang ditinjau adalah daerah interior seperti gambar dan data-data berikut ini.



Gambar 4.29 Lokasi peninjauan hubungan balok kolom

4.6.1 Momen Kapasitas Lokasi (Interior)

Konsep kapasitas desain adalah pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi yang kita inginkan, mekanisme yang diinginkan yaitu Kolom Kuat Balok Lemah (KKBL) artinya sendi plastis ditargetkan terjadi di ujung balok sementara di kolom tidak terjadi sendi plastis.



Gambar 4.30 Diagram gaya aksial kombinasi beban 1,2 DL + 1,6 LL

Tabel 4.8 Resume Penulangan Balok

Penampang	Tulangan Atas (mm ²)	Tulangan Bawah (mm ²)	Geser (mm ² /mm)
Balok 35 x 70 cm	2280 mm	1140 mm	1,60
	6 - D22	3 - D22	D10 - 100

$$6 \text{ D } 22 \text{ Mkap (+)} = 348,25 \text{ kN/m}$$

$$3 \text{ D } 22 \text{ Mkap (+)} = 348,25 \text{ kN/m}$$

Data HBK :

$$N_u, k = 1538,53 \text{ kN}$$

$$M_{\text{kap (-)}} = 660,12 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{kap (+)}} = 348,25 \text{ kN/m}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kolom} = 700 \times 700 \text{ mm}$$

$$B_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$$

$$B_{\text{balok}} = 350 \text{ mm}$$

$$d' = 643 \text{ mm}$$

$$L_{ki} = 8000 \text{ mm}$$

$$L_{ka n} = L_{ki n} = 7300 \text{ mm}$$

$$H_{ka} = H_{kb} = 5.500 \text{ mm}$$

$$Z_{ka} = 700 - (40 + 40) = 620 \text{ mm}$$

1. Gaya-Gaya Dalam Joint

$$V_{\text{kolom}} = 0,7 \frac{L_{ki}}{L_{ki n}} M_{\text{kap (+)}} + \frac{L_{ki}}{L_{ki n}} M_{\text{kap (-)}}$$

$$= 0,7 \frac{8000}{7300} \times 348,25 + \frac{8000}{7300} \times 660,12$$

$$= 184,17 \text{ kN}$$

$$C_{ki} = 0,7 \frac{M_{pr} (-)}{Z_{ka}} = 0,7 \frac{660,23}{0,62} = 745,6 \text{ (} C_{ki} = T_{ki} \text{)}$$

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kolom} = 745,6 + 745,6 - 184,17 = 1306,7 \text{ kN/m}$$

$$V_{jv} = \frac{h}{d} \times V_{jh} = \frac{0,643}{0,7} \times 1306,7 = 1200 \text{ kN/m}$$

2. Kontrol Teg. Geser Horizontal

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} = V_{jh} < 1,5 \times \sqrt{f'_c}$$

dimana,

$$B_{kolom} = 70 \text{ cm}, B_{balok} = 35 \text{ cm}. B_{balok} < B_{kolom} \text{ (OK!)}$$

$$B_j = B_k = 70 \text{ cm}$$

$$B_j = B_b + \frac{1}{2} \times h_k = 35 + \frac{1}{2} \times 70 = 70 \text{ cm}$$

Jadi nilai B_j yaitu 70 cm.

$$V_{jh} = \frac{1306,7}{0,7 \cdot 0,7} = 2666,7 \text{ kN} \longrightarrow 2,67 \text{ N}$$

$$1,5 \times \sqrt{f'_c} = 1,5 \times \sqrt{25} = 8,22 \text{ MPa}$$

Jadi, $2,67 \text{ MPa} < 7,5 \text{ (OK!)}$

3. Tulangan Geser Horizontal Join

$$N_u, K = 1538 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{u,K}}{A_g} = \frac{1538}{0,7 \times 0,7} = 3138,8 \text{ KN/m}^2 = 3,1 \text{ N/mm}^2 > 0,10 f_c = 3 \text{ MPa (OK!)}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{N_{u,K}}{A_g} - 0,1 \cdot f_c} \cdot b_j \times h_c$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3,1 - 3} \cdot (700 \times 700) = 121691,778 \text{ N} = 121,96 \text{ KN}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch} = 1306,66 - 121,96 = 1184,70 \text{ KN}$$

Sehingga luas tul. Geser horizontal Join =

$$A_{jh} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{1184,70}{240} = 4937,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø12 mm 6 kaki,

Sehingga jumlah lapis yang dibutuhkan, adalah

$$\frac{A_{jh}}{\text{Luas Tulangan}} = \frac{4937,4}{6 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 12 \times 12\right)} = 7 \text{ lapis}$$

Sehingga jumlah lapis yang dibutuhkan, adalah = 7 lapis

4. Tulangan Geser Vertikal Join

$$V_{cv} = \frac{A_s'}{A_s} \times V_{jh} \times \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \times f_c}\right)$$

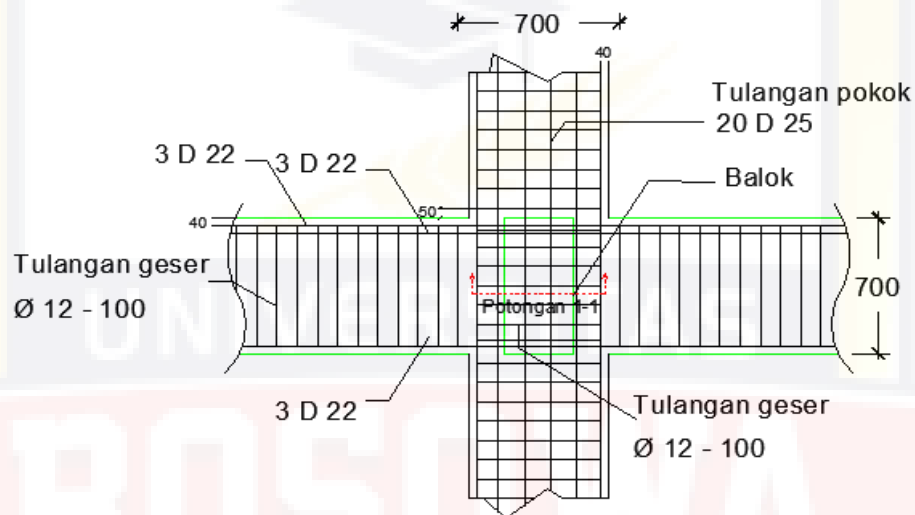
$$V_{cv} = 1 \times 1306,66 \times \left(0,6 + \frac{1538}{700 \times 700 \times 30}\right) = 784,9 \text{ kN}$$

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} = 2666,65 - 784,9 = 1882,5 \text{ KN}$$

$$\text{Luas tulangan vertical Join} = A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{1882,5}{240} = 7,84 \text{ mm}^2$$

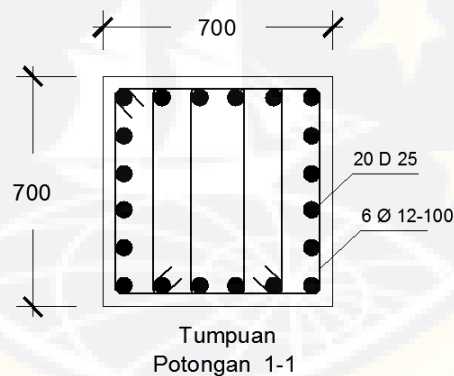
Tulangan kolom terpasang = 20 D 25 = 9812,5 mm² > A_{jv}

Sehingga tidak perlu tulangan geser vertical Join.



Gambar 4.31 Sketsa HBK kolom eksterior

Di pasang 7 lapis



Gambar 4.32 Potongan pengecakngan HBK

4.7 Perhitungan Simpang Antar Lantai

Gaya gempa lateral akan menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Dalam proses perencanaan struktur, maka simpangan lateral

antar lantai (story drift) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan. Penentuan simpang antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah. Batas simpangan antar lantai di atur dalam SNI 1726 2012 pasal 7.8.6 dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta x = \frac{\delta_1 - \delta_2 \times C_d}{1} < \alpha$$

Keterangan : Δx = Simpang antar lantai

δ = Defleksi yang terjadi

I = Faktor keutamaan gempa

h_x = Tinggi tingkat di bawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran Defleksi

Simpang yang di tinjau adalah simpang yang sama pada lantai yang berbeda dengan nilai terbesar yaitu lantai 1 pada joint 146 dan lantai 2 pada joint 138 dalam arah X. Dari hasil analisa sap 2000 didapat nilai-nilai berikut :

$$\text{Joint 138 } \delta_1 = 2,30181 \text{ mm}$$

$$\text{Joint 146 } \delta_1 = 1,21343 \text{ mm}$$

$$\Delta x = \frac{2,30181 - 1,21343 \times 5,5}{1} = 5,986 \text{ mm}$$

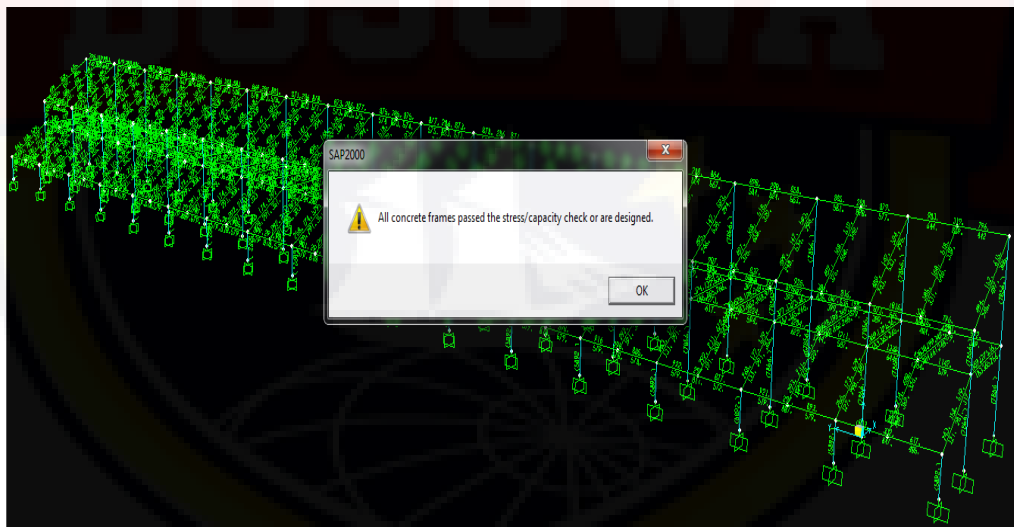
Simpang antar lantai yang di izinkan dengan jenis gedung stadion sepak bola (kategori resiko III), jenis struktur tidak menggunakan dinding geser.

$$\Delta\alpha = 0,020 \times hx = 0,020 \times 5.500 = 110 \text{ mm}$$

5,986 mm < 110 mm, sehingga simpang antar lantai memenuhi syarat.

4.8 Kontrol Desain

Kontrol desain struktur menggunakan aplikasi Sap 2000 v.14 secara langsung agar dianalisa mampu memikul beban yang terjadi pada struktur. Setelah pengecekan, (All concrete frames passed the stress/capacity check or are designed) semua kerangka beton melewati kapasitas tekanan yang terjadi pada struktur, sehingga struktur dikatakan aman.



Gambar 4.33 Kontrol desain struktur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari tugas akhir perencanaan ini, bahwa semua profil yang digunakan telah memenuhi ketentuan yang berlaku, dengan perincian sebagai berikut

1. Profil struktur space truss :

- Gording pipa baja : $D = 114,3 \text{ mm}$, $t = 4,5 \text{ mm}$
- Atap metal trimdeck : $t = 0,45 \text{ mm}$

2. Struktur pelat lantai :

Tabel 5.1 Penulangan Pelat Lantai

Pelat lantai	Digunakan
Tulangan tumpuan arah X	D 13-100
Tulangan lapangan arah X	D 13-150
Tulangan tumpuan arah Y	D 13-100
Tulangan lapangan arah Y	D 13-150
Tulangan susut arah X	Ø 10-200
Tulangan susut arah Y	Ø 10-200

3. Struktur pelat tribun :

Tabel 5.2 Penulangan Pelat Tribun

Pelat tribun	Digunakan
Tulangan arah X	D 13-150
Tulangan arah Y	D 13-150

4. Struktur balok :

Tabel 5.3 Penulangan Balok

Penampang balok induk	Balok 35 x 70 cm
Tulangan pokok tumpuan atas	6 D 22
Tulangan pokok tumpuan bawah	3 D 22
Tulangan pokok lapangan atas	3 D 22
Tulangan pokok lapangan bawah	6 D 22
Tulangan geser tumpuan	Ø 12 - 100
Tulangan geser lapangan	Ø 12 - 120
Tulangan susut	2 Ø 12

5. Struktur kolom :

Tabel 5.4 Penulangan Kolom

Penampang kolom	kolom 70 x 70 cm
Tulangan pokok	20 D 25
Tulangan geser tumpuan	Ø 12-100 6 Kaki
Tulangan geser lapangan	Ø 12 - 200
Sambungan tulangan	50 cm

5.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.



DAFTAR PUSTAKA

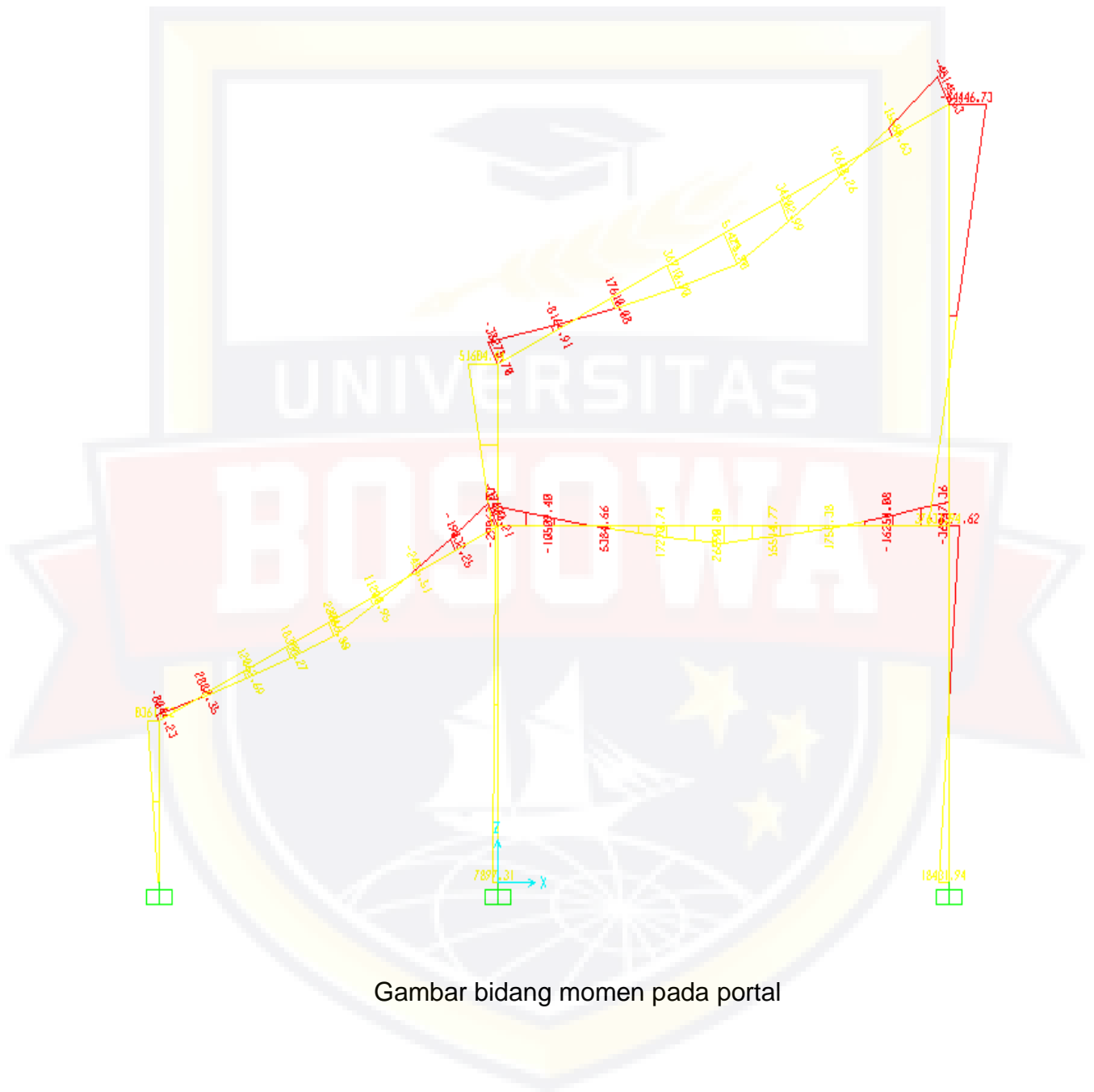
1. Agus Setiawan, 2008. **Perencanaan Struktur Baja Deng Metode LRFD**, Penerbit ERLANGGA, Jakarta.
2. Agus Setiawan, 2016. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang**, Penerbit ERLANGGA, Jakarta.
3. Ananto Sanddy Subagio, 2017. **Modifikasi Struktur Atap Stdion Mimika Papua Menggunakan Rangka Baja Ruang Tipe Busur**. Teknik Sipil FTSP-ITS Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.
4. Annisa Ariyanti Purbosari, 2010. **Modifikasi Perencanaan Stadion Indoor Surabaya Sport Center (SSC) Dengan Menggunakan Sistem Rangka Ruang (SPACE TRUSS)**. Teknik Sipil FTSP-ITS Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.
5. Anugrah Pamungkas & Erny Harianti, 2018, **Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**, Andi Yogyakarta..
6. Badan Standadisasi Nasional, **Tata Cara Perencanaan Stuktur Baja Untuk Bangunan Gedung**, SNI 03-1729-2002.
7. Badan Standadisasi Nasional, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung**, SNI 03-1726-2012, Jakarta 2012.
8. Badan Standadisasi Nasional, **Pesyaratan Beton Stuktural Untuk Bangunan Gedung**, SNI 2847-2013, Jakarta 2013.
9. Badan Standadisasi Nasional, **Beban Minimum Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain**, SNI 1727-2013.
10. Hadi Pramono Dan Rekan, 2007, **Desain Konstruksi Pelat Dan Rangka Beton Bertulang**, Andi Yogyakarta.
11. Henrico Emanuel Tethool, 2005. **Perencanaan Dan Perancangan Stadion Olahraga Sepak Bola Di Kabupaten Sleman**, Universitas Atmajaya Yogyakarta.
12. J. Thambah Sembiring Gurki, 2010. **Beton Bertulang, Rekayasa Sains**
13. Ir. Oentoeng, 2004. **Konstruksi Baja**
14. Mohammad Ifandianto, 2007. **Perencanaan Struktur Stadion Mimika Menggunakan Ssitem Rangka Pemikul Momen Menengah Dengan Struktur Atap Space Frame**. Teknik Sipil FTSP-ITS Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.

15. PU, 1991. *Tata cara Pelaksanaan Teknik Bangunan Stadion.*
16. PPIUG, 1983, *Peraturan Perencanaan Indonesia Untuk Gedung.*

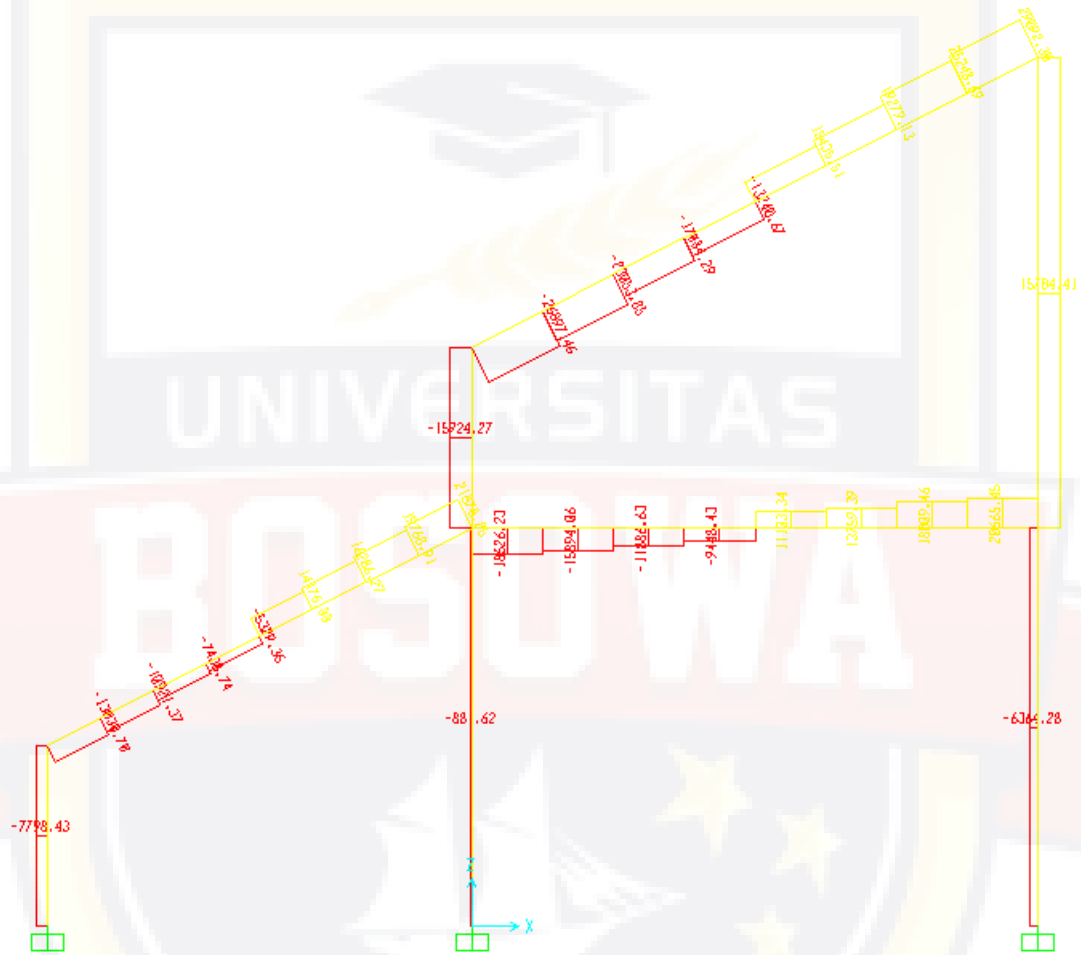




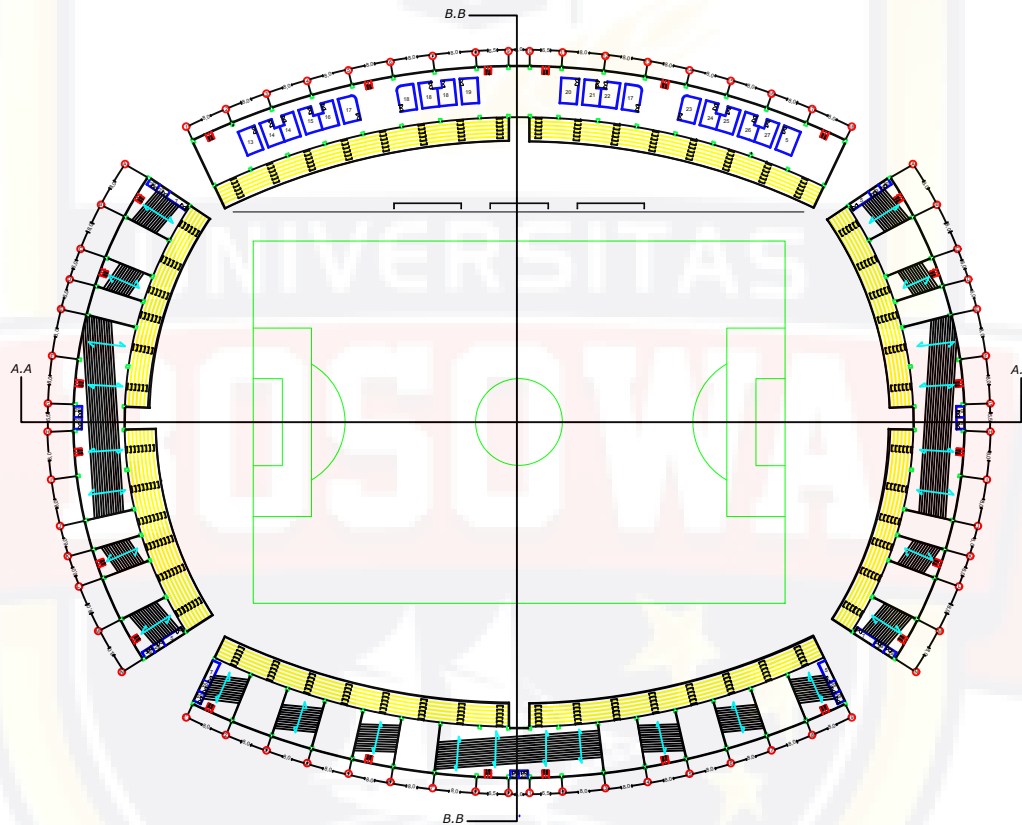
L
A
M
P
I
R
A
N



Gambar bidang momen pada portal

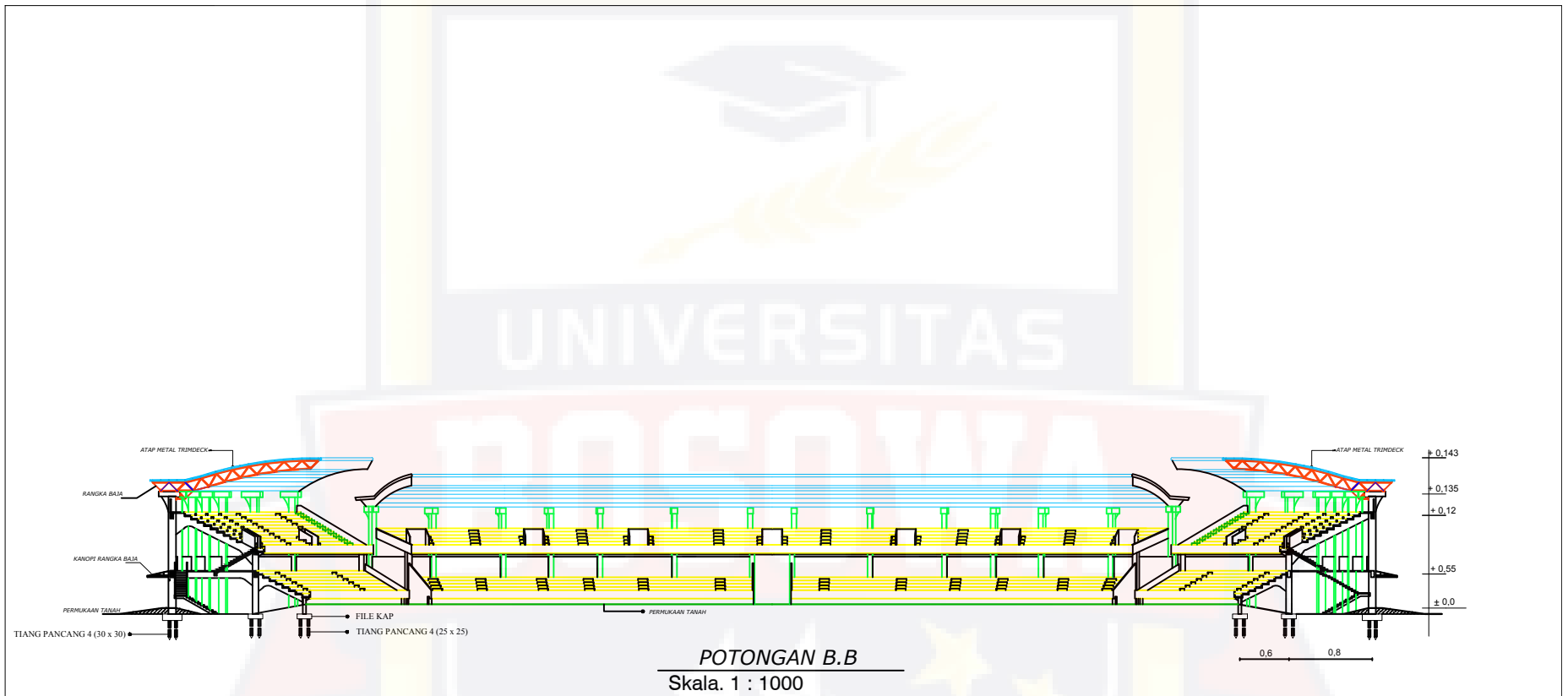


Gambar gaya geser pada portal

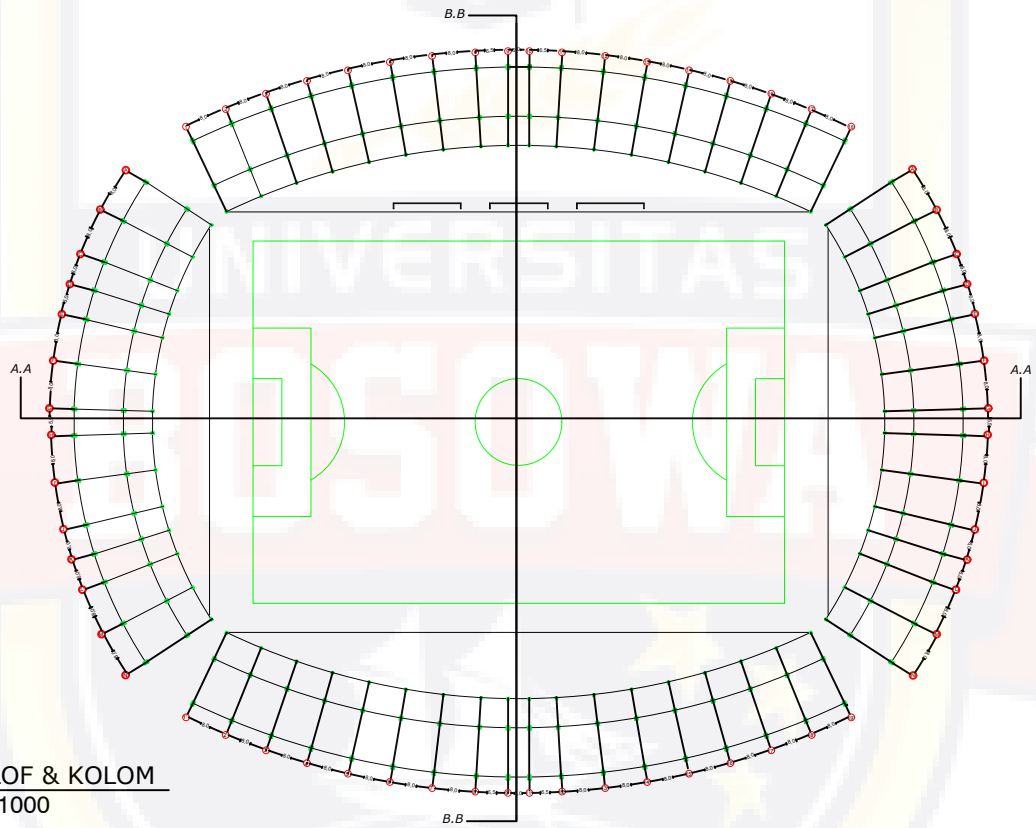


DENAH LANTAI 2
Skala. 1 : 1000

MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		



MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

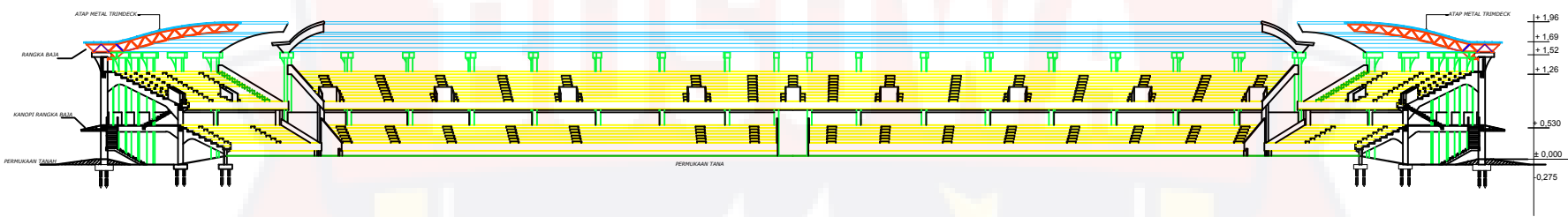
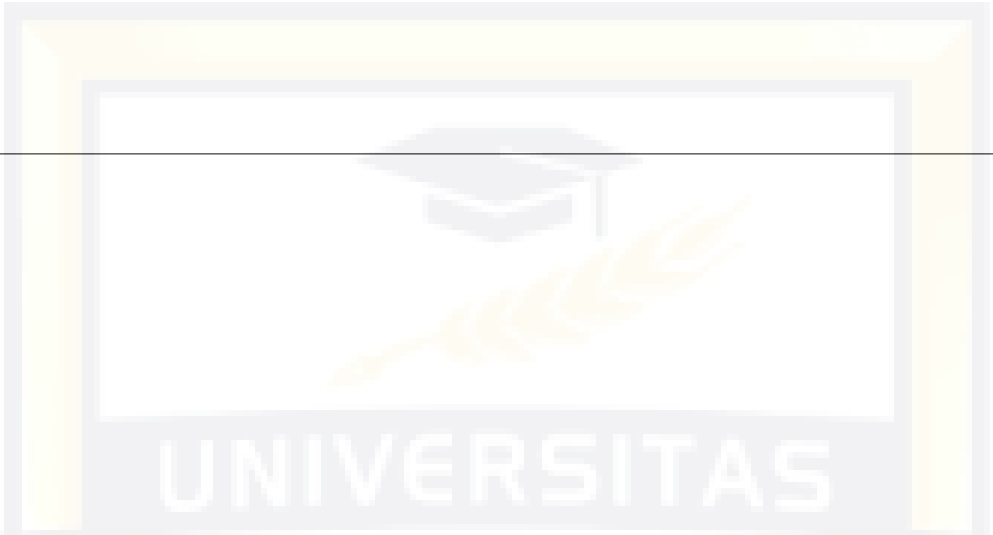


RENC: SLOF & KOLOM
 Skala. 1 : 1000

MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

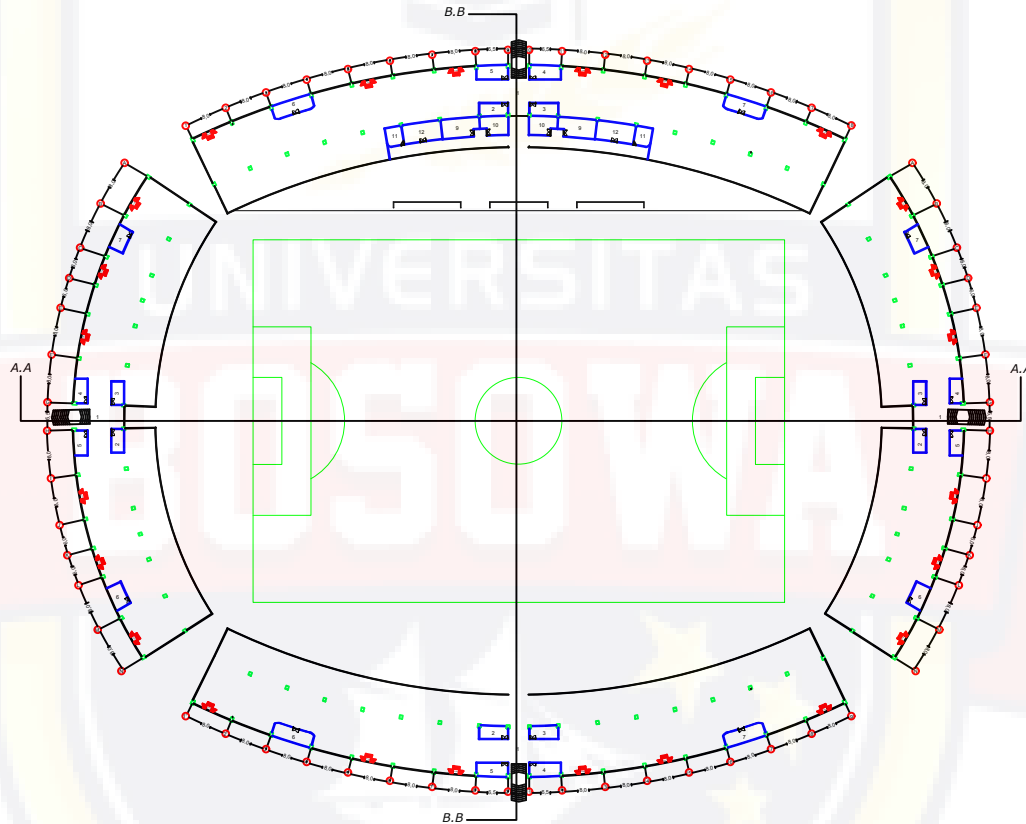
KETERANGAN

1. Lobby
2. Loket
3. Rg. Medis
4. Security
5. Rg. Cleaning Service
6. Genset
7. Gudang
8. Rg. Ganti Pemain
9. Official tim
10. Rg. Pelatih
12. Rg. Pengarahan
13. Rg. Wasit
14. Rg. Panitia Pertandingan
15. Rg. Oprasional Pertandingan
16. Rg. Perlengkapan Pertandingan
17. Rg. Rapat
18. Rg. VIP
19. Musholah
20. Rg. Ketua Pengurus Harian
21. Rg. Sekertaris
22. Rg. Pengurus
23. Rg. Keamanan
24. Rg. Lighting
25. Rg. Audio
26. Rg. Penyiaran TV
27. Rg. CCTV
28. Tribun VIP
29. Toilet Penonton
30. Toilet Pemain



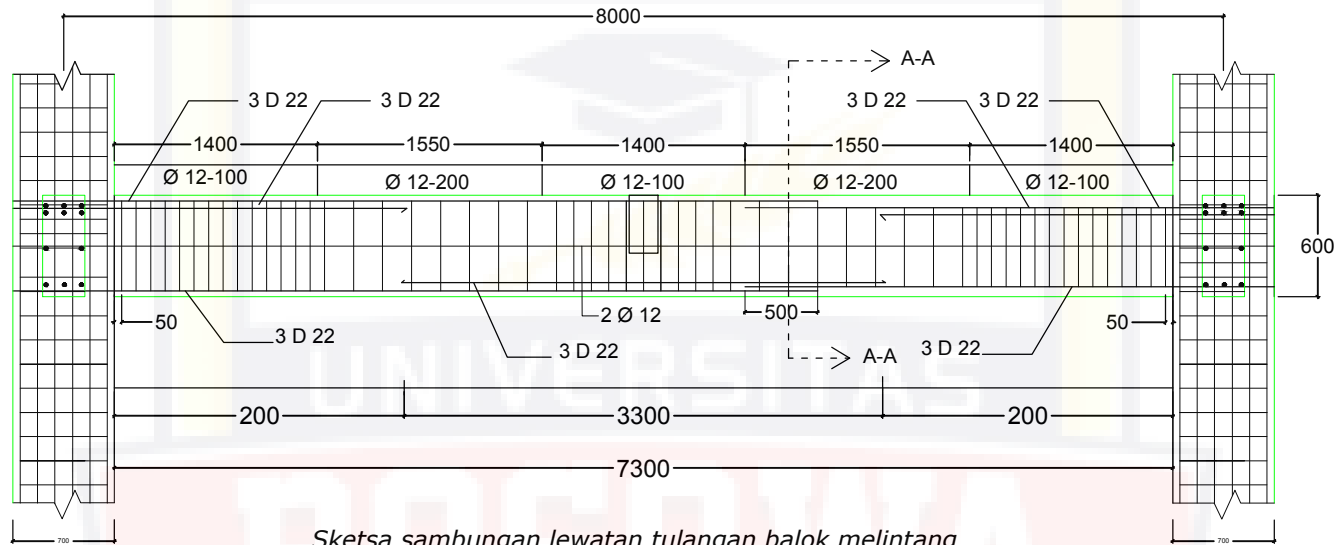
POTONGAN A.A
Skala. 1 : 1000

MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

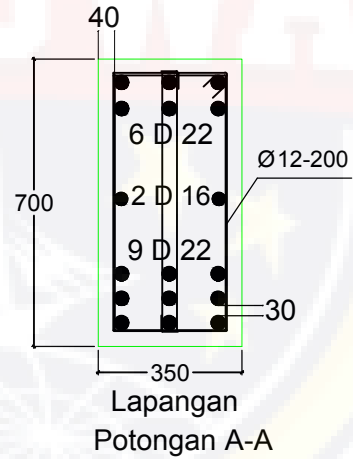


DENAH LANTAI 1
Skala. 1 : 1000

MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		



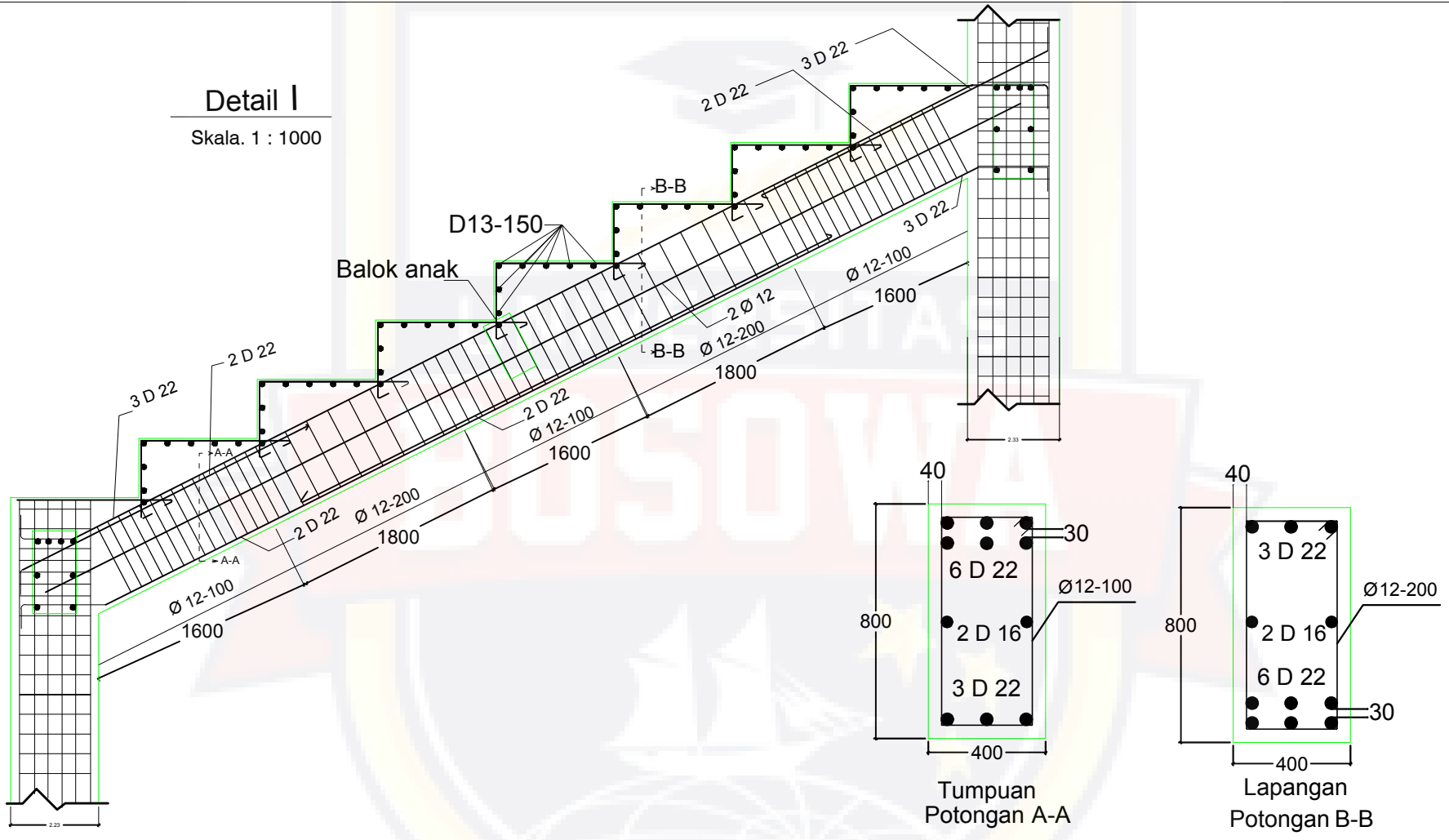
Sketsa sambungan lewatan tulangan balok melintang
Skala. 1 : 1000



MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. IR. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

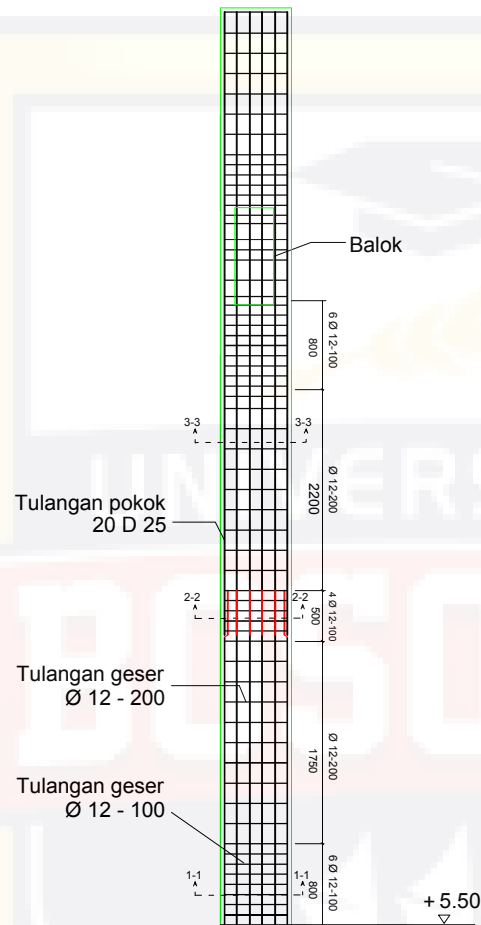
Detail I

Skala. 1 : 1000

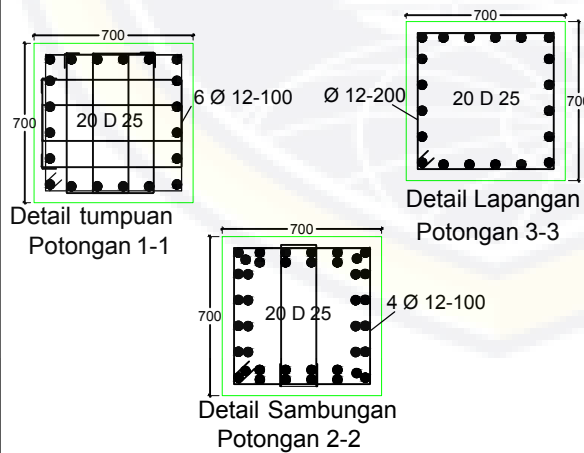


MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. IR. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

Detail II



Sketsa penulangan kolom lantai 2
Skala. 1 : 1000



MAHASISWA

HAIRUDIN IDRUS

45 12 041 117

DOSEN

1. IR. SYAHRUL SARIMAN, MT

2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT

JUDUL GAMBAR

STADION SEPAK BOLA

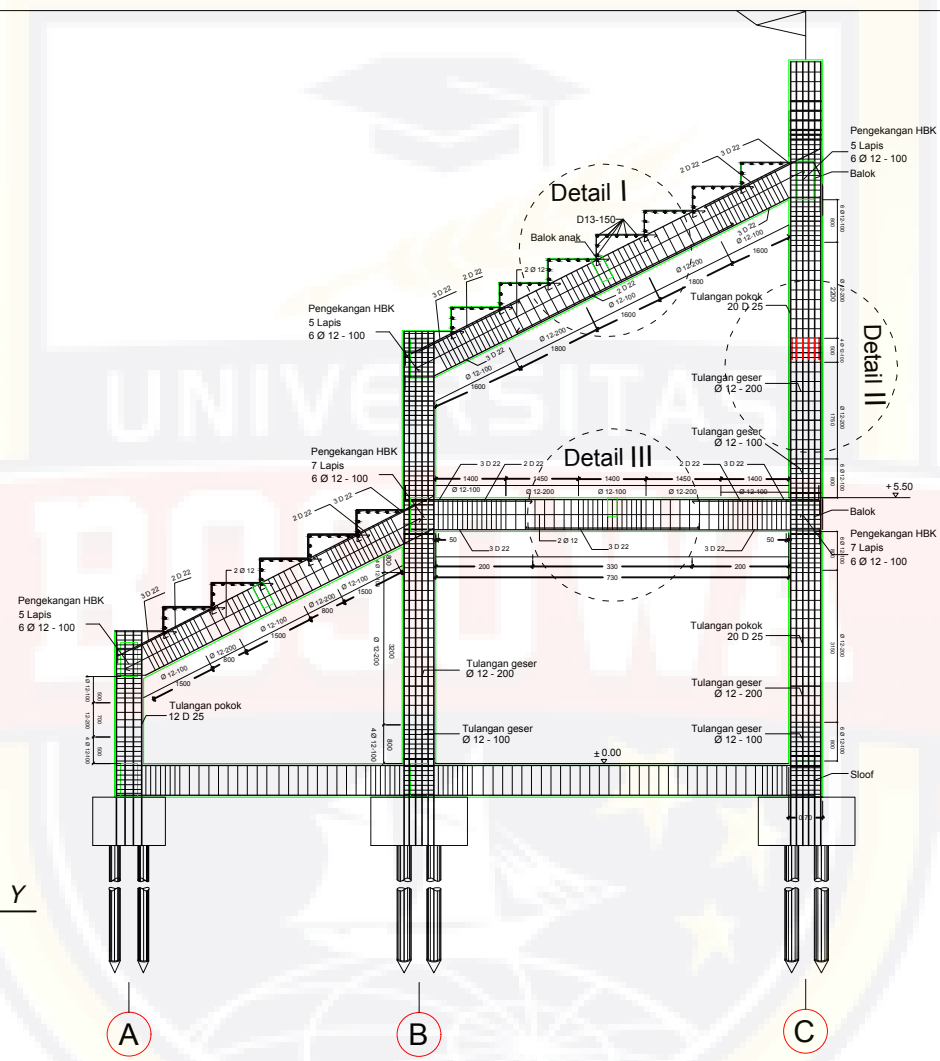
CATATAN

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

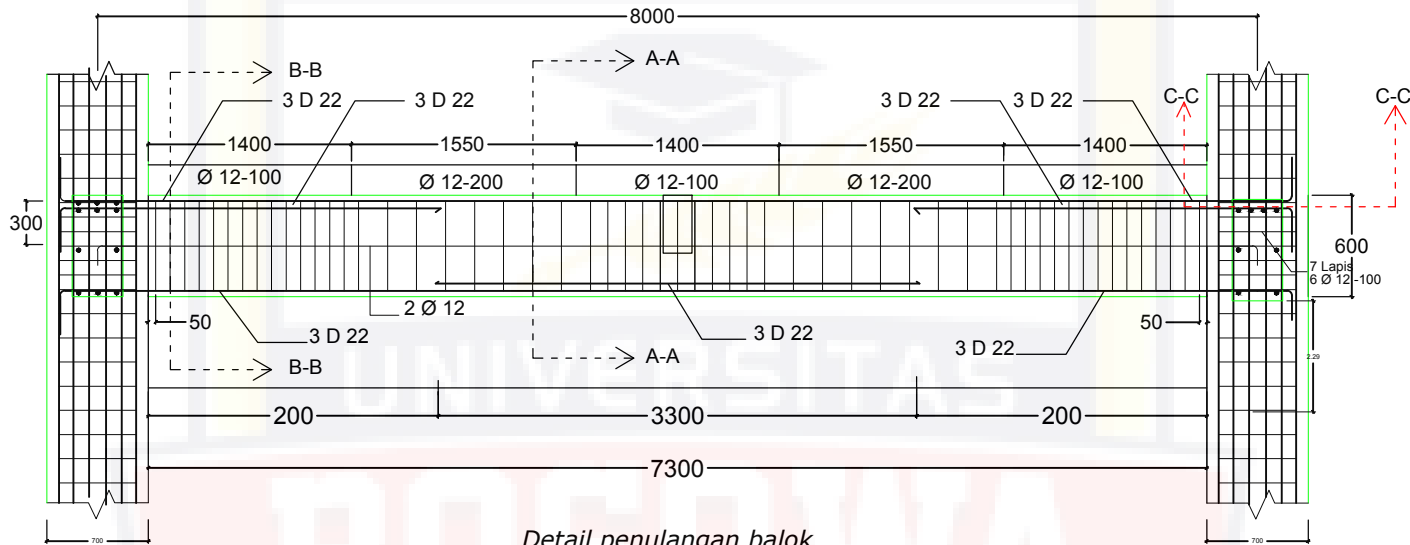
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Potongan portal arah Y
Skala. 1 : 1000



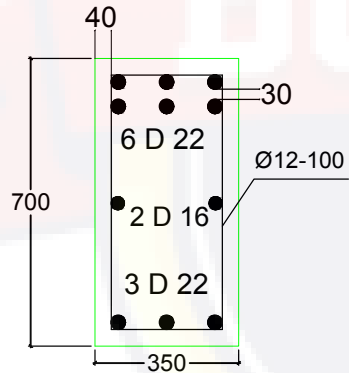
MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. IR. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		

Detail III

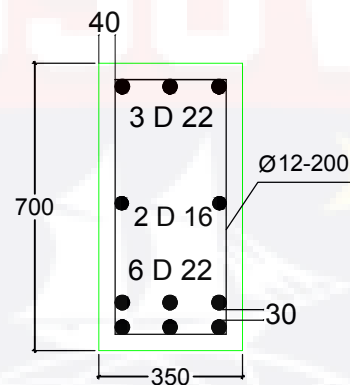


Detail penulangan balok

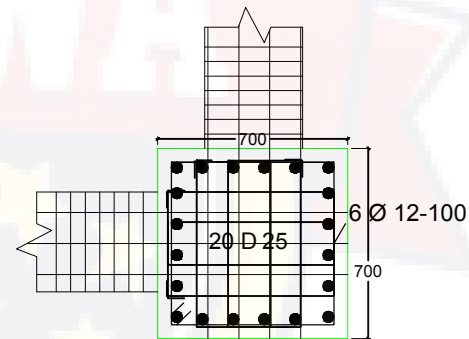
Skala. 1 : 1000



Tumpuan
Potongan B-B

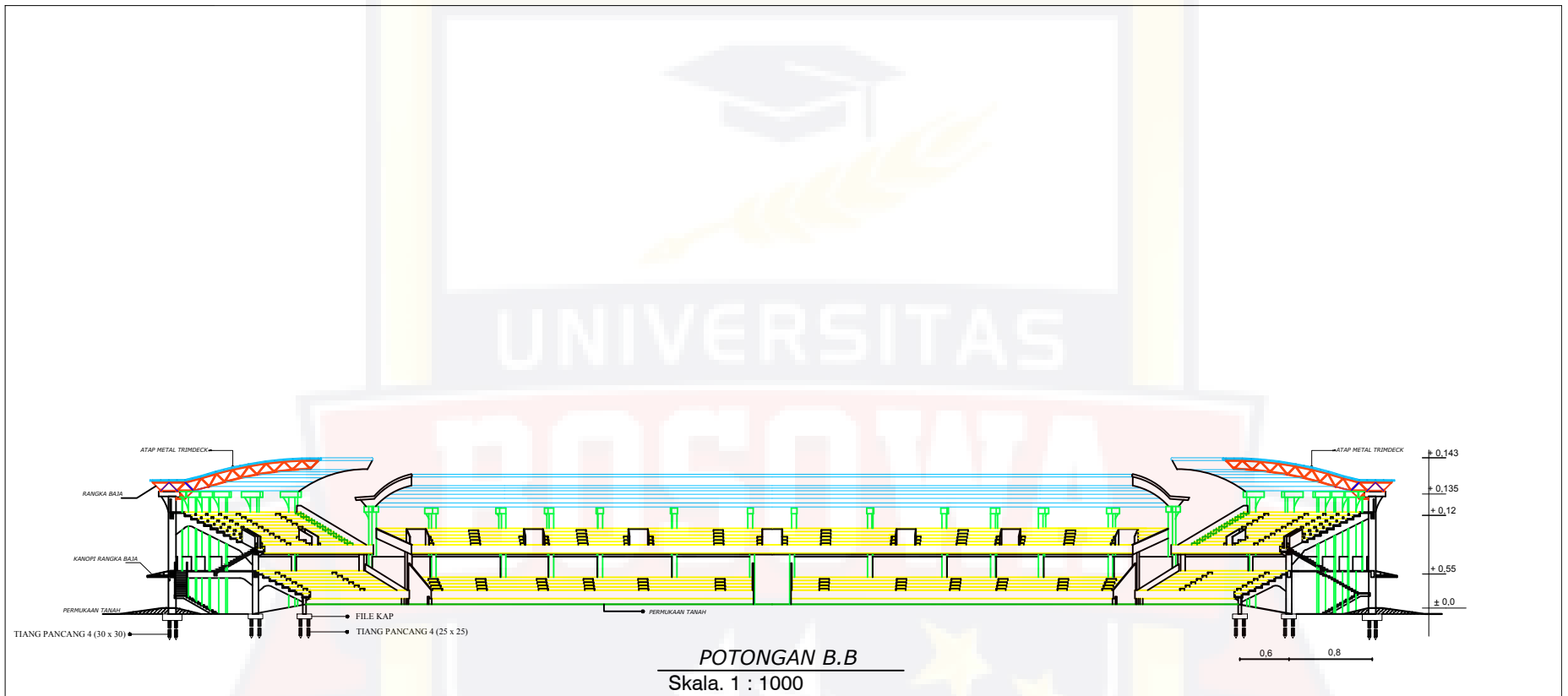


Lapangan
Potongan A-A



Detail pengekanan HBK
Potongan C-C

MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. IR. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		



MAHASISWA	DOSEN	JUDUL GAMBAR	CATATAN	JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
HAIRUDIN IDRUS 45 12 041 117	1. Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT 2. ARMAN SETIAWAN, ST, MT	STADION SEPAK BOLA		