TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

(STRUCTURAL DESIGN OF PERNING KLOJI BRIDGE USING WARREN TYPE STEEL FRAME STRUCTURE AS AN ALTERNATIVE STRUCTURAL MODEL)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Mahayani Farhatul Aulia
20511266

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

(STRUCTURAL DESIGN OF PERNING KLOJI BRIDGE USING WARREN TYPE STEEL FRAME STRUCTURE AS AN ALTERNATIVE STRUCTURAL MODEL)

Disusun oleh

Mahayani Farhatul Aulia
20511266

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 27 Februari 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Prof., Ir. Mochamad Teguh, MSCE.,Ph.D	Jafar S.T., MURP., M.T.	Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIP : 855110201 7/3/2025	NIP : 185111305	NIP : 165111301

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

7/3/2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIP : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemui seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Manayani Farhatul Aulia

20511266

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga tugas akhir yang berjudul *Desain Struktur Atas Jembatan Perning Kloji Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe Warren Sebagai Alternatif Model Struktur* ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan program studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, rasa terima kasih yang sebesar-besarnya disaMPaikan kepada :

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T.,Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, atas dukungan dan arahan yang telah diberikan,
2. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini,
3. Bapak Jafar S.T., MURP., M.T., selaku Dosen Penguji 1, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan selama perkuliahan,
4. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji 2, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan selama perkuliahan,
5. Bapak Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng., selaku Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia atas ilmu yang telah diberikan melalui video Youtubenya.
6. Bapak Subiyakto dan Ibu Ida Farida selaku kedua orang tua, atas nasihat, bimbingan, doa, dan pengorbanan yang telah diberikan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan,
7. Ences selaku adik, atas dukungan moral dan semangat yang sangat berarti dalam proses penyusunan tugas akhir ini,

8. Kepada seseorang yang dekat, atas dukungan yang telah diberikan, keluh kesah yang telah didengarkan, serta warna-warni yang telah dihadirkan selama perjalanan perkuliahan,
9. Rekan-rekan "Con" : Nur'aini Laksitorini, Ayu Murti Noor Pratiwi, Sarah Nurul Adellia, Ella Safitri, Frisma Bella Fatmasari, Sarah Ghina Faida, Maji'aturrahmah, Rifdatun Nabila, Alyssa Rezkita Alfiani. Ucapan terima kasih disaMPaikan atas bantuan, dukungan, dan kebersamaan yang diberikan selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.
10. Nabil Athaullah Naufal dan Rifat Hidayat atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

Diharapkan agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Mahayani Farhatul Aulia
20511266

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
ABSTRAK xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tinjauan Umum 5
2.1.1 Jembatan Perning Kloji 5
2.1.2 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja menggunakan Metode LRFD 5
2.1.3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja 7
2.1.4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren* 9
2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Datang 12
2.3 Keaslian Penelitian 23
BAB III LANDASAN TEORI 24
3.1 Pengertian Jembatan 24
3.2 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Struktur Atas 24
3.3 Jembatan Rangka Baja 25

3.3.1 Jenis Jembatan Rangka Baja Berdasarkan Susunan Geometri 25
3.3.2 Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren* 26
3.3.3 Struktur Rangka Batang 27
3.4 Analisis Pembebanan Jembatan 29
3.4.1 Beban permanen 29
3.4.2 Beban lalu lintas 31
3.4.3 Aksi Lingkungan 35
3.5 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan 42
3.6 Perencanaan Struktur Atas Jembatan 47
3.6.1 Gelagar memanjang komposit 48
3.6.2 Gelagar melintang 50
3.6.3 Rangka 51
3.6.4 Sambungan 55
3.7 Metode Load and Resistance Factor Design 56
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 58
4.1 Tinjauan Umum 58
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 58
4.3 Data Struktur *Existing* 59
4.3.1 Kondisi Eksisting 59
4.4 Data Perencanaan Struktur 60
4.5 Gambar Perencanaan Struktur 61
4.6 Tahapan Perencanaan Jembatan 61
4.7 Tahapan Penelitian 62
4.8 Bagan Alir 62
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 65
5.1 Desain Struktur Atas Jembatan 65
5.1.1 Data jembatan 65
5.1.2 Pelat lantai 65
5.1.3 Gelagar memanjang 75
5.1.4 Gelagar melintang 85
5.1.5 Rangka jembatan 93
5.1.6 Sambungan rangka 139

5.2 Pembahasan 150
5.2.1 Pelat Lantai 150
5.2.2 Gelagar jembatan 150
5.2.3 Rangka jembatan 151
5.3 Rekapitulasi Hasil Analisis dan Perencanaan 156
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 158
6.1 Kesimpulan 158
6.2 Saran 158
DAFTAR PUSTAKA 159
LAMPIRAN 162

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jembatan Perning Kloji 13

Tabel 2. 2 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja menggunakan Metode LRFD 15

Tabel 2. 3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja 17

Tabel 2. 4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren* 20

Tabel 3. 1 Faktor beban sendiri 30

Tabel 3. 2 Faktor Beban Mati Tambahan 30

Tabel 3. 3 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah 31

Tabel 3. 4 Faktor Beban Lajur "D" 32

Tabel 3. 5 Faktor Beban “T” 34

Tabel 3. 6 Faktor Kepadatan Lajur 35

Tabel 3. 7 Nilai Vo dan Zo untuk Berbagai Variasi Kondisi 36

Tabel 3. 8 Tekanan Angin Dasar 37

Tabel 3. 9 Penjelasan Peta Gempa 42

Tabel 3. 10 Kombinasi Pembebanan dan Faktor Beban 46

Tabel 3. 11 Faktor Reduksi untuk Keadaan Batas Ultimit 53

Tabel 3. 12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal 54

Tabel 4. 1 Spesifikasi Jembatan Perning Kloji 60

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Beban Kerja Pelat Lantai Kendaraan 68

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Beban Gelagar Memanjang 78

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Gelagar Melintang 88

Tabel 5. 4 Perhitungan Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan 108

Tabel 5. 5 Data N-SPT Tanah Jembatan Perning Kloji 109

Tabel 5. 6 Koefisien Situs (Fa) 111

Tabel 5. 7 Koefisien Situs (Fv) 111

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Gaya Aksial Hasil Analisis pada Tiap Batang 117

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Lendutan pada Tengah Bentang 118

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Rangka Utama 139

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Kekuatan Sambungan Atas 144
Tabel 5. 12 Kekuatan Sambungan Bawah 147
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Sambungan Baut 148
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Gelagar 156
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Rangka Utama 157
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Sambungan 157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tipe Jembatan 25
Gambar 3. 2 Susunan Geometri Jembatan Rangka Baja 26
Gambar 3. 3 Komponen Jembatan Rangka Baja *Warren* 27
Gambar 3. 4 Beban Lajur "D" (TD) 33
Gambar 3. 5 Distribusi Beban Hidup T 33
Gambar 3. 6 Faktor Beban Dinamis 34
Gambar 3. 7 Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (PGA) Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun 40
Gambar 3. 8 Peta Respons Spektra Percepatan 0.2 detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun 41
Gambar 3. 9 Peta Respons Spektra Percepatan 1 detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun 41
Gambar 3. 10 Faktor Panjang Tekuk 55
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Jembatan Perning Kloji 58
Gambar 4. 2 Penampang Memanjang Eksisting Jembatan 59
Gambar 4. 3 Kondisi DPT Jembatan Perning Kloji 60
Gambar 4. 4 Perencanaan Struktur Jembatan 61
Gambar 4. 5 Bagan Alir 63
Gambar 5. 1 Perencanaan Pelat Lantai 66
Gambar 5. 2 Pembebanan Truk “T” (500 kN) 67
Gambar 5. 3 Perletakan Tumpuan Pelat Lantai 69
Gambar 5. 4 Pembebanan Pelat 2 Truk pada Tepi lajur Jembatan 69
Gambar 5. 5 Hasil Momen SAP2000 Pelat 2 Truk pada Tepi Lajur Jembatan 69
Gambar 5. 6 Pembebanan Pelat 2 Truk pada Tengah Lajur Jembatan 70
Gambar 5. 7 Hasil Momen SAP2000 Pelat 2 Truk pada Tengah Lajur Jembatan 70
Gambar 5. 8 Pembebanan Pelat 1 Truk pada Tengah Jembatan 70
Gambar 5. 9 Hasil Momen SAP2000 Pelat 1 Truk pada Tengah Jembatan 70
Gambar 5. 10 Pelat Lantai 71

Gambar 5. 11 Penulangan Pelat Lantai 75
Gambar 5. 12 Gelagar Memanjang 75
Gambar 5. 13 Faktor beban dinamis untuk pembebanan lajur “D” 77
Gambar 5. 14 Perletakan Tumpuan Gelagar Memanjang 78
Gambar 5. 15 Pembebanan Gelagar Memanjang 79
Gambar 5. 16 Detail Penampang Profil IWF 400x200x8x13 79
Gambar 5. 17 Lebar Efektif Pelat 81
Gambar 5. 18 Distribusi Tegangan Plastis 82
Gambar 5. 19 Pemasangan Angkur Baja 85
Gambar 5. 20 Gelagar Melintang 86
Gambar 5. 21 Faktor beban dinamis untuk pembebanan lajur "D" 88
Gambar 5. 22 Pembebanan Gelagar Melintang 89
Gambar 5. 23 BMD Gelagar Melintang 89
Gambar 5. 24 SFD Gelagar Melintang 89
Gambar 5. 25 Detail Penampang Profil W920 x 390 90
Gambar 5. 26 Output Berat Mati Sendiri 94
Gambar 5. 27 Beban Sendiri Jembatan pada *SAP2000* 95
Gambar 5. 28 Beban Mati Tambahan Jembatan pada *SAP2000* 97
Gambar 5. 29 Beban Mati Tambahan (*Railing*) Jembatan pada *SAP2000* 98
Gambar 5. 30 Faktor Beban Dinamis untuk Beban Garis Tegak Bentang 50 m 99
Gambar 5. 31 Beban Lajur "D" Jembatan pada *SAP2000* 99
Gambar 5. 32 Tekanan Angin Rencana Bidang Tekan dan Hisap 101
Gambar 5. 33 Luas Penampang Rangka 101
Gambar 5. 34 Beban Angin Jembatan pada *SAP2000* 103
Gambar 5. 35 Beban Pejalan Kaki Jembatan pada *SAP2000* 103
Gambar 5. 36 Beban Truk "T" (500 kN) 104
Gambar 5. 37 Beban Gaya Rem 105
Gambar 5. 38 Beban Gaya Rem pada Titik Buhul 106
Gambar 5. 39 Beban Rem Jembatan pada *SAP2000* 107
Gambar 5. 41 Grafik Respon Spektra 112
Gambar 5. 42 Beban Gempa Jembatan pada *SAP2000* 115

Gambar 5. 43 Detail Posisi Lendutan 118
Gambar 5. 44 Detail Posisi *Frame 16* 119
Gambar 5. 45 Detail Profil W14x283 120
Gambar 5. 46 Detail Posisi *Frame 6* 124
Gambar 5. 47 Detail Profil W 14 x 233 124
Gambar 5. 48 Detail Profil W14x193 127
Gambar 5. 49 Detail Posisi *Frame 42* 128
Gambar 5. 50 Detail Posisi *Frame 33* 132
Gambar 5. 51 Detail Profil IWF 150x150x7x10 134
Gambar 5. 52 Detail Posisi *Frame 161* 135
Gambar 5. 53 Detail Posisi *Frame 14* 138
Gambar 5. 54 Detail Sambungan Batang Atas 148
Gambar 5. 55 Detail Sambungan Batang Bawah 149
Gambar 5. 56 Detail Sambungan Batang Diagonal 149
Gambar 5. 57 Detail Sambungan Ikatan Angin 150
Gambar 5. 58 Gelagar Jembatan 151
Gambar 5. 59 Kodefikasi Sambungan 152
Gambar 5. 60 Detail Sambungan A 152
Gambar 5. 61 Detail Sambungan B 153
Gambar 5. 62 Detail Sambungan C 153
Gambar 5. 63 Detail Sambungan D 154
Gambar 5. 64 Detail Sambungan E 154
Gambar 5. 65 Detail Sambungan F 155
Gambar 5. 66 Detail Sambungan G 155

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar detail struktur 163

Lampiran 2 Data penyelidikan tanah 177

Lampiran 3 Surat Izin KESBANGPOL Kota Surabaya 178

Lampiran 4 Surat permohonan permintaan data 179

DAFTAR NOTASI DAN SINKATAN

a = kedalaman beton (mm)

ab = kedalaman beton desak dalam kondisi *balance*

Ab = faktor adhesi

Ae = luas bidang samping jembatan (mm^2)

Ag = luas penampang kotor (mm^2)

An = luas penampang bersih (mm^2)

As = luas tulangan yang diperlukan (mm^2)

As' = luas tulangan tekan (mm^2)

A_{1D} = luas satu buah tulangan (mm^2)

b = lebar tinjauan (mm)

b0 = keliling kritis (mm)

be = panjang ekivalen pilar (mm)

B = lebar (mm)

B' = lebar penampang kritis (mm)

BE = lebar efektif (mm)

Bx = lebar arah memanjang jembatan (mm)

By = lebar arah melintang jembatan (mm)

cy = titik berat baja profil (mm)

ca = adhesi antara tanah dan dasar abutment

C = kohesi tanah

Cb = kondisi *balance*

Cc = gaya desak beton (kN)

Cs = gaya tarik beton (kN)

C_{sm} = koefisien respon gempa elastis

d = tinggi efektif beton (mm)

db = ukuran baut (mm)

dh = ukuran lubang (mm)

D = diameter pondasi (mm)

E = modulus elastisitas baja (MPa)

Ec = modulus elastisitas beton (MPa)

f'c = kuat tekan beton (MPa)

fs' = tegangan baja daerah desak (MPa)

Fu = tegangan putus baja (MPa)

Fe = tegangan tekuk elastis (MPa)

Fcr = tegangan kritis (MPa)

Fy = tegangan leleh baja (MPa)

g = percepatan gravitasi

G = modulus geser (MPa)

h = tinggi (mm)

ho = tinggi bersih badan baja profil (mm)

H = gaya penyebab geser

H_{izin} = kapasitas dukung lateral ijin bored pile

Ix = momen inersia arah X (mm^4)

Iy = momen inersia arah Y (mm^4)

i = sudut kemiringan timbunan

J = konstanta torsi

kv = koefisien percepatan vertikal

K = faktor panjang efektif

Ka = koefisien tanah aktif

K_{AE} = koefisien tekanan aktif seismik

Kp = koefisien tanah pasif

$K_{\phi R}$ = faktor pengurangan kekuatan

L = Panjang (mm)

m = satuan panjang meter

mm = satuan panjang milimeter

M_{gl} = momen penyebab guling (kN/m)

M_u = momen ultimit (kN/m)

M_n = momen nominal (kN/m)

M_w = momen penahan guling (kN/m)

M_x = momen arah X (kN/m)

M_y = momen arah Y (kN/m)

n = jumlah

P = gaya aksial (kN)

p = intensitas kendaraan pada beban garis terpusat, 4,90 (kN/m)

P_{izin} = kapasitas dukung ijin

P_B = tekanan angin dasar

P_D = tekanan angin rencana

P_n = gaya aksial nominal (kN)

P_u = gaya aksial ultimit (kN)

q = berat baja profil

Q_u = kapasitas dukung fondasi

r_x = radius girasi arah X (mm)

r_y = radius girasi arah Y (mm)

R_n = koefisien tahanan

R_d = faktor modifikasi respon

s = jarak antar baut (mm)

s_b = selimut beton (mm)

s_t = jarak antar baut dan tepi profil (mm)

SF = faktor aman

t = tebal

T = waktu periode

V_B = kecepatan angin rencana elevasi 10000 mm

V_{DZ} = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana

V_0 = kecepatan gesekan angin

V_S = kecepatan aliran air

V_{10} = kecepatan angin pada elevasi 10000 mm

W_t = berat total struktur

x = jarak arah X

y = jarak arah Y

Z = elevasi struktur dimana beban angin dihitung

Z_0 = panjang gesekan di hulu jembatan

Z_x = modulus plastis baja profil ($mm^{3)}$

β_1 = faktor distribusi tegangan beton

γ = berat volume

ρ = rasio tulangan

σ = tegangan (N/mm)

ε = regangan baja yang terjadi (mm)

ϕ = sudut geser dalam

θ = faktor reduksi

δb = sudut gesek antara tanah dan dasar abutment

$\phi' f$ = sudut geser efektif tanah

βa = kemiringan dinding abutment

ABSTRAK

Jembatan Perning Kloji menghubungkan Desa Perning dan Desa Mlirip di Mojokerto. Jembatan ini dirancang sebagai jembatan tiga bentang dengan struktur atas dari beton konvensional yang ditopang oleh dua pilar. Namun, salah satu pilarnya bergeser karena kegagalan dinding penahan, sehingga memerlukan desain ulang untuk meningkatkan stabilitas dan daya tahan.

Penelitian ini mengusulkan model struktur baru, mengganti jembatan yang ada dengan desain bentang tunggal menggunakan superstruktur rangka baja tipe Warren dan dek kendaraan beton bertulang. Jembatan rangka baja, khususnya tipe Warren, banyak digunakan di Indonesia dan dapat secara efisien mengakomodasi bentang hingga 50 meter.

Proses desain diawali dengan pemilihan material, diikuti dengan analisis beban menggunakan SAP2000 untuk menentukan gaya internal pada setiap komponen struktur. Gaya-gaya ini kemudian digunakan untuk merancang superstruktur menggunakan Microsoft Excel. Desain ini mematuhi standar Indonesia yang relevan, termasuk SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, dan SNI 1729:2015, yang dilengkapi dengan RSNI T-12:2004 dan RSNI T-03:2005.

Desain akhir menetapkan pelat lantai setebal 250 mm dengan tulangan primer dan sekunder masing-masing D19-200 dan D16-250. Komponen struktural meliputi girder longitudinal IWF 400x200x8x13, girder transversal W 920x390, rangka utama W 14x283, tali busur atas W 14x233, batang diagonal W 14x193, dan batang penahan angin IWF 150x150x7x10. Untuk memastikan integritas dan keamanan struktural, baut berkekuatan tinggi, tipe A490 dan A325, digunakan untuk sambungan.

Kata kunci : Model struktur, Model rangka tipe *Warren*, Komponen struktural

ABSTRACT

The Perning Kloji Bridge connects Perning Village and Mlirip Village in Mojokerto. It was designed as a three-span bridge with a conventional concrete superstructure supported by two piers. However, one of its pillars shifted due to the failure of a retaining wall, necessitating a redesign to enhance stability and durability.

This study proposes a new structural model, replacing the existing bridge with a single-span design using a Warren-type steel truss superstructure and a reinforced concrete vehicle deck. Steel truss bridges, particularly the Warren type, are widely used in Indonesia and can efficiently accommodate spans of up to 50 meters.

The design process begins with material selection, followed by load analysis using SAP2000 to determine internal forces in each structural component. These forces are then used to design the superstructure using Microsoft Excel. The design adheres to relevant Indonesian standards, including SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, and SNI 1729:2015, supplemented by RSNI T-12:2004 and RSNI T-03:2005.

The final design specifies a 250 mm thick deck slab with primary and secondary reinforcement of D19-200 and D16-250, respectively. Structural components include IWF 400x200x8x13 longitudinal girders, W 920x390 transverse girders, W 14x283 main trusses, W 14x233 top chords, W 14x193 diagonal members, and IWF 150x150x7x10 wind bracing. High-strength bolts, type A490 and A325, are used for connections to ensure structural integrity and safety.

Keywords **:** *Structural Model, Warren-type Truss Model, Structural Components*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur kian lama kian berkembang, baik infrastruktur berupa jalan, bangunan maupun jembatan itu sendiri. Perkembangan jembatan sendiri dari masa ke masa mengalami perkembangan yang sangat signifikan mulai dari jembatan berbahan dasar kayu hingga berbahan dasar besi maupun beton. Begitu juga di negara Indonesia sendiri mengalami perkembangan infrastruktur yang sangat signifikan.

Negara Indonesia sendiri merupakan sebuah negara dengan kondisi topografis yang sangat beragam pada setiap daerah di dalamnya. Keberagaman topografi ini membuat Indonesia memiliki banyak sungai dan laut yang memisahkan daerah-daerah di Indonesia. Oleh karena itu diperlukan sebuah bangunan konstruksi yaitu jembatan sebagai sarana penghubung antara kedua daerah tersebut.

Jembatan itu sendiri merupakan struktur yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus untuk menyebrangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya (Laia, 2021). Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*).

Belakangan ini, para perencana jembatan tidak hanya memperhitungkan aspek kekuatan dan efisiensi, tetapi juga memperhatikan sisi arsitektural. Jembatan yang semula berfungsi hanya sebagai sarana transportasi kini semakin banyak diberikan sentuhan seni, terutama di daerah yang dekat dengan kota. Namun, untuk jembatan yang berlokasi jauh dari pusat kota, aspek arsitektural mungkin tidak menjadi fokus utama.

Jembatan Perning Kloji merupakan jembatan yang memiliki bentang 50 meter dengan lokasi berada pada Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Jembatan ini memiliki 3 bentang bertipe struktur atas dengan menggunakan beton konvensional dengan 2 pilar diantaranya. Jembatan Perning Kloji menghubungkan dua desa yaitu Desa Perning dan Desa Mlirip yang dipisahkan oleh Sungai Brantas. Jembatan ini berada di ruas Jalan Gersik-Mlirip yang termasuk kelas Jalan Luar Kota sehingga arus lalu lintas yang melintasi jembatan ini termasuk kategori cukup padat. Jembatan ini dibangun pada tahun 1982 sehingga jembatan ini sudah berdiri lebih dari 40 tahun.

Pada pengamatan yang telah dilakukan, Jembatan Perning Kloji terindikasi memiliki beberapa kerusakan, di antaranya salah satu pilar tergeser akibat dinding penahan tanah roboh. Untuk menindaklanjuti kerusakan tersebut diperlukan perencanaan ulang pada Jembatan Perning Kloji. Jembatan yang semula menggunakan jembatan bertipe beton konvensional diubah menjadi Jembatan beton prategang menggunakan PCI girder yang tertulis pada penelitian (Maji'aturrahmah (2024)). Selain itu, dibuat desain alternatif pada penelitian ini untuk memberikan opsi lain tipe jembatan. Jembatan yang direncanakan yaitu jembatan dengan satu bentang bertipe rangka baja (*Truss Bridge).*

Menurut Saryono (2023), Jembatan rangka baja merupakan konstruksi yang terdiri dari struktur berbentuk rangka, umumnya terbuat dari material baja. Struktur ini dibangun dengan cara menyambungkan sejumlah batang menggunakan las atau baut, sehingga membentuk pola segitiga sebagai elemen utama dari sistem penyangga. Jembatan rangka baja (*truss bridge)* merupakan jenis jembatan yang cukup sering digunakan pada bangunan jembatan di Indonesia. Pemilihan jembatan tipe ini mengacu pada pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan kementerian PUPR, jembatan rangka baja memiliki panjang bentang ekonomis 40-200 meter.

Jembatan rangka baja (*truss bridge)* terdiri dari beberapa tipe, namun yang biasa digunakan di Indonesia hanya beberapa di antaranya jembatan rangka baja tipe *pratt truss, warren truss, K truss,* dan *baltimore truss.* Pada penelitian ini

digunakan Jembatan rangka baja tipe *warren* dikarenakan mudah dalam pengerjaannya dan sudah umum dipakai di Indonesia.

Penelitian ini menggunakan acuan perhitungan dan persyaratan pada SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, dan RSNI-T-03-2005 dengan rencana beban lalu lintas yang dipakai BM 100 atau beban 100% dalam analisis perencanaan jembatan. Dengan acuan dasar peraturan-peraturan tersebut diharapkan jembatan yang telah direncanakan mampu menahan beban-beban yang bekerja dengan aman dan masyarakat mampu menggunakan jembatan tersebut dengan lancar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalahnya yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan pelat lantai jembatan yang aman dan kuat dalam menahan beban direncanakan?
2. Bagaimana pemilihan dan hasil perencanaan profil baja untuk struktur atas jembatan yang memenuhi kriteria keamanan dan kekuatan dalam menahan beban rencana?
3. Bagaimana hasil perencanaan sambungan pada elemen struktur atas jembatan yang dapat memenuhi kriteria keamanan dan kekuatan dalam menahan beban rencana?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka di dalam penelitian ini didapat tujuan penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Mendapatkan hasil desain pelat lantai jembatan yang aman dan kuat dalam menahan beban rencana.
2. Mendapatkan hasil desain dan pemilihan profil baja struktur atas jembatan yang aman dan kuat dalam menahan beban rencana.
3. Mendapatkan hasil desain sambungan pada struktur atas jembatan yang aman dan kuat dalam menahan beban rencana.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat serta dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam mendesain struktur jembatan rangka baja tipe *Warren.*

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data geometri jembatan yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur.
2. Desain jembatan direncanakan jembatan jenis kelas A dimana menggunakan perhitungan penuh 100% pada muatan kendaraan dengan tinggi jembatan 6,25 serta lebar perkerasan 9 m dan lebar trotoar 1 m.
3. Desain struktur atas jembatan menggunakan jembatan rangka baja tipe *warren.*
4. Profil baja yang digunakan adalah profil IWF dan W sebagai rangka utama, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan ikatan angin.
5. Analisis pembebanan mengacu pada SNI 1725-2016
6. Analisis beban gempa terhadap jembatan Perning Kloji sesuai SNI 2833-2016.
7. Analisis baja mengacu pada RSNI-T-03-2005.
8. Analisis struktur jembatan Perning Kloji dengan melakukan pemodelan menggunakan *software* SAP2000.
9. Analisis pembebanan dibantu dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel.*
10. Tidak memperhitungkan Struktur bawah yang terdiri atas Abutment dan Fondasi.
11. Tidak memperhitungkan RAB perencanaan ulang Jembatan Perning Kloji.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beberapa peneliti sebelumnya yang telah melakukan penelitian mengenai topik perencanaan struktur Jembatan menggunakan rangka baja antara lain adalah sebagai berikut.

2.1.1 Jembatan Perning Kloji

Penelitian dengan judul "Optimalisasi Beton Prategang PCI Girder Pada Jembatan Perning Kloji, Mojokerto Menggunakan Metode Artificial Neural Network" yang disusun oleh Majiaturrahmah, (2024) menyimpulkan bahwa pemrograman ANN digunakan untuk mengoptimalisasi desain beton prategang PCI Girder dengan variabel input seperti panjang bentang, mutu beton, mutu baja, diameter strand,, jumlah strand, jumlah gelagar dan jarak antar gelagar. Output yang diperediksi meliputi tinggi girder, momen, gaya geser, dan biaya. Hasil peridiksi ANN menunjukkan bahwa girder optimal memiliki panjang 50 m, tinggi 2,3 m, mutu beton 68,60 MPa, diameter strand 7,94 mm, jarak antar gelagar 1500 mm, dan jumlah 6 gelagar, dengan lendutan 0,0158 m yang masih dalam batas aman $\leq$ 0,2083 m. Perbandingan antara prediksi ANN dan rumus empiris menunjukkan error 7,56 %, dengan hasil ANN lebih optimal dalam biaya. Biaya desain ANN sebesar Rp. 905.184.683,36 , lebih hemat 20,13% dibandingkan jembatan eksisting.

2.1.2 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja menggunakan Metode LRFD

Penelitian dengan judul "Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe *Camelback Truss* Dengan Menggunakan Metode LRFD di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu, Provinsi NTT" yang disusun oleh Lilu, (2019) merencanakan jembatan rangka baja tipe *camelback truss.* Jembatan ini memiliki panjang bentang 120 m dengan 2 *section* dan lebar 8,6 m. Perencanaan jembatan

ini mengacu pada standar SNI 1725-2016, SNI 3967-2008, SNI 1729-2015, dan SNI 2833-2016. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu sebagai berikut.

1. Dimensi pelat dan tulangan pada pelat lantai kendaraan dan trotoar
   a. Pelat lantai kendaraan

      Digunakan panjang pelat lantai kendaraan sebesar 60 m dan lebar lantai kendaraan 7 m, untuk tebal pelat lantai sebesar 25 cm, dipakai tulangan pokok dan tulangan bagi D13-200 dan D10-250.
   b. Pelat lantai trotoar

      Digunakan panjang pelat lantai kendaraan sebesar 60 m dan lebar lantai kendaraan 0,8 m, jumlah trotoar rencana, dipakai tulangan pokok dan tulangan bagi D13-200 dan D10-250.
2. Dimensi profil baja (WF) pada gelagar memanjang, gelagar melintang dan gelagar induk.
   a. Gelagar memanjang digunakan profil baja WF 300x300x10x15
   b. Gelagar melintang digunakan profil baja WF 700x300x16x28
   c. Gelagar Induk digunakan profil baja WF 428x407x20x35
3. Perencanaan profil ikatan angin
   a. Ikatan angin atas digunakan profil baja LD 250x250x25
   b. Ikatan angin bawah digunakan profil baja LD 200x200x15
4. Dimensi baut pada sambungan
   a. Sambungan antar gelagar memanjang dan gelagar melintang

      Digunakan baut dengan diameter 20 mm dan tebal pelat simpul 25 mm
   b. Sambungan antar gelagar melintang dan gelagar induk

      Digunakan baut dengan diameter 27 mm dan tebal pelat simpul 3 mm
   c. Sambungan antar gelagar induk

      Digunakan baut dengan diameter 27 mm dan tebal pelat simpul 25 mm
   d. Sambungan antara ikatan angin
      1) Ikatan angin atas

         Digunakan baut dengan diameter 27 mm
      2) Ikatan angin bawah

         Digunakan baut dengan dimensi 27 mm

5. Dimensi perletakan elastomer dengan panjang 720 mm, lebar 720 mm, dan tinggi 196 mm, dengan susunan cover baja atas dan bawah setebal 8 mm, 10 buah lapisan internal setebal 18 mm, dan 11 lapisan plat baja setebal 1 mm.

2.1.3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja

Penelitian dengan judul "Studi Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Ake Toduku Halmahera Barat" yang disusun oleh Adryana dkk. (2019) merencanakan Jembatan Ake Toduku dengan rangka baja tipe. Jembatan ini memiliki bentang 45 m. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar SNI 1725-2016 dan RSNI-T-03-2005. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu sebagai berikut.

1. Besar dimensi tulangan yang dipakai untuk tulangan tarik D15-150 dan untuk tulangan tekan D16-300
2. Dimensi profil pada perencanaan jembatan Ake Toduku didapatkan gelagar memanjang (WF 350x175x6x9), gelagar melintang (Wf 700x300x13x24), gelagar induk (WF 400x400x11x8), ikatan angin atas vertikal (WF 125x125x6,5x9), ikatan angin atas diagonal (L 120x120x20), ikatan angin bawah diagonal (L 120x120x20)
3. Hasil perencanaan sambungan gelagar memanjang dengan gelagar melintang adalah gaya yang bekerja pada gelagar memanjang PU (30140,108 kg), pelat penyambung baja siku sama kaki L 70.70.11, menggunakan baut mutu tinggi ø 5/8 sebanyak 3 buah. Hasil perencanaan sambungan gelagar melintang dengan gelagar induk didapat gaya yang bekerja pada gelagar melintang PU (60854,33 kg), pelat penyambung baja siku sama kaki L 150.150.16, menggunakan baut mutu tinggi ø ¾ sebanyak 5 buah.
4. Abutment yang digunakan merupakan bentuk T terbalik dengan panjang 10,53 m. Pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran dengan kedalaman 6,5 m, diameter 3,5 m serta memiliki jumlah 2 buah pondasi sumuran dengan tebal selimut beton 30 cm.

Adapun penelitian dengan judul "Perencanaan Struktur Rangka Baja dengan Bentang 62 meter Tebat Gheban Kota Pagar Alam" yang disusun oleh Syaidina

dkk, (2021) merencanakan Jembatan Tebat Gheban dengan rangka baja. Jembatan ini memiliki panjang bentang 62 m dan lebar 9 m. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar BMS-1992, RSNI-T-02-2005, RSNI T-12-2005 dan AASHTO 4th Edition. Pada perencanaan struktur jembatan rangka baja Tebat Gheban di Kota Pagar Alam, dapat disimpulkan bahwa desain tersebut telah memenuhi standar perencanaan jalan dan jembatan. Berdasarkan perhitungan manual, digunakan profil baja Wide Flange (Wf) dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Batang atas: 400x300x12.
2. Batang bawah: 400x300x10.
3. Batang tegak: 400x350x10.
4. Batang diagonal: 350x350x10.

Sistem struktur rangka menggunakan rangka wide flange. Dari hasil analisis menggunakan software STAAD Pro V8i, diperoleh nilai **Sway**: 0,011° (lebih kecil dari batas 0,5°), dan nilai **Twist**: 0,006° (lebih kecil dari batas 0,5°). Displacement maksimum akibat beban servis pada struktur tercatat sebesar 1 cm. Dengan ketinggian struktur 7,75 meter, displacement maksimum yang diperbolehkan adalah 3 cm, sehingga nilai displacement tersebut berada dalam batas aman. Dapat disimpulkan bahwa perencanaan jembatan ini aman dan sesuai standar yang berlaku.

Penelitian lain dengan judul “Analisa Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sei Namuq Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat” yang disusun oleh Aleksander, (2021) direncanakan jembatan Sei Namuq menggunakan rangka baja. Jembatan ini memiliki panjang bentang 30 m dan lebar 9 m. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar pembebanan jembatan SNI 1725-2016. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu gelagar memanjang menggunakan gelagar memanjang menggunakan profil baja WF 900x300x16x28, gelagar melintang menggunakan profil baja WF 700x300x13x24, gelagar induk menggunakan profil baja WF 400x400x13x21, gelagar melintang atas menggunakan profil baja WF 350x350x12x19, ikatan angin menggunakan profil baja L 200x200x20 dan jumlah sambungan pada gelagar memanjang dan melintang pada jembatan masing-masing

4 buah dan menggunakan pelat profil L 80x80x8 dengan menggunakan sambungan baut tipe A490.

2.1.4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*

Penelitian dengan judul "Perencanaan Struktur Jembatan Panjang-Pangandaran Kabupaten Kudus menggunakan sistem Rangka Baja Tipe *Warren*" yang disusun oleh Andriansyah, (2024) merencanakan Jembatan Panjang Pangandaran dengan rangka baja tipe *warren.* Jembatan ini memiliki panjang bentang 75 m dan lebar 9 m dan dilengkapi dengan 2 jalur kendaraan. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, dan RSNI-T-03-2005. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu pelat lantai jembatan, dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm dan menggunakan tulangan pokok dan tulangan bagi masing-masing D16-190 dan D13-260. Gelagar memanjang digunakan profil baja 350x175x7x11 yang dipasang secara komposit dengan pelat lantai shear stud diameter 19 mm sebanyak 28 buah pada masing-masing gelagar memanjang. Gelagar melintang menggunakan profil baja 800x300x14x24. Rangka utama yang menggunakan 3 jenis profil baja, batang atas menggunakan profil baja W 14x311, batang bawah menggunakan profil baja W 14x257 dan batang diagonal menggunakan profil baja W 14x193. Ikatan angin digunakan profil baja IWF 150x150x7x10. Adapun untuk sambungan menggunakan sistem sambungan baut mutu tinggi tipe A490 dan A325 yang disatukan dengan tebal pelat buhul 15 mm, diameter dan jumlah baut yang digunakan pada struktur atas adalah 36 m dan 30 buah dengan mutu A490, struktur bawah 36 mm dan 20 buah dengan mutu A490, batang diagonal adalah 30 mm dan 12 buah dengan mutu A490, ikatan angin adalah 16 mm dan 8 buah dengan mutu A325 dan yang terakhir gelagar memanjang menggunakan baut dengan diameter 30 mm sejumlah 6 buah dengan mutu A490. Adapun untuk struktur bawah digunakan abutment tipe T terbalik dengan lebar 7 x 10,7 m, tinggi abutment kiri mencapai 5 m dan abutment kanan adalah 7 m serta pondasi pada abutment menggunakan bored pile dengan diameter 0,8 m sebanyak 12 buah dengan panjang 20 m.

Adapun penelitian dengan judul “Perencanaan Struktur Jembatan Kiringan menggunakan Rangka Baja Tipe *Warren*” Fathurrahman, (2022) merencanakan Jembatan Kiringan dengan rangka baja tipe *warren.* Jembatan ini memiliki dua bentang dengan panjang masing-masing 45 m dan lebar 7,8 m. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, RSNI T-02-2005 dan RSNI-T-03-2005. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu pelat lantai jembatan, dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm dan menggunakan tulangan pokok dan tulangan bagi masing-masing D16-130 dan D13-180. Gelagar memanjang digunakan profil baja 400x200x8x13 yang dipasang secara komposit dengan pelat lantai shear stud diameter 19 mm sebanyak 32 buah pada masing-masing gelagar memanjang. Gelagar melintang menggunakan profil baja 800x300x14x26. Rangka utama menggunakan profil baja IWF 400x400x13x21. Ikatan angin digunakan profil baja IWF 100x100x6x8. Adapun untuk sambungan menggunakan sistem sambungan baut mutu tinggi tipe A325 yang disatukan dengan tebal pelat buhul 15 mm, diameter dan jumlah baut yang digunakan pada batang atas adalah 30 m dan 26 buah, struktur bawah 30 mm dan 26 buah, batang diagonal adalah 30 mm dan 20 buah, ikatan angin adalah 16 mm dan 8 buah dan yang terakhir gelagar memanjang menggunakan baut dengan diameter 16 mm sejumlah 9 buah. Adapun untuk struktur bawah digunakan abutment tipe T terbalik dengan lebar 6,5 x 8,7 m, tinggi abutment kiri mencapai 5 m dan abutment kanan adalah 7 m untuk pondasi pada abutment menggunakan bored pile dengan diameter 0,8 m sebanyak 12 buah dengan panjang 20 m. Pilar yang digunakan merupakan tipe kolom tunggal dengan lebar 1,2 x 4,5m dengan tinggi total pilar 15,8 m dan untuk pondasi pada pilar menggunakan bored pile dengan diameter 0,8 m sebanyak 12 buah dan panjang 25 m.

Penelitian lain dengan Judul “Perencanaan Jembatan Ciloseh menggunakan Rangka Baja Tipe *Warren”* yang disusun oleh Naufal, (2024) merencanakan Jembatan Ciloseh dengan rangka baja tipe *warren.* Jembatan ini memiliki bentang 3x85 m dan lebar jalan 7 meter. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar SNI 1725-2016, RSNI T 12-2004, RSNI T 03-2005, dan SNI 2833-2016. Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu pelat lantai jembatan, dengan tebal pelat 250 mm

dan menggunakan tulangan pokok pada momen positif dan negatif masing-masing D16-100 dan tulangan bagi masing-masing D13-100. Gelagar memanjang digunakan profil baja 400x200x8x13 yang dipasang secara komposit dengan pelat lantai shear stud diameter 19 mm sebanyak 32 buah sepanjang satu buah gelagar memanjang. Gelagar melintang menggunakan profil baja 800x300x14x26. Rangka utama pada batang atas menggunakan profil baja IWF 550x550x25x37,5, pada batang bawah menggunakan profil baja IWF 550x550x25x37,5, pada batang diagonal menggunakan profil baja IWF 550x550x25x31,5. Ikatan angin tengah digunakan profil baja IWF 300x175x9x16, dan ikatan angin ujung digunakan profil baja IWF 350x300x12x19. Adapun untuk sambungan menggunakan sistem sambungan baut mutu tinggi tipe A490 yang disatukan dengan tebal pelat buhul , diameter dan jumlah baut yang digunakan pada batang atas adalah 30 m dan 56 buah dengan konfigurasi baut seling, struktur bawah pada pelat buhul luar 30 mm, dan pelat buhul dalam 20 mm dengan total 56 buah menggunakan konfigurasi baut seling, batang diagonal pada pelat buhul luar 30 mm dan tebal pelat buhul dalam 20 mm dengan total 48 buah menggunakan konfigurasi baut seling, ikatan angin menggunakan diameter baut M24 dengan jumlah baut 16 buah dan tebal pelat buhul 10 mm digunakan baut sejajar. Adapun untuk struktur bawah digunakan abutment tipe T terbalik dengan ukuran *breast wall* 1,5 x 11 m, dan tinggi 3,1 m. *Pile cap* menggunakan dimensi 7,8 x 12,6 m dan tinggi 1,5 m. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi *bored pile* dengan diameter 0,8 m sejumlah 15 buah dengan panjang 32 m. Pilar yang digunakan tipe kolom tunggal dengan ukuran kolom 1,5 x 5,5 m dan tinggi 6,37 m. *Pile cap* menggunakan dimensi 10,04 x 16,4 dan tinggi 1,5 m. Pondasi yang digunakan merupakan *bored pile* dengan diameter 1,2 sejumlah 15 buah dengan panjang 33 m.

Terdapat penelitian lain juga dengan judul penelitian “Perencanaan Jembatan Kedungjati menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe *Warren”* yang disusun oleh Yoga, (2022) merencanakan Jembatan Kedungjati dengan rangka baja tipe *warren.* Jembatan ini memiliki total panjang bentang 80 m, yang terdiri dari 2 bentang sepanjang 50 m dan 30 m dan lebar jalan 7 meter. Perencanaan jembatan ini mengacu pada standar SNI 1725-2016, RSNI T 03-2005, dan SNI 2833-2016.

Hasil perencanaan yang diperoleh yaitu rangka atas jembatan menggunakan profil W 14x311 dengan tipe baut A325 yang berdiameter 32 mm dan berjumlah 44 buah, rangka bawah jembatan menggunakan profil W 14x311 dengan tipe baut A325 yang berdiameter 32 mm dan berjumlah 32 buah, rangka diagonal menggunakan profil W 14x311 dengan tipe baut A325 yang berdiameter 32 mm dan berjumlah 16 buah, ikatan angin menggunakan profil W 10x33 dengan tipe baut A325 yang berdiameter 24 mm dan berjumlah 4 buah. Gelagar melintang menggunakan profil W24x76. Gelagar memanjang menggunakan profil 350x350x12x19. Penghubung geser jembatan menggunakan baut yang berdiameter 20 mm sebanyak 36 buah dengan jarak tiap penghubung gesernya 270 mm. Hasil perencanaan struktur bawah terdiri atas Abutment dengan nilai *breast wall* memiliki tinggi 440 cm, lebar 800 cm dan tebal 80 cm. Nilai *backwall* yang terdiri atas *backwall* atas memiliki tinggi 50 cm, lebar 800 cm, dan tebal 25 cm dan *backwall* bawah yang memiliki tinggi 160 cm, lebar 800 cm, dan tebal 60 cm. *Wing wall* memiliki tinggi 590 cm, lebar 60 cm, dan tebal 290 cm. *Pile cap* memiliki nilai tinggi 130 cm, lebar 800 cm,, dan tebal 380 cm. Pada pondasi digunakan tipe *bored pile* dengan diameter 80 m, panjang tiang bor 970 cm dan berjumlah 8 buah.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Datang

Beberapa penelitian yang sudah dijabarkan, dirangkum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. 1 Jembatan Perning Kloji

No.	Aspek	Penelitian	
		Majiaturrahmah, (2024)	**Aulia (2025)**
1	Judul Penelitian	Optimalisasi Beton Prategang PCI Girder Pada Jembatan Perning Kloji, Mojokerto Menggunakan Metode Artificial Neural Network	Desain Struktur Atas Jembatan Perning Kloji Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe *Warren* Sebagai Alternatif Model Struktur
2	Tipe Jembatan	Beton Prategang PCI Girder	Rangka baja tipe *warren*
3	Lokasi	Mojokerto	Mojokerto
4	Peraturan	SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, Panduan praktis perencanaan teknik jembatan No.02/M/BM/2021.	RSNI T-03-2005, RSNI T-02-2005 SNI 1726:2019, SNI 2833:2016, dan SNI 1725:2016

Sumber : Majiaturrahmah, (2024)

Lanjutan Tabel 2.1 Jembatan Perning Kloji

No.	Aspek	Penelitian	
		Majiaturrahmah, (2024)	**Aulia (2025)**
5	Hasil Penelitian	Hasil peridiksi ANN menunjukkan bahwa girder optimal memiliki panjang 50 m, tinggi 2,3 m, mutu beton 68,60 MPa, diameter strand 7,94 mm, jarak antar gelagar 1500 mm, dan jumlah 6 gelagar, dengan lendutan 0,0158 m yang masih dalam batas aman ≤ 0,2083 m. Perbandingan antara prediksi ANN dan rumus empiris menunjukkan error 7,56 %, dengan hasil ANN lebih optimal dalam biaya. Biaya desain ANN sebesar Rp. 905.184.683,36 , lebih hemat 20,13% dibandingkan jembatan eksisting.	Gelagar memanjang IWF 400x200x8x13, Gelagar melintang W 920x390, Rangka induk W 14x283, W 14x233, W 14x193 Ikatan angin IWF 150x150x7x10

Sumber : Majiaturrahmah, (2024)

Tabel 2. 2 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja menggunakan Metode LRFD

No.	Aspek	Penelitian	
		Lilu, (2019)	**Aulia (2025)**
1	Judul Penelitian	Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe *Camelback* Truss Dengan Menggunakan Metode LRFD di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu, Provinsi NTT	Desain Struktur Atas Jembatan Perning Kloji Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe *Warren* Sebagai Alternatif Model Struktur
2	Tipe Jembatan	Rangka baja tipe *camelback*	Rangka baja tipe *warren*
3	Lokasi	Weutu, Kota Atambua, Kab, Belu, Provinsi NTT	Mojokerto
4	Peraturan	SNI 1725-2016, SNI 3967-2008, SNI 1729-2015, dan SNI 2833-2016	RSNI T-03-2005, RSNI T-02-2005 SNI 1726:2019, SNI 2833:2016, dan SNI 1725:2016

Sumber : Lilu, (2019)

Lanjutan Tabel 2.2 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja menggunakan Metode LRFD

No.	Aspek	Penelitian	
		Lilu, (2019)	**Aulia (2025)**
5	Hasil Penelitian	Profil yang digunakan pada gelagar memanjang adalah WF 300x300x10x15, gelagar melintang WF 700x300x16x28, gelagar induk WF 428x407x20x35, ikatan angin atas LD 250x250x25, ikatan angin bawah LD 200x200x15	Gelagar memanjang IWF 400x200x8x13, Gelagar melintang W 920x390, Rangka induk W 14x283, W 14x233, W 14x193 Ikatan angin IWF 150x150x7x10

Sumber : Lilu, (2019)

Tabel 2. 3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja

No.	Aspek	Penelitian			
		Adryana dkk. (2019)	**Syaidina dkk. (2021)**	**Aleksander, (2021)**	**Aulia (2025)**
1	Judul Penelitian	Studi Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Ake Toduku Halmahera Barat	Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Dengan Bentang 62 Meter Tebat Gheban Kota Pagar Alam	Analisa Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sei Namuq Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat	Desain Struktur Atas Jembatan Perning Kloji Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe *Warren* Sebagai Alternatif Model Struktur
2	Tipe Jembatan	Rangka baja	Rangka baja	Rangka baja	Rangka baja tipe *warren*

Sumber : Adryana dkk. (2019), Syaidina dkk, (2021), Aleksander (2021)

Lanjutan Tabel 2.3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja

No.	Aspek	Penelitian			
		Adryana dkk. (2019)	**Syaidina dkk. (2021)**	**Aleksander, (2021)**	**Aulia (2025)**
3	Lokasi	Halmahera barat	Kota Pagar Alam	Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat	Mojokerto
4	Peraturan	SNI 1725-2016 dan RSNI-T-03-2005	BMS-1992, RSNI-T-02-2005, RSNI T-12-2005 dan AASHTO 4th Edition	SNI 1725-2016.	RSNI T-03-2005, RSNI T-02-2005 SNI 1726:2019, SNI 2833:2016, dan SNI 1725:2016

Sumber : Adryana dkk. (2019), Syaidina dkk, (2021), Aleksander (2021)

Lanjutan Tabel 2.3 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja

No.	Aspek	Penelitian			
		Adryana dkk. (2019)	**Syaidina dkk. (2021)**	**Aleksander, (2021)**	**Aulia (2025)**
5	Hasil penelitian	Gelagar memanjang WF 350x175x6x9, gelagar melintang WF 700x300x13x24, gelagar induk WF 400x400x11x18, ikatan angin atas vertikal WF 125x125x6,5x9, ikatan angin atas diagonal L 120x120x20, ikatan angin bawah diagonal L 120x120x20	Batang atas WF 400x300x12, batang bawah WF 400x300x10, batang tegak WF 400x350x10, dan batang diagonal WF 350x350x10	gelagar memanjang WF 900x300x16x28, gelagar melintang WF 700x300x13x24, gelagar induk WF 400x400x13x21, gelagar melintang atas WF 350x350x12x19, ikatan angin L 200x200x20	Gelagar memanjang IWF 400x200x8x13, Gelagar melintang W 920x390, Rangka induk W 14x283, W 14x233, W 14x193 Ikatan angin IWF 150x150x7x10

Sumber : Adryana dkk. (2019), Syaidina dkk, (2021), Aleksander (2021)

Tabel 2. 4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*

No.	Aspek	Penelitian				
		Yoga, (2022)	**Fathurrahman, (2022)**	**Naufal, (2024)**	**Andriansyah (2024)**	**Aulia (2025)**
1	Judul Penelitian	Perencanaan Jembatan Kedungjati menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe *Warren.*	Perencanaan Struktur Jembatan Kiringan Menggunakan Rangka Baja Tipe *Warren*	Perencanaan Jembatan Ciloseh menggunakan Rangka Baja Tipe *Warren*	Perencanaan Struktur Jembatan Panjang-Peganjaran Kabupaten Kudus Menggunakan Sistem Rangka Baja Tipe *Warren.*	Desain Struktur Atas Jembatan Perning Kloji Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe *Warren* Sebagai Alternatif Model Struktur
2	Tipe Jembatan	Rangka baja tipe *warren*	Rangka baja tipe *warren*	Rangka baja tipe *warren*	Rangka baja tipe *warren*	Rangka baja tipe *warren*

Sumber : Andriansyah (2024), Fathurrahman (2022), Naufal (2024), Yoga (2022)

Lanjutan Tabel 2.4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*

No.	Aspek	Penelitian				
		Yoga, (2024)	**Fathurrahman, (2022)**	**Naufal, (2024)**	**Andriansyah, (2022)**	**Aulia (2025)**
3	Lokasi	Bantul, Yogyakarta	Bantul, Yogyakarta	Tasikmalaya	Jalan Panjang, Lingkar Utara, Kudus	Mojokerto, Jawa Timur
4	Peraturan	SNI 1725-2016, RSNI T 03-2005, dan SNI 2833-2016	SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, RSNI T-02-2005 dan RSNI-T-03-2005	SNI 1725-2016, RSNI T 12-2004, RSNI T 03-2005, dan SNI 2833-2016.	SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, dan RSNI-T-03-2005.	RSNI T-03-2005, RSNI T-02-2005 SNI 1726:2019, SNI 2833:2016, dan SNI 1725:2016

Sumber : Andriansyah (2024), Fathurrahman (2022), Naufal (2024), Yoga (2022)

Lanjutan Tabel 2.4 Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*

No.	Aspek	Penelitian				
		Yoga, (2022)	**Fathurrahman, (2022)**	**Naufal, (2024)**	**Andriansyah, (2024)**	**Aulia (2024)**
5	Hasil Penelitian	rangka atas W 14x311, rangka bawah W 14x311, rangka diagonal W 14x311, ikatan angin W 10x33, Gelagar W24x76. Gelagar memanjang 350x350x12x19.	Gelagar memanjang IWF 400x200x8x13, gelagar melintang IWF 800x300x14x26, rangka utama IWF 400x400x13x21, ikatan angin 100x100x6x8	Gelagar memanjang 400x200x8x13 Gelagar melintang 800x300x14x26. Rangka utama pada batang atas IWF 550x550x25x37,5, batang bawah IWF 550x550x25x37,5, batang diagonal IWF 550x550x25x31,5. Ikatan angin tengah IWF 300x175x9x16, dan ikatan angin ujung IWF 350x300x12x19.	Gelagar melintang IWF 350x175x7x11 Gelagar memanjang IWF 800x300x14x26 Rangka induk W 14x311, W 14x257, W 14x193 Ikatan angin IWF 150x150x7x10	Gelagar memanjang IWF 400x200x8x13, Gelagar melintang W 920x390, Rangka induk W 14x283, W 14x233, W 14x193 Ikatan angin IWF 150x150x7x10

Sumber : Andriansyah (2024), Fathurrahman (2022), Naufal (2024), Yoga (2022)

2.3 Keaslian Penelitian

Pada umumnya penelitian ini menggunakan metode perhitungan dan analisis yang sama dengan penelitian sebelumnya, namun berbeda untuk data geometri. Penelitian ini menggunakan bentang jembatan 50 m dan lebar jembatan 11 m, sehingga, untuk hasil analisis dan perhitungan yang diperoleh akan berbeda dengan yang telah dipaparkan pada tabel di atas. pada pelat lantai memiliki hasil tulangan bagi dan pokok berbeda, untuk gelagar memanjang, gelagar melintang, batang induk dan ikatan angin juga menghasilkan profil baja yang berbeda

Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi dan menyempurnakan penelitian sebelumnya, berdasarkan uraian yang telah dipaparkan di atas, sehingga penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Jembatan

Jembatan adalah sebuah struktur yang dirancang untuk melintasi jurang atau halangan seperti sungai, rel kereta api, atau jalan raya. Tujuan pembangunan jembatan sendiri adalah untuk memungkinkan pejalan kaki, kendaraan ataupun kereta api melewati rintangan tersebut. Jembatan juga menjadi elemen paling penting dalam infrastruktur transportasi darat yang krusial dalam mengatur aliran lalu lintas. Apabila jembatan memiliki kerusakan, jembatan tersebut akan mengganggu kenyamanan pengguna jalan. Oleh karena perannya yang cukup penting, maka diperlukan pemeriksaan yang berkala untuk meyakinkan bahwa kondisi jembatan dalam keadaan aman untuk digunakan bagi pengguna jalan yang akan melintasinya.

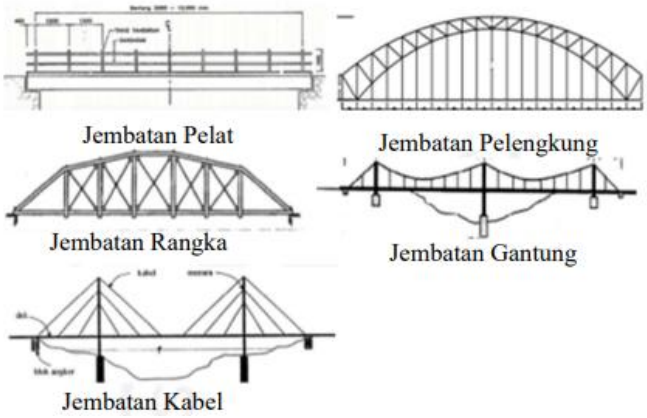
Adapun komponen penyusun struktur atas jembatan terdiri atas komponen utama yaitu lantai jembatan, rangka utama, gelagar melintang, gelagar memanjang, diafragma, pertambatan, dan perletakan/andas. Struktur bangunan atas jembatan berfungsi untuk memindahkan beban dari lantai jembatan ke perletakan arah horizontal jembatan.

3.2 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Struktur Atas

Supriadi dan Muntohar (2007) berpendapat terdapat 5 jenis klasifikasi jembatan yang umum digunakan apabila ditinjau berdasarkan struktur atas, yaitu :

1. Jembatan Pelat
2. Jembatan Pelengkung
3. Jembatan Rangka
4. Jembatan Gantung
5. Jembatan Kabel

Beberapa jenis klasifikasi jembatan yang umum digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



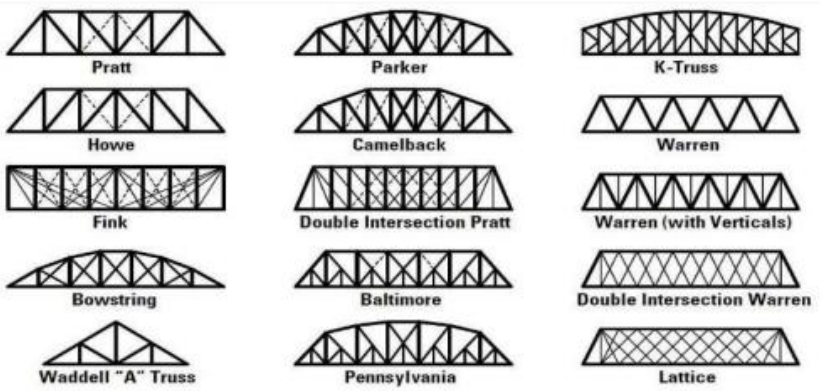
Gambar 3. 1 Tipe Jembatan
(Sumber : Supriadi dan Muntohar (2007))

3.3 Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja atau yang biasa disebut dengan *truss bridge* adalah struktur jembatan yang terdiri atas sekumpulan batang baja yang saling terhubung satu dengan lainnya. Beban yang diterima oleh struktur ini akan didistribusikan dan dialirkan melalui batang-batang baja dalam bentuk gaya tekan dan tarik yang terpusat pada titik-titik pertemuan batang yang disebut dengan titik buhul. Garis netral dari setiap batang pada titik buhul harus bertemu di satu titik yang sama untuk mencegah terjadinya momen sekunder.

3.3.1 Jenis Jembatan Rangka Baja Berdasarkan Susunan Geometri

Dalam struktur rangka baja jembatan, susunan geometri jembatan menjadi salah satu elemen penting dalam menentukan kekuatan dan stabilitas keseluruhan jembatan. Terdapat berbagai jenis susunan geometri yang biasa digunakan dalam desain rangka baja, masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri. Pemilihan jenis susunan geometri jembatan biasanya disesuaikan dengan kebutuhan desain , jenis beban yang harus ditopang, serta efisiensi material yang digunakan. Beragam susunan geometri dapat dilihat dan dipelajari lebih lanjut pada Gambar 3.2 sebagai berikut.

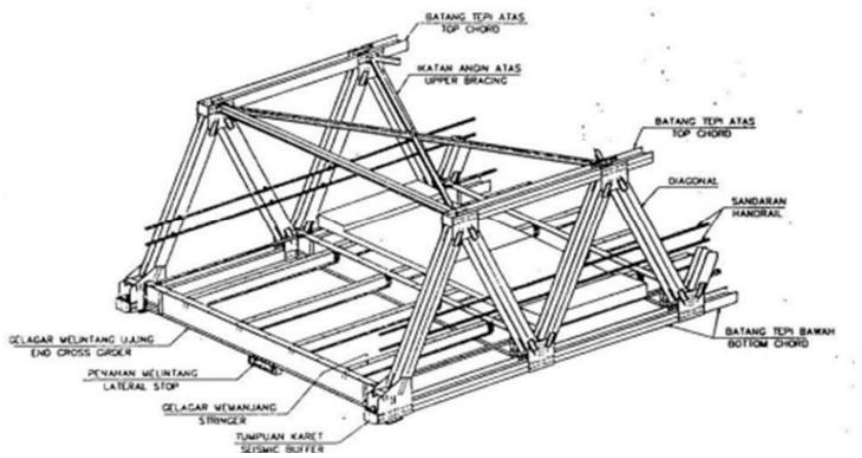


Gambar 3. 2 Susunan Geometri Jembatan Rangka Baja
(Sumber: Ressler, 2001)

Jembatan Perning Kloji dirancang dengan rangka baja tipe *warren*. Di Indonesia, jenis jembatan rangka baja ini umum digunakan karena memiliki proses konstruksi yang relatif sederhana dan mudah dikerjakan.

3.3.2 Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*

Jembatan rangka baja tipe *warren* adalah salah satu jenis jembatan rangka baja yang menggunakan struktur rangka utama berbentuk trapesium yang terdiri dari susunan rangka segitiga. Tipe jembatan ini terdiri dari beberapa komponen utama seperti batang horizontal, batang diagonal, gelagar melintang, gelagar memanjang, dan ikatan angin. Batang diagonal dan ikatan angin berperan penting dalam menghubungkan titik-titik buhul pada batang utama, sehingga memberikan kestabilan pada seluruh rangka. Komponen pada jembatan rangka baja tipe *warren* dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Komponen Jembatan Rangka Baja *Warren*
(Sumber : Chen Waifah dan Lian, 2000)

3.3.3 Struktur Rangka Batang

Struktur rangka batang adalah sistem konstruksi yang terdiri dari sekumpulan batang lurus yang dihubungkan pada ujung-ujungnya untuk membentuk kesatuan struktur yang stabil dan kuat. Sistem ini dirancang secara khusus untuk mampu menahan dan mendistribusikan beban dengan efisien, sehingga kerap digunakan dalam berbagai jenis konstruksi, termasuk jembatan dan bangunan.

Dalam struktur rangka, ketika struktur menerima beban maka gaya tarik dan gaya tekan akan timbul pada batang-batang penyusun tanpa menghasilkan momen. Hal ini, memungkinkan struktur rangka bekerja berdasarkan prinsip keseimbangan statik. Prinsip ini memastikan bahwa setiap gaya dalam sistem saling menyeimbangkan, seperti yang dijelaskan pada persamaan 3.1-3.3 berikut ini.

$$\sum F_H = 0 \tag{3.1}$$

$$\sum F_V = 0 \tag{3.2}$$

$$\sum M = 0 \tag{3.3}$$

1. Batang tarik

   Batang tarik merupakan elemen dalam struktur yang menerima beban dalam bentuk gaya tarik, sehingga menghasilkan gaya aksial yang bekerja sepanjang sumbu batang tersebut.

   Berdasarkan SNI 1729-2015, kekuatan tarik desain ($\phi_t P_n$) dihitung menggunakan nilai terkecil antara batas leleh tarik pada penampang bruto dan kekuatan tarik saat terjadi keruntuhan pada penampang neto. Nilai tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.4-3.5 berikut.

   Persamaan leleh tarik penampang bruto :

   $$P_n = F_y \; x \; A_g \qquad (3.4)$$

   Persamaan keruntuhan tarik penampang neto :

   $$P_n = F_u \; x \; A_e \qquad (3.5)$$

   Dengan $\phi_t = 0{,}75$ (DFBK)

   Keterangan :

   A_g = luas bruto komponen struktur (mm^2)

   A_e = luas netto efektif (mm^2)

   F_y = tegangan leleh minimum (MPa)

   F_u = tegangan tarik minimum (MPa)

2. Gaya batang tekan

   Batang tekan merupakan elemen pada struktur yang menanggung beban tekan yang menghasilkan gaya aksial yang bekerja sepanjang sumbu batang tersebut. Beban aksial ini dapat menyebabkan batang mengalami tekuk (*buckling*), yang mengakibatkan timbulnya tegangan tekan pada batang tersebut. Keruntuhan pada batang tekan dapat terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu tegangan leleh yang terlampaui, biasanya terjadi pada batang pendek dan kokoh (stocky column), dan terjadinya tekuk, biasanya sering terjadi pada batang panjang dan ramping (*slender column*). Oleh karena itu

pemilihan mutu bahan yang tepat dan desain geometris yang sesuai sangat penting untuk memastikan kestabilan batang tekan.

3.4 Analisis Pembebanan Jembatan

Berdasarkan SNI 1725-2016, perencanaan jembatan harus dilakukan dengan memperhatikan kondisi batas yang diperlukan guna mencapai tujuan pembangunan yang optimal. Hal ini meliputi aspek keselamatan, kenyamanan layanan, serta memperhatikan kemudahan dalam proses inspeksi, efisiensi biaya, dan unsur estetika. Dalam proses perencanaan, semua gaya yang bekerja pada struktur, termasuk kombinasinya harus dianalisis dan dipastikan memenuhi persamaan yang relevan dengan standar perencanaan.

3.4.1 Beban permanen

Berdasarkan SNI 1725-2016, terdapat beberapa jenis beban persisten, yaitu beban sendiri, beban tambahan / beban servis, beban tekanan tanah, dan dampak permanen dan eksekusi.

1. Berat sendiri (MS)

   Berat sendiri adalah beban yang berasal dari berat struktur bangunan itu sendiri, termasuk elemen-elemen struktural utama, dan tambahan. Pada jembatan, beban ini mencakup berat seluruh komponen jembatan seperti rangka utama, lantai jembatan dan elemen pendukung lainnya, ditambah dengan komponen lain yang dianggap permanen dan tidak berubah selama masa penggunaanya. Berikut ini adalah faktor beban dari beratnya sendiri.

Tabel 3. 1 Faktor beban sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^{S})		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^{U})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber : SNI 1725-2016)

Berdasarkan tabel 3.1, faktor beban untuk berat sendiri yang digunakan dalam analisis pada Tugas Akhir ini adalah faktor beban yang berlaku untuk kondisi batas ultimit normal.

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan merujuk pada beban yang berasal dari elemen-elemen non struktural, yang beratnya dapat mengalami perubahan sepanjang umur jembatan. (Nasional, 2005). Beban ini mencakup elemen yang bukan bagian integral dari struktur utama, seperti lapisan tambahan atau aksesoris lainnya.

Tabel 3. 2 Faktor Beban Mati Tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^{S})		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^{U})	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00[(1)]	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80
Catatan [(1)] : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

(Sumber : SNI 1725-2016)

3. Beban akibat tekanan tanah aktif (TA)

Menurut SNI 1725-2016, koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah, seperti kepadatan, kelembaban, dan kohesi. Sifat tanah ini diperoleh melalui pengujian lapangan atau laboratorium. Tekanan tanah lateral dalam keadaan batas kekuatan dihitung menggunakan nilai nominal berdasarkan γs dan nilai perencanaan berdasarkan c dan ϕf. Nilai perencanaan tersebut diperoleh dengan faktor reduksi kekuatan.

Tekanan tanah lateral yang dihitung kemudian dikalikan dengan faktor beban sesuai yang tertera dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah

Tipe Beban	**Faktor Beban (γTA)**			
	Keadaan Batas Layan ($\gamma^{u}TA$)		**Keadaan Batas Ultimit ($\gamma^{u}TA$)**	
	Tekanan Tanah		**Biasa**	**Terkurangi**
Tetap	Tekanan Tanah Vertikal	1,00	1,25	0,80
	Tekanan Tanah Lateral	1,00		
	Aktif	1,00	1,25	0,80
	Pasif	1,00	1,40	0,70
	Diam	1,00	(1)	
$Catatan^{(1)}$: Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.				

(Sumber : SNI 1725-2016)

3.4.2 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas yang digunakan dalam perencanaan jembatan terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur bekerja di seluruh lebar jalur kendaraan dan dirancang untuk menghasilkan efek pada jembatan yang setara dengan iring-iringan kendaraan sebenarnya. Beban truk “T” merupakan representasi kendaraan berat dengan tiga gandar, yang diteMPatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas sesuai dengan rencana. Setiap gandar memiliki dua area kontak yang mensimulasikan roda kendaraan berat. Dalam satu jalur lalu lintas rencana, hanya satu truk “T” yang diterapkan untuk perhitungan beban

1. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” merupakan kombinasi antara beban terbagi merata dan beban garis terpusat. Beban ini dirancang untuk menghasilkan efek pada jembatan yang setara dengan dampak dari iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Beban lajur “D” digunakan untuk menghitung elemen-elemen struktur yang berada di bawah pelat jembatan. Besarnya tergantung pada lebar jalur kendaraan yang direncanakan. Nilai faktor beban dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Faktor Beban Lajur "D"

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^{S})	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^{U})
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016)

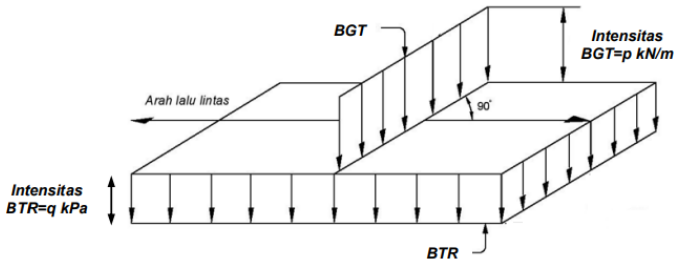
Beban terbagi merata dengan intensitas *q* besarannya ditentukan berdasarkan panjang total area yang dibebani. Nilai intensitas ini dihitung menggunakan persamaan 3.6 dan 3.7, yang memberikan panduan lebih rinci terkait perhitungan beban tersebut.

Jika $L \leq 30$ m ; $q = 9{,}0$ kPa (3.6)

Jika $L > 30$ m ; $q = 9{,}0\ (0{,}5 + \frac{15}{L})$ kPa (3.7)

Keterangan :

Dalam hal ini, *q* merupakan intensitas beban terbagi merata yang bekerja sepanjang arah memanjang jembatan, sedangkan L adalah panjang total jembatan yang diberi beban. Susunan komponen dari beban terbagi merata dan beban garis terpusat dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

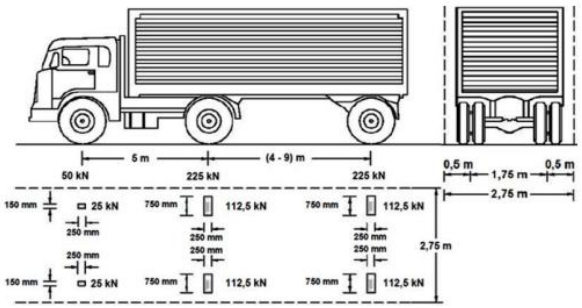


Gambar 3. 4 Beban Lajur "D" (TD)
(Sumber : SNI 1725-2016)

Beban garis terpusat dengan intensitas *P* ditempatkan secara tegak lurus terhadap arah lalu lintas jembatan. Besarnya intensitas *P* adalah 49,0 kN/m. Momen lentur negatif maksimum akan didapatkan jika beban garis terpusat diletakkan pada posisi arah melintang jembatan pada bentang yang berbeda. Distribusi beban dirancang mengikuti arah melintang jembatan untuk menghasilkan momen maksimum. Dalam proses ini, beban lajur “D” harus ditempatkan di seluruh jalur dengan intensitas penuh, yaitu sebesar 100% sepanjang bentang yang diberi beban.

2. Beban Truk

Beban truk “T” merupakan beban yang berasal dari kendaraan truk dengan konfigurasi tertentu, dimana setiap gandarnya memiliki beban sebesar 500 kN. Beban ini tidak dapat diterapkan bersamaan dengan beban lajur “D”. Beban truk “T” digunakan untuk perhitungan kekuatan pelat lantai jembatan. Nilai faktor beban “T” dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.



Gambar 3. 5 Distribusi Beban Hidup T
(Sumber: SNI 1725-2016)

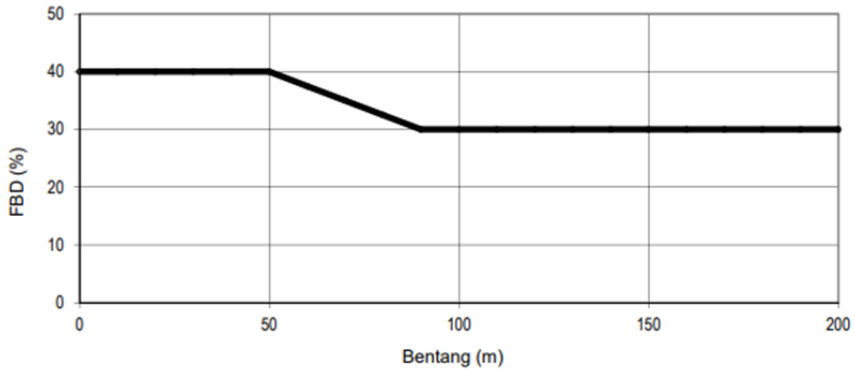
Tabel 3. 5 Faktor Beban "T"

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan	Keadaan Batas Ultimit
Trasien	Beton	1,00	1,80
	Box *Girder* Baja	1,00	2,00

(Sumber: SNI 1725-2016)

3. Faktor beban dinamis

   Faktor beban dinamis (FBD) merupakan faktor yang terjadi akibat interaksi antar jembatan dan kendaraan yang bergerak. Besar FBD ini dipengaruhi oleh frekuensi dasar suspensi kendaraan. FBD digunakan untuk perhitungan pada kondisi batas maksimum (*ultimate*) dan kondisi operasional (layan). Nilai FBD dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Faktor Beban Dinamis
(Sumber : SNI 1725-2016)

4. Beban Akibat gaya rem

   Gaya rem diambil dari nilai terbesar diantara berikut.

   1) 25% dari berat gandar truk desain
   2) 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata

Gaya rem ditempatkan pada semua jalur yang digunakan untuk lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini diasumsikan bekerja secara horizontal mengikuti arah bentang jembatan, dengan posisi 1800 mm di atas permukaan jalan dan dipilih yang paling menentukan. Faktor kepadatan jalur diatur dalam pasal 8.4.3 SNI 1725:2016 dan dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 Faktor Kepadatan Lajur

Jumlah Lajur yang Dibebani	Faktor Kepadatan Lajur
1	1,2
≥ 2	1

Sumber: SNI 1725-2016

5. Pembebanan untuk pejalan kaki

   Beban untuk pejalan kaki hanya diterapkan pada trotoar yang memiliki lebar lebih dari 600 mm, dengan intensitas beban sebesar 5 kPa. Beban ini dianggap bekerja bersamaan dengan beban kendaraan di setiap jalur trotoar tersebut.

3.4.3 Aksi Lingkungan

Menurut SNI 1725-2016, aksi lingkungan memasukkan pengaruh dari kondisi alam, seperti temperatur, angin, banjir, gempa bumi, dan faktor alamiah lainnya.

1. Beban angin

   Beban angin dihitung dengan asumsi bahwa kecepatan angin dasar desain (Vs) berada dalam rentang 90 hingga 126 km/jam. Beban angin dianggap terdistribusi secara merata pada area yang terpapar angin. Untuk jembatan atau bagian jembatan yang memiliki ketinggian lebih dari 10 meter di atas permukaan tanah atau air, kecepatan angin rencana (VDZ) dihitung menggunakan persamaan 3.8 berikut.

$$VDZ = 1{,}5Vo\left(\frac{V10}{VB}\right)ln(\frac{Z}{Zo}) \quad (3.8)$$

Keterangan :

VDZ = kecepatan angin rencana pada ketinggian rencana (km/jam),

V10 = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter di atas permukaan tanah/permukaan air,

VB = kecepatan angin rencana, yaitu 90 saMPai 126 km/jam pada ketinggian meter,

Z = tinggi bangunan diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan dimana beban angin dihitung (Z > 10 meter)

Vo = kecepatan gesekan angin, yang merupakan sifat meteorologi dan besarnya diberikan pada Tabel 3.7,

Zo = panjang gesekan hulu jembatan, yang merupakan fitur meteorologi nilai kecepatan angin pada elevasi 10 m di atas permukaan tanah/air.

V_{10} dapat diperoleh dengan cara berikut.

a. Grafik kecepatan angin untuk berbagai periode ulang,
b. Survei angin pada lokasi jembatan, dan
c. Apabila tidak ada data yang lebih baik, dapat diasumsikan V10 = VB = 90 s/d 126 km/jam

Tabel 3. 7 Nilai Vo dan Zo untuk Berbagai Variasi Kondisi

Kondisi	**Lahan terbuka**	**Sub urban**	**Kota**
Vo (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Zo (mm)	70	1000	2500

(Sumber : SNI 1725-2016)

Beban angin dihitung berdasarkan pengaruhnya pada struktur jembatan serta kendaraan yang melintas di atasnya. Beban angin (EWS) yang bekerja pada struktur jembatan dihitung dengan menggunakan persamaan 3.9 berikut.

$$PD = PB\left(\frac{V10}{VB}\right) \quad (3.9)$$

Keterangan :

PD = tekanan angin rencana (MPa),

PB = tekanan angin dasar yang nilainya ditentukan berdasarkan Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Tekanan Angin Dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (MPa)	Angin Hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

(Sumber : SNI 1725-2016)

2. Beban gempa

Pembebanan gempa atau seismik dianggap sebagai gaya horizontal yang dihitung dengan mengalikan koefisien respon elastis (Csm) dengan berat ekivalen struktur. Selanjutnya, hasil perhitungan ini dimodifikasi menggunakan faktor modifikasi respon (Rd) sesuai dengan persamaan 3.10 berikut.

$$E_Q = \frac{Csm}{R} W_t \qquad (3.10)$$

Keterangan :

EQ = gaya gempa horizontal statis (kN),

C_{sm} = koefisien respon gempa elastis,

R = faktor modifikasi,

Wt = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN).

Faktor respon elastis Csm diperoleh dari peta percepatan dasar dan spektrum percepatan yang bergantung pada lokasi gempa serta periode reproduktivitas gempa dasar desain. Untuk perhitungan efek gempa pada jembatan, termasuk beban seismik, metode analisis, peta seismik, dan rincian struktur, dapat dilihat pada SNI 1883-2016

a. Gaya gempa lateral

Perencanaan struktur jembatan harus mempertimbangkan pengaruh gempa untuk meminimalkan kerusakan besar dan gangguan pada layanan jembatan akibat gempa. Beban gempa dianggap sebagai beban horizontal yang dihitung dengan mengalikan berat struktur dengan koefisien respons elastik (Csm), kemudian dimodifikasi menggunakan faktor modifikasi respons (Rd) sesuai dengan persamaan 3.11.

$$E_Q = \frac{Csm}{R} W_t \qquad (3.11)$$

Dalam perhitungan ini, EQ merupakan gaya gempa horizontal (dalam kN), Csm merupakan koefisien respons gempa elastis, R adalah faktor modifikasi respons, dan Wt adalah berat total struktur yang mencakup beban mati dan beban hidup yang relevan. Koefisien respons gempa elastis (Csm) diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektrum percepatan di daerah gempa, serta periode ulang gempa yang direncanakan. Koefisien percepatan ini didapatkan dari peta gempa, lalu dikalikan dengan faktor amplifikasi berdasarkan kondisi tanah hingga kedalaman 30 meter di bawah struktur jembatan.

b. Gaya gempa vertikal

Untuk struktur jembatan menerus, perangkat penahan (*hold down devices*) harus dipasang pada titik perletakan dan pada lokasi sendi yang mengalami gaya gempa vertikal, yang disebabkan oleh gaya gempa longitudinal, dengan nilai lebih dari 50% dan kurang dari 100% dari reaksi vertikal akibat beban permanen. Oleh karena itu, gaya angkat efektif yang digunakan untuk perencanaan perangkat penahan ditentukan sebesar 10% dari reaksi akibat beban permanen, apabila jembatan memiliki bentang sederhana.

Perhitungan gaya gempa vertikal harus direncanakan dengan mengambil nilai terbesar dari dua kondisi berikut.

a) 120% dari perbedaan antara reaksi dan gaya gempa vertikal akibat beban permanen, atau
b) 10% dari reaksi akibat beban permanen.

c. Respon spektra

Spektrum respons menurut SNI 2833-2016 menggambarkan nilai yang mencerminkan respons maksimum sistem dengan derajat kebebasan pada berbagai frekuensi alami yang terpengaruh oleh gerakan tanah. Spektrum respons di permukaan tanah dipengaruhi oleh tiga nilai percepatan maksimum, yang diambil dari peta gempa bumi Indonesia dengan probabilitas lebih dari 7 dalam 75 tahun (PGA, Ss, S1), serta nilai FPGA, Fv, dan Fa. Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam respon spektra dapat dihitung menggunakan persamaan berikut 3.12-3.14 berikut.

$$As = FPGA \times PGA \quad (3.12)$$

$$SD_s = Fa \times Ss \quad (3.13)$$

$$SD_1 = Fv \times S_1 \quad (3.14)$$

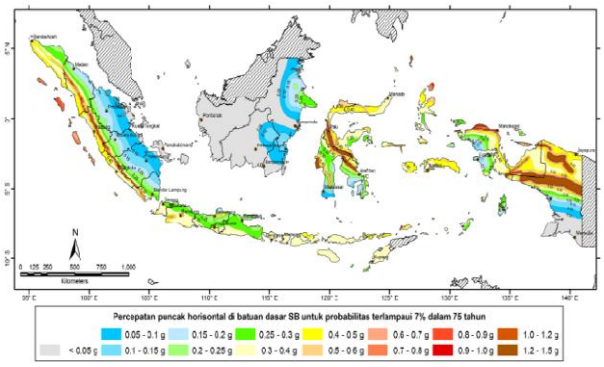
Keterangan :

As	=	koefisien percepatan puncak muka tanah (g),
F_{PGA}	=	faktor amplifikasi terkait percepatan, yang sesuai dengan getaran selama periode 0 detik,
P_{GA}	=	percepatan batuan dasar maksimum mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas lebih dari 7 selama 75 tahun,
Fa	=	faktor penguatan terkait percepatan, mewakili getaran untuk periode 0,2 detik,
SS	=	parameter respons spektrum percepatan gempa untuk periode pendek (T = 0,2 detik) terkait dengan peta gempa bumi Indonesia dengan probabilitas lebih besar dari 7 dalam 75 tahun,

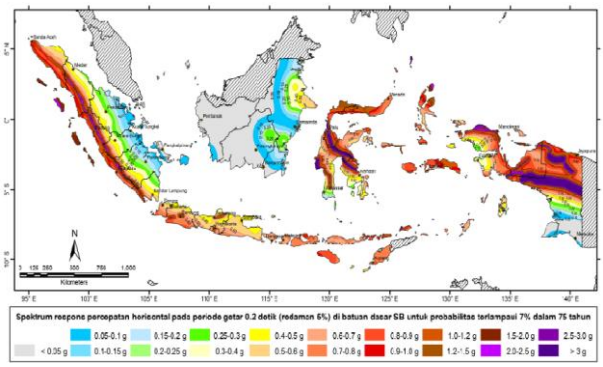
SD_s	=	nilai spektrum permukaan bumi untuk periode 0,2 detik,
Fv	=	faktor penguatan terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1,0 detik,
S_1	=	parameter respons spektrum percepatan gempa untuk periode 1,0 detik terkait dengan gempa bumi Indonesia 2010 dengan probabilitas t lebih besar dari 7 dalam 75 tahun,
SD_1	=	nilai spektrum permukaan tanah selama periode 1,0 detik.

d. Peta gempa

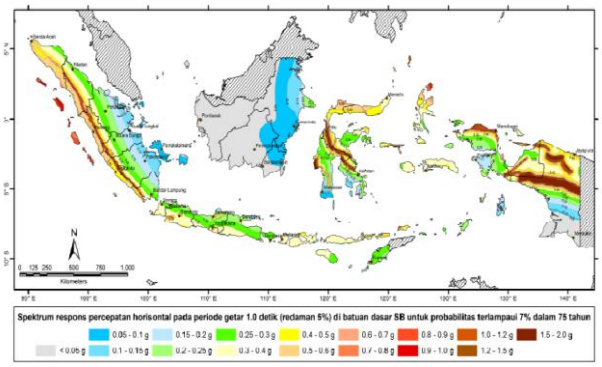
Peta gempa mencakup peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) serta respons spektra percepatan pada durasi 0,2 detik dan 1,0 detik di batuan dasar. Peta ini menggambarkan potensi bahaya gempa dengan periode ulang 1000 tahun dan kemungkinan terlampaui lebih dari 7% dalam 75 tahun. Peta-peta tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8 hingga Gambar 3.10 dalam SNI 2883:2016.



Gambar 3. 7 Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (PGA) Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun



Gambar 3. 8 Peta Respons Spektra Percepatan 0.2 detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun



Gambar 3. 9 Peta Respons Spektra Percepatan 1 detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun

Penjelasan masing-masing peta dapat dilihat pada Tabel 3.26 berikut (SNI 2833:2016).

Tabel 3. 9 Penjelasan Peta Gempa

No.	Nomor Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar 1	7% dalam 75 tahun (gempa ≈ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar 2		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
3	Gambar 3		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)

3.5 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1725-2016, perencanaan struktur jembatan harus mempertimbangkan kombinasi beban yang relevan. Kombinasi pembebanan ini dirancang untuk mencakup berbagai kondisi yang mungkin dialami oleh struktur selama masa penggunaannya. Setiap kombinasi pembebanan harus menggunakan faktor beban yang telah ditentukan. Seperti yang tercantum pada Tabel 3.10. Hal ini bertujuan untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur dalam menghadapi berbagai jenis beban.

1. Kuat I

   Kombinasi pembebanan pada jembatan yang direncanakan untuk mempertimbangkan gaya-gaya yang timbul dalam kondisi normal tidak memperhitungkan pengaruh beban angin. Dalam kondisi batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dihitung dengan mengalikan nilai nominal tersebut dengan faktor beban yang sesuai, guna memastikan stabilitas dan keselamatan struktur.

2. Kuat II

   Kombinasi pembebanan ini dirancang untuk mengakomodasi penggunaan jembatan yang memikul beban dari kendaraan khusus sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemilik. Dalam kombinasi ini, pengaruh beban angin tidak diperhitungkan, sehingga fokus utamanya adalah

memastikan jembatan mampu menahan beban kendaraan dengan aman dan sesuai perencanaan.

3. Kuat III

   Kombinasi pembebanan ini mempertimbangkan kondisi di mana jembatan dikenai beban akibat angin dengan kecepatan antara 90 km/jam hingga 126 km/jam. Perhitungan ini bertujuan untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur jembatan dalam menghadapi pengaruh angin pada rentang kecepatan tersebut.

4. Kuat IV

   Kombinasi pembebanan ini dirancang untuk mempertimbangkan potensi adanya perbandingan yang signifikan antara beban mati dan beban hidup pada struktur. Perhitungan ini memastikan struktur tetap aman dan stabil meskipun terdapat rasio beban mati yang jauh lebih besar dibandingkan beban hidup.

5. Kuat V

   Kombinasi pembebanan ini mempertimbangkan kondisi operasional normal jembatan dengan memasukkan pengaruh beban angin yang memiliki kecepatan antara 90 km/jam hingga 126 km/jam. Perhitungan ini bertujuan untuk memastikan jembatan tetap dapat beroperasi dengan aman dan stabil saat terkena angin dalam rentang kecepatan tersebut.

6. Ekstrem I

   Kombinasi pembebanan ini dirancang untuk memperhitungkan pengaruh gempa pada struktur jembatan. Faktor beban hidup (ϒEQ) yang berfungsi untuk mempertimbangkan keberadaan beban hidup selama terjadinya gempa harus ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan dan fungsi jembatan. Penentuan ini bertujuan untuk memastikan jembatan mampu menahan beban dengan aman selama Gempa terjadi.

7. Ekstrem II

   Kombinasi pembebanan ini mempertimbangkan perpaduan antara beban hidup yang dikurangi dengan beban tambahan yang disebabkan oleh tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir, atau beban hidrolik lainnya. Namun, untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC),

pengecualian berlaku. Selain itu, beban akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban yang disebabkan oleh kendaraan atau kapal untuk menjaga keakuratan perhitungan dan memastikan keamanan struktur.

8. Layan I

   Kombinasi pembebanan ini mencakup operasional jembatan yang mempertimbangkan semua beban dengan nilai nominal, termasuk pengaruh angin dengan kecepatan antara 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini dirancang untuk berbagai keperluan, seperti mengontrol lendutan pada gorong-gorong baja, pelat pelapis terowongan, dan pipa termoplastik. Selain itu, kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lebar retakan pada struktur beton bertulang serta menganalisis regangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus diperhatikan dalam memastikan stabilitas lereng.

9. Layan II

   Kombinasi pembebanan ini dirancang untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja serta mencegah terjadinya slip pada sambungan akibat beban yang ditimbulkan oleh kendaraan. Hal ini bertujuan untuk menjaga integritas struktural dan memastikan sambungan serta material baja tetap stabil selama operasi jembatan.

10. Layan III

    Kombinasi pembebanan ini digunakan untuk menghitung tegangan tarik yang bekerja pada arah memanjang jembatan beton pratekan. Tujuan utama dari perhitungan ini adalah untuk mengontrol besar retakan serta tegangan tarik utama yang terjadi pada struktur badan jembatan beton segmental, guna memastikan kestabilan dan keandalan jembatan tersebut dalam menghadapi beban operasional.

11. Layan IV

    Kombinasi pembebanan ini digunakan untuk menghitung tegangan tarik yang terjadi pada kolom beton pratekan. Tujuan perhitungan ini adalah untuk mengontrol dan membatasi ukuran retakan yang mungkin terjadi pada kolom

tersebut, sehingga struktur kolom tetap aman dan stabil dalam menahan beban yang diterimanya.

12. Fatik

    Kombinasi beban fatik dan fraktur terkait dengan durasi fatik yang disebabkan oleh induksi beban dengan waktu yang tidak terbatas.

Setiap kombinasi pembebanan harus menggunakan faktor beban yang tercantum dalam Tabel 3.10. Untuk memastikan keamanan, penting untuk mengetahui kondisi ekstrim dari beban yang bekerja, yang dapat diperoleh dari faktor beban yang tersedia. Setiap kombinasi pembebanan harus dianalisis untuk menentukan kondisi beban maksimum dan minimum, guna memberikan tingkat keamanan yang optimal pada jembatan. Sementara itu, untuk beban permanen, faktor beban yang dipilih harus menghasilkan kondisi pembebanan yang kritis, yang dapat mempengaruhi kestabilan struktur secara keseluruhan.

Tabel 3. 10 Kombinasi Pembebanan dan Faktor Beban

Keadaan batas	MA MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW_s	EW_L	BF	EU_n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	g_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	gTG	gES	-	-	-
Kuat II	g_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	gTG	gES	-	-	-
Kuat III	g_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	gTG	gES	-	-	-
Kuat IV	g_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	g_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	gTG	gES	-	-	-
Ekstrem I	g_p	g_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	g_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	gTG	gES	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	gTG	gES	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - gp dapat berupa gMS, gMA. gTA, gPR, gPL, gSH, tergantng beban yang ditinjau, gEQ adalah faktor beban hidup kondisi Gempa

Keterangan :

MS : berat sendiri,

MA : beban mati tambahan,

TA : gaya akibat tekanan tanah,

PR : prategang,

PL : beban pelaksanaan,

SH : beban akibat susut,

TT : beban truk,

TD : beban lajur D,

TB : gaya akibat rem,

TR : gaya sentrifugal,

TP : beban pejalan kaki,

EU : beban arus,

EWL : beban angin kendaraan,

BF : gaya friksi,

EUn : gaya akibat temperatur seragam,

TG : gaya akibat temperatur gradien,

ES : beban akibat penurunan,

EQ : beban akibat gempa,

TC : beban akibat tumbukan,

TV : gaya akibat tumbukan kapal.

3.6 Perencanaan Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan adalah bagian dari jembatan yang berfungsi untuk menahan beban yang terjadi dari lalu lintas kendaraan, pejalan kaki, beban mati, dan pengaruh dari kondisi lingkungan, yang selanjutnya beban tersebut disalurkan ke struktur bawah jembatan. Dalam perencanaan struktur atas pada Jembatan Perning Kloji ini, elemen-elemen yang direncanakan meliputi gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka, yang semua bekerja secara sinergis untuk mendukung beban yang diterima dari permukaan jembatan.

3.6.1 Gelagar memanjang komposit

Gelagar memanjang adalah elemen struktur yang membentang sepanjang jembatan dan berfungsi untuk menahan beban-beban yang bekerja secara memanjang. Fungsi utama dari gelagar memanjang adalah untuk menopang lantai jembatan tempat kendaraan melintas, kemudian menyalurkan beban tersebut ke gelagar melintang. Dalam perencanaan gelagar memanjang, terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan untuk memastikan kestabilan dan kekuatan strukturalnya.

1. Kontrol terhadap lentur

   Kekuatan lentur yang diizinkan (*Mn/Ωb*) dan ketentuan desain lentur, dengan nilai ϕb = 0,90 (DFBK) dan Ωb = 1,67 (DKI), diatur dalam standar perencanaan RSNI T-03-2005. Berdasarkan ketentuan tersebut, kuat lentur nominal dari suatu struktur komposit dapat dihitung menggunakan rumus-rumus yang telah ditentukan sebagai berikut.

   a. Sumbu netral pelat beton

      Nilai gaya tekan pada pelat beton dapat dihitung dengan persamaan 3.15 berikut.

$$C = 0{,}85\ x\ Fc'xa\ x\ Be \tag{3.15}$$

      Keterangan :

      C = gaya tekan pada pelat beton (kN)

      Fc’ = kuat tekan beton (MPa)

      a = sumbu netral (mm)

      Be = lebar efektif (mm)

      Besarnya nilai gaya tarik pada profil baja dihitung dengan persamaan 3.16 berikut.

$$T = As\ x\ Fy \tag{3.16}$$

      Keterangan :

      As = luas area profil baja (mm^2)

Fy = tegangan leleh baja (MPa)

Dari kedua persamaan tersebut diperoleh persamaan keseimbangan gaya yaitu C = T, maka didapatkan persamaan nilai a seperti persamaan 3.17 berikut.

$$a = \frac{As\ x\ Fy}{0{,}85\ x\ Fc'\ x\ Be} \quad (3.17)$$

Didapatkan nilai kuat lentur nominal pada struktur komposit dengan persamaan 3.18 berikut.

$$Mn = As\ x\ Fy\ x\ (\frac{d}{2} + ts - \frac{a}{2}) \quad (3.18)$$

Keterangan :

Mn = kuat lentur nominal (kNm)

d = tinggi profil (mm)

ts = tebal pelat beton (mm)

2. Kontrol terhadap geser

Tebal pelat badan yang tidak diperkaku dan dibatasi pada kedua sisi memanjang oleh pelat sayap harus memenuhi persamaan 3.19 berikut.

$$\frac{ho}{tw} \leq 3{,}57\ x\ \sqrt{\frac{E}{Fy}} \quad (3.19)$$

Keterangan :

h = tinggi bersih profil sayap (mm)

tw = tebal pelat badan profil (mm)

untuk kuat geser nominal dapat dihitung dengan persamaan 3.20 berikut.

$$\frac{ho}{tw} \leq 1{,}10\ x\ \sqrt{\frac{kn\ x\ E}{Fy}} \quad (3.20)$$

Dengan,

$$K_n = 5 + \frac{5}{(\frac{a}{h})^2} \quad (3.21)$$

Apabila perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal sudah memenuhi, maka kuat geser nominalnya menggunakan persamaan 3.22 berikut.

$$Vn = 0{,}6\ x\ Fy\ x\ Aw \quad (3.22)$$

Keterangan :

Aw = luas kotor pelat badan (mm^2)

3.6.2 Gelagar melintang

Gelagar melintang adalah elemen struktur yang terletak di bawah gelagar memanjang, dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan gelagar memanjang. Gelagar ini memiliki panjang yang sesuai dengan lebar jembatan dan berfungsi untuk mendistribusikan beban dari gelagar memanjang ke struktur lainnya. Dalam perencanaan gelagar melintang, ada beberapa *control* penting yang perlu diperhatikan untuk memastikan kekuatan dan stabilitasnya dalam menopang beban jembatan.

1. Kontrol terhadap lentur

   Untuk menentukan kuat lentur nominal, terdapat ketentuan yang harus diikuti dengan menggunakan rumus-rumus yang berbeda sesuai dengan standar yang berlaku. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan dalam perhitungan tersebut.

   a. Momen bentang pendek

   $$Mn = Mp \quad (3.23)$$

   b. Momen bentang menengah

   $$Mn = Cb\ x\ \left(Mr + \left(\frac{Mp-Mr}{Lr-Lp}\right)^{Lr-L}\right) \leq Mp \quad (3.24)$$

c. Momen bentang panjang

$$Mn = Mcr \tag{3.25}$$

2. Kontrol terhadap geser

Kekuatan geser desain (Vn) dan kekuatan geser yang diizinkan (Vn/Ωv) dihitung dengan menggunakan nilai ϕv = 0,90 (DFBK) dan Ωb = 1,67 (DKI). Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menentukan kuat geser nominal dari struktur yang bersangkutan.

$$Vn = 0{,}6\ x\ Fy\ x\ Aw \tag{3.26}$$

Keterangan :

Vn = kuat geser nominal (kN)

Fy = tegangan leleh baja (MPa)

Aw = luas kotor profil baja (mm^2)

3.6.3 Rangka

Rangka merupakan elemen struktural utama yang berperan dalam menopang beban yang bekerja pada jembatan rangka baja, baik itu beban eksternal, internal, maupun beban dari berat sendiri. Beban-beban ini diterima oleh batang-batang yang ada pada rangka, yang kemudian menghasilkan gaya tarik dan gaya tekan pada batang tersebut, yang bekerja untuk menjaga stabilitas dan kekuatan struktur jembatan.

1. Batang tarik

a. Syarat kuat tarik

$$P_u \leq \phi P_n \tag{3.27}$$

Keterangan :

Pn = kuat tarik nominal yang nilainya diambil dari nilai terendah dari persamaan di bawah ini

1) Kuat tarik nominal pada penampang bruto

$$P_n = \text{Ag x Fy} \quad (3.28)$$

2) Kuat tarik nominal pada penampang efektif

$$P_n = \text{Ae x Fu} \quad (3.29)$$

Keterangan :

Ag = luas penampang bruto (mm^2)

Ae = luas penampang efektif (mm^2)

Fy = tegangan leleh (MPa)

Fu = tegangan ultimate (MPa)

Nilai ϕ untuk persamaan 3.28 adalah 0,9 dan untuk persamaan 3.29 adalah 0,75

b. Penampang efektif

Luas penampang efektif suatu komponen struktur ditentukan dengan persamaan 3.30 berikut.

$$Ae = \text{A x U} \quad (3.30)$$

Keterangan :

A = luas penampang (mm^2)

U = faktor reduksi

$= 1 - \left(\frac{x}{L}\right) \leq 0{,}90$

x = eksentrisitas sambungan (mm)

L = panjang sambungan arah gaya tarik (mm)

Bila gaya tarik disalurkan oleh baut, maka

$$A_{nt} = \text{Ag} - (\text{n x d x tf}) \quad (3.31)$$

Keterangan

Ag = luas penampang (mm^2)

tf = tebal sayap penampang (mm)

d = diameter lubang baut (mm)

n = banyak lubang dalam satu garis potongan

2. Batang tekan

a. Persyaratan kuat tekan

$$P_u \leq \phi_n P_n \quad (3.32)$$

Keterangan :

ϕ = faktor reduksi sesuai dengan Tabel 3.14

Pn = kuat tekan nominal komponen struktur tekan (N)

Faktor reduksi untuk keadaan batas ultimit dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3. 11 Faktor Reduksi untuk Keadaan Batas Ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)
a. Lentur	0,90
b. Tekan	0,90
c. Aksial tekan	0,85
d. Aksial tarik	
1. Terhadap kuat tarik leleh	0,90
2. Terhadap kuat tarik fraktur	0,75
e. Penghubung geser	0,75
f. Sambungan baut	0,75
g. Hubungan las	
1. Las tumpul penetrasi penuh	0,90
2. Las sudut dan las tumpul penetrasi Sebagian	0,75

(Sumber : SNI 1725:2016)

b. Perbandingan kelangsingan

1) kelangsingan elemen penampang (Tabel 3.12) $< \lambda_r$ (3.33)

2) kelangsingan komponen struktur tekan (Tabel 3.12) $< \lambda_r = LK \leq 140$ (3.33)

Nilai perbandingan maksimum lebar terhadap tebal baja dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3. 12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

Jenis Elemen	λ	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal	
		λp (kompak)	λr (tidak kompak)
Pelat Sayap Balok-I	$\frac{b}{t}$	$\frac{170}{\sqrt{Fy}}$	$\frac{370}{\sqrt{Fy - fr}}$
Pelat Badan	$\frac{h}{tw}$	$\frac{1680}{\sqrt{Fy}}$	$\frac{2550}{\sqrt{Fy}}$

(Sumber : SNI 1725:2016)

c. Kuat tekan nominal akibat tekuk lentur

Kuat tekan nominal dari komponen struktur tekan, terutama untuk elemen penampang yang ukurannya lebih kecil dari yang tercantum pada Tabel 3.12, dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang telah ditetapkan berikut.

Keterangan :

Ag = luas penampang bruto (mm^2)

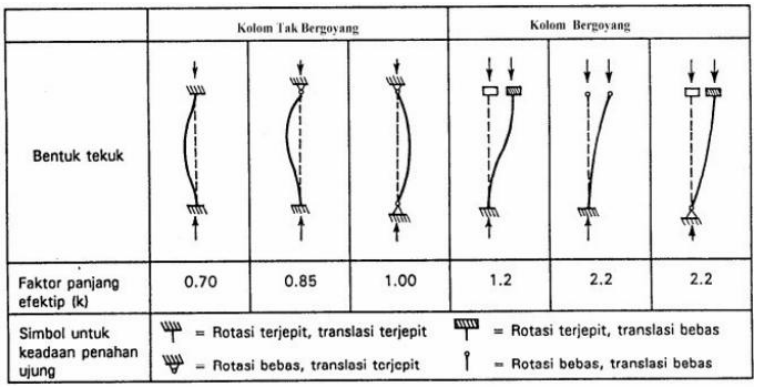
Fy = tegangan leleh (MPa)

Λc = parameter kelangsingan

k_c = faktor panjang tekuk (mm)

E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

Nilai faktor panjang tekuk dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3. 10 Faktor Panjang Tekuk
(Sumber : RSNI T-03-2005)

3.6.4 Sambungan

Sambungan adalah elemen struktural yang berfungsi untuk menyatukan satu komponen dengan komponen lainnya, sehingga membentuk suatu kesatuan konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan desain. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan dan kemampuan sambungan dalam mendukung struktur.

1. Kekuatan nominal baut

$$Rn = Fnv\ x\ Ab \tag{3.39}$$

Keterangan :

Fnv = kuat geser nominal (kN),

Ab = luas penampang baut (mm^2).

2. Jumlah kebutuhan baut

$$n = \frac{Tn}{Rn} \tag{3.40}$$

Keterangan :

Tn = kuat tarik profil atau tekan ultimit profil (kN),

Rn = kapasitas satu baut (kN).

3. Kekuatan sambungan

a. Kuat tumpu geser pelat

$$Rna = 1{,}5\ x\ lc1\ x\ t\ x\ Fu\ \leq 3\ x\ db\ x\ t\ x\ Fu \quad (3.41)$$

$$Rnb = 1{,}5\ x\ lc2\ x\ t\ x\ Fu\ \leq 3\ x\ db\ x\ t\ x\ Fu \quad (3.42)$$

$$\phi Rn = 0{,}75\ x\ [(n1xRna) + (n2xRnb)] \quad (3.43)$$

Keterangan :

lc1 = jarak bersih antara baut dan tepi pelat terluar (mm),

lc2 = jarak bersih antar baut (mm),

t = tebal profil (mm),

Fu = tegangan putus minimum (fy),

n1 = jumlah jarak bersih antara baut dan tepi pelat terluar (mm),

n2 = jumlah jarak bersih antar baut (mm).

b. Kuat geser blok

$$Rn = 0{,}6.Fu.Anv + Ubs.Fu.Ant \leq 0{,}6.Fy.Agv + Ubs.Fu.Ant \quad (3.44)$$

Keterangan :

Anv = luas bersih potongan garis batas blok searah gaya (mm^2),

Agv = luas kotor garis batas blok searah gaya (mm^2),

Ant = luas bersih garis batas blok tegak lurus gaya (mm^2),

Fy = tegangan leleh minimum (MPa),

Fu = tegangan putus minimum (MPa),

Ubs = untuk tegangan tarik merata = 1, tidak merata = 0,5.

3.7 Metode Load and Resistance Factor Design

Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) adalah salah satu pendekatan perencanaan struktur baja yang telah banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir. Metode ini dianggap lebih rasional karena didasarkan pada konsep probabilitas, yang memungkinkan pengelolaan ketidakpastian baik dari material

yang digunakan maupun beban yang diterapkan pada struktur. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan dalam metode LRFD.

$$\phi Rn \geq \sum \gamma i . Qi \qquad (3.45)$$

Keterangan :

Rn = tahanan nominal,

Φ = faktor tahanan,

Qi = beban (beban mati, beban hidup, beban Gempa, dan lain-lain),

γi = faktor beban.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Jembatan Perning Kloji di Mojokerto telah mengalami kerusakan dengan bergesernya pilar karena dinding penahan tanah roboh. Untuk meneruskan konstruksi jembatan agar tetap berjalan maka perlu dilakukan perencanaan ulang. Pada bab ini akan dijelaskan tahapan perhitungan dan analisis untuk mendapatkan hasil perencanaan yang optimal pada Jembatan Perning Kloji di Kabupaten Mojokerto.

4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah Jembatan Perning Kloji di Ruas Jalan Batas Kabupaten Gresik - Mlirip di Kabupaten Mojokerto Provinsi Jawa Timur berada di ruas jalan batas Kabupaten Gresik Mlirip. Peta lokasi Jembatan Perning Kloji dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Jembatan Perning Kloji
(Sumber: DPU Bina Marga Jawa Timur)

4.3 Data Struktur *Existing*

Dalam penelitian ini, data struktur jembatan didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur sebagai pemilik proyek Jembatan Perning Kloji di Kabupaten Mojokerto. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Nama Jembatan : Jembatan Perning Kloji

Lokasi Jembatan : Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur

Tahun Pembuatan : 1982

Konstruksi Atas : Beton Konvensional

Konstruksi Bawah : Beton Bertulang

Pondasi Jembatan : Pondasi Tiang Pancang

Panjang Jembatan : 50 m

Lebar Jembatan : 8 m

Jumlah Lajur : 2 lajur

Jumlah Bentang : 3 bentang

Jumlah Abutment : 2 abutment

4.3.1 Kondisi Eksisting

Kondisi eksisting Jembatan Perning Kloji dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut (DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur)



Gambar 4. 2 Penampang Memanjang Eksisting Jembatan



Gambar 4. 3 Kondisi DPT Jembatan Perning Kloji

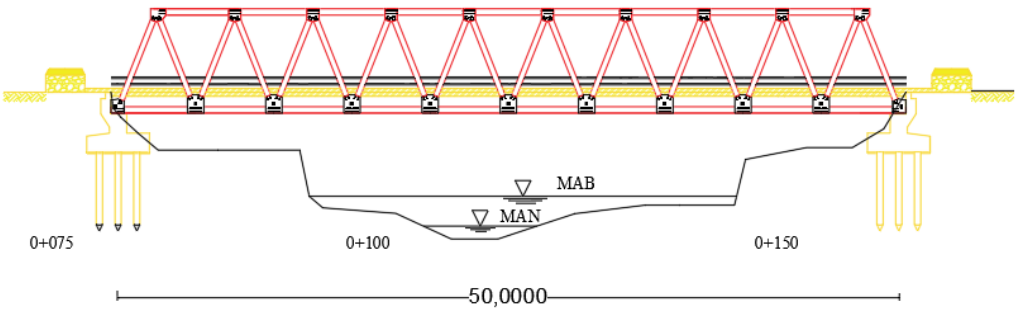
4.4 Data Perencanaan Struktur

Struktur Jembatan Perning Kloji di Kabupaten Mojokerto dengan menggunakan jembatan rangka baja tipe *warren* dengan data sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Spesifikasi Jembatan Perning Kloji

Tipe Jembatan	Rangka baja (*Warren truss)*
Kelas Jembatan	A
Jumlah Bentang	1
Panjang Bentang	50 m
Lebar Jembatan	9 m
Tinggi rangka Jembatan	6,5 m
Lebar perkerasan	9 m
Lebar trotoar	1 m
Tinggi trotoar	0,25 m
Tebal pelat lantai	0,25 m

4.5 Gambar Perencanaan Struktur



Gambar 4. 4 Perencanaan Struktur Jembatan

4.6 Tahapan Perencanaan Jembatan

Perhitungan terkait perencanaan dilakukan dengan *Software Microsoft Excel ,Autocad* dan *Software* SAP2000. Penjabaran hal-hal terkait analisis penelitian ini dijabarkan sebagai berikut.

1. Analisis pembebanan jembatan yang mengacu pada sub bab 3.4 dan 3.5 dengan menggunakan beban dan kombinasi beban sebagai berikut.
   a. Beban Mati sendiri pada sub bab 3.4.1 point 1
   b. Beban mati tambahan pada sub bab 3.4.1 point 2
   c. Beban lalu lintas pada sub bab 3.4.2
   d. Beban angin pada sub bab 3.4.3 point 1
   e. Beban Gempa pada sub bab 3.4.3 point 2
2. Menggunakan alat bantu *software SAP 2000* untuk menganalisis beban.
3. Perencanaan struktur atas jembatan
   a. Gelagar memanjang pada sub bab 3.6.1
   b. Gelagar melintang pada sub bab 3.6.2
   c. Rangka utama pada sub bab 3.6.3
   d. Sambungan pada sub bab 3.6.4
4. Menggambar hasil perhitungan dan analisis perencanaan menggunakan alat bantu *software Autocad.*

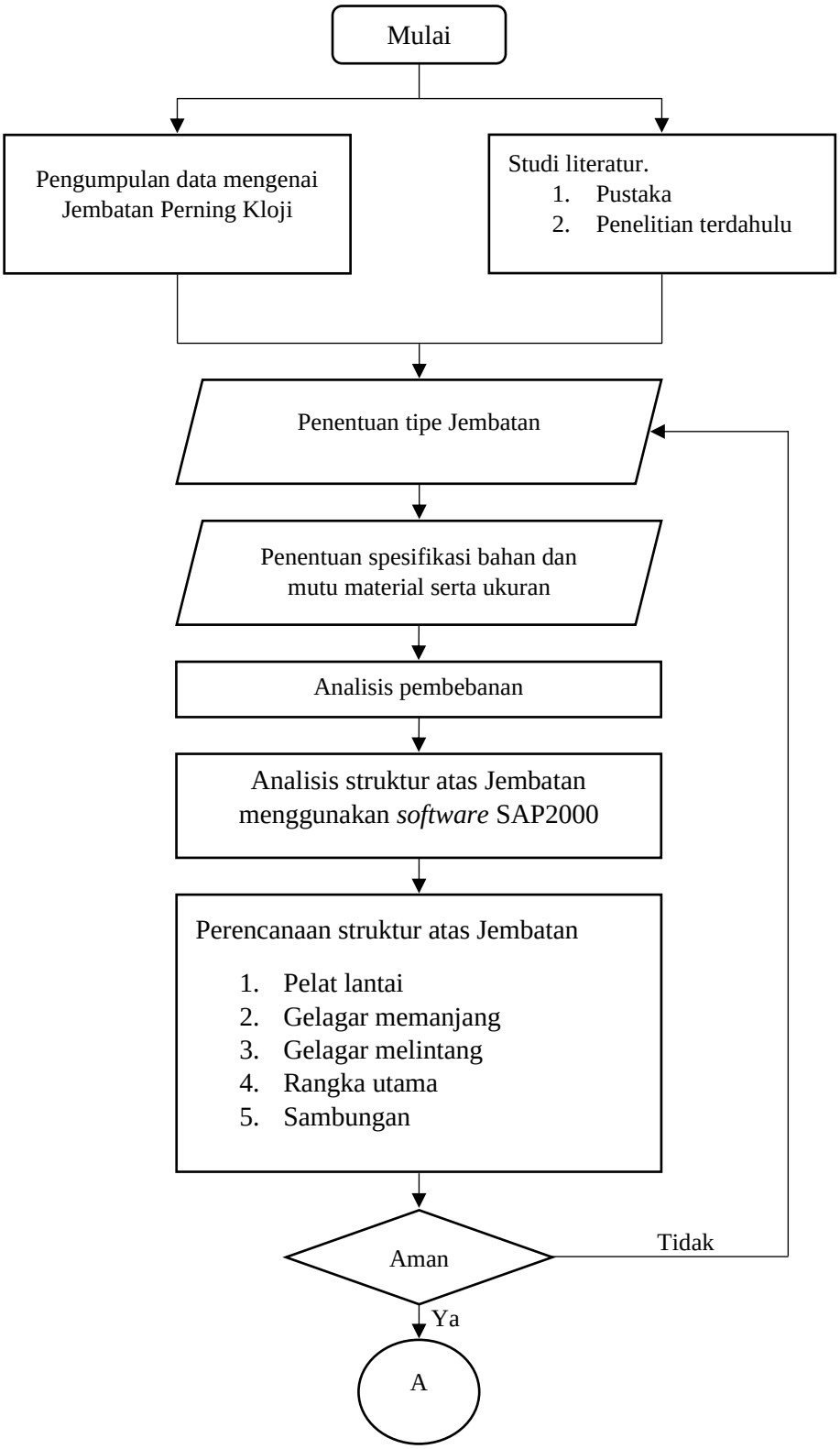
4.7 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

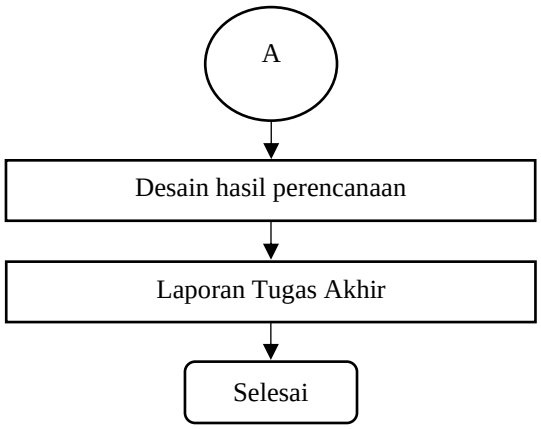
1. Mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian dari instansi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur.
2. Pemilihan tipe jembatan dan memilih spesifikasi material serta ukuran untuk digunakan dalam tahap selanjutnya.
3. Analisis pembebanan jembatan yang direncanakan dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725-2016)
4. Analisis struktur jembatan terhadap beban-beban yang bekerja menggunakan *software* SAP2000
5. Perencanaan struktur atas jembatan yang terdiri atas gelagar memanjang, gelagar melintang, batang horizontal, batang diagonal, ikatan angin dan sambungan.
6. Hasil dari analisis data tersebut diuraikan menjadi hasil dan pembahasan.
7. Kesimpulan yang diambil dari hasil dari perencanaan Jembatan Perning Kloji.

4.8 Bagan Alir

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan memiliki hasil yang baik, maka diperlukan diagram alur sistematika pengerjaan penelitian. Diagram alur penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 5 Bagan Alir



Lanjutan Gambar 4.5 Bagan Alir

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Desain Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan merupakan bagian penting dari struktur jembatan yang berfungsi untuk menerima beban kemudian disalurkan pada struktur bawah jembatan.

5.1.1 Data jembatan

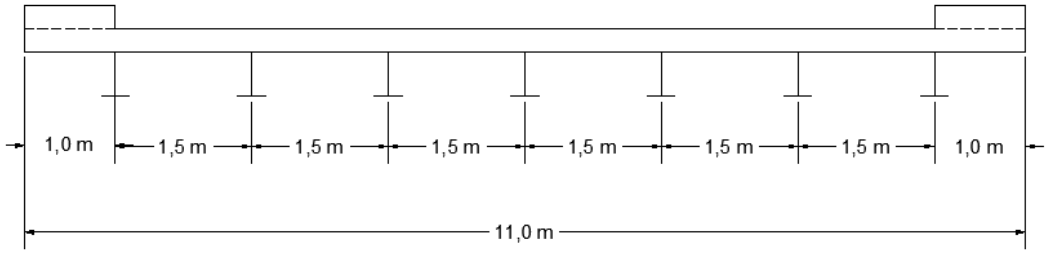
Struktur atas jembatan terdiri atas berbagai bagian diantaranya trotoar, pelat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, (diafragma), rangka utama dan ikatan angin. Berikut merupakan desain struktur atas jembatan pada tugas akhir ini. Untuk spesifikasi jembatan adalah sebagai berikut.

1. Tipe jembatan yang akan ditinjau pada tugas akhir ini adalah jembatan rangka baja tipe *Warren.*
2. Tipe lantai kendaraan adalah lantai bawah.
3. Panjang bentang jembatan adalah 50 m dengan jarak antar gelagar adalah 5 m.
4. Tinggi jembatan 6,25 m
5. Lebar jembatan adalah 11 m dengan lebar lantai kendaraan 9 m (4,5+4,5) m dan 2 x 1 m untuk lebar trotoar.

5.1.2 Pelat lantai

Pelat lantai direncanakan untuk menahan beban mati sendiri, beban mati tambahan, beban pejalan kaki pada trotoar, dan beban truk. Pelat lantai direncanakan sebagai berikut.

1. Data perencanaan pelat lantai



Gambar 5. 1 Perencanaan Pelat Lantai

Berikut merupakan data yang digunakan untuk perencanaan trotoar dan pelat lantai

a. Kuat tekan beton *(fc')* = 28,6 MPa
b. Tebal trotoar *(h1)* = 0,025 m
c. Tebal pelat lantai *(h2)* = 0,025 m
d. Tebal aspal *(h3)* = 0,005 m
e. Tebal air hujan *(h4)* = 0,005 m
f. Lebar trotoar *(b)* = 1 m
g. Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3
h. Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m^3
i. Berat jenis air (γ_w) = 9,81 kN/m^3
j. Panjang segmen *(l)* =1 m

4. Pembebanan

1) Berat sendiri *(MS)*

a. Berat sendiri trotoar

$Q_{trotoar}$ = $\gamma_c \; x \; l \; x \; h1$

= $23{,}5092 \; x \; 1 \; x \; 0{,}25$

= 5,8773 kN/m

b. Berat sendiri pelat

Q pelat = $\gamma_c \; x \; l \; x \; h2$

= 23,5092 x 1 x 0,25

= 5,8773 kN/m

2) Berat mati tambahan *(MA)*

a. Berat aspal

Q aspal = $\gamma_a \; x \; l \; x \; h3$

= $22 \; x \; 1 \; x \; 0{,}05$

= 1,1 kN/m

b. Berat air hujan

Q air hujan = $\gamma_w \; x \; l \; x \; h4$

= *9,81 x 1 x 0,05*

= 0,4905 kN/m

3) Berat pejalan kaki *(TP)*

Beban *(q)* = 5 kN/m^2

Panjang segmen *(l)* = 1 m

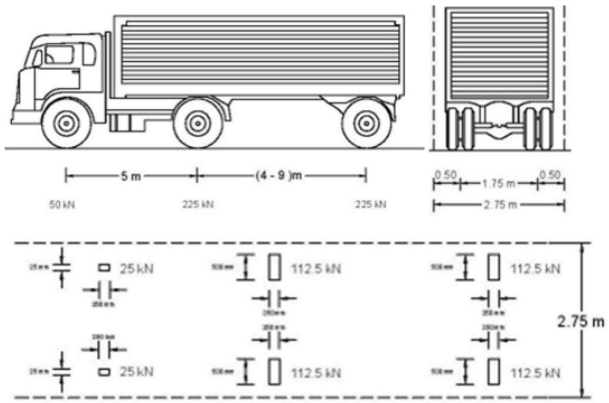
Berat sendiri pejalan kaki

QTP = *q x L*

= 5 x1

= 5 kN

4) Beban truk "T" *(TT)*



Gambar 5. 2 Pembebanan Truk "T" (500 kN)
(Sumber : SNI 1725, 20016)

Dengan distribusi beban truk gandar sebagai berikut :

Beban gandar depan, TR1 = 50 kN

Beban gandar tengah, TR2 = 225 kN

Beban gandar belakang, TR3 = 225 kN

Beban 1 roda depan = 25 kN

Beban 1 roda tengah = 112,5 kN

Beban 1 roda belakang = 112,5 kN

Diambil beban terbesar yakni roda tengah dan roda belakang sebesar :

P = 112,5 kN

P_{TT} = $P\ X\ FBD$

= 112,5 X 1,3

= 157,5 kN

5) Rekapitulasi beban pelat lantai

Faktor beban mati sendiri beton ($\gamma^{U}MS$) = 1,3

Faktor beban mati tambahan ($\gamma^{U}MA$) = 2

Faktor beban truk untuk baja ($\gamma^{U}TT$) = 2

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Beban Kerja Pelat Lantai Kendaraan

Jenis	**Beban**	**Q (kN/m)**	**Faktor Beban**	**Qu (kN/m)**
MS	Pelat Lantai	5,8773	1,3	7,64049
	Trotoar	5,8773	1,3	7,64049
MA	Berat aspal	1,1	2	2,2
	Berat air	0,4905	2	0,981
TAPI	Beban Pejalan Kaki	10	1,4	14
Jenis	**Beban**	**P (kN)**	**Faktor Beban**	**Pu (kN)**
TT	Beban truk	157,5	2	315

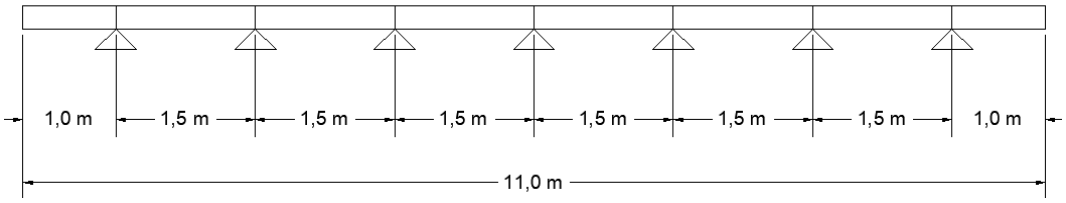
5. Analisis pelat lantai menggunakan SAP2000

Dari tabel 5.1, beban yang bekerja akan dianalisis menggunakan SAP2000 dengan penjelasan sebagai berikut.

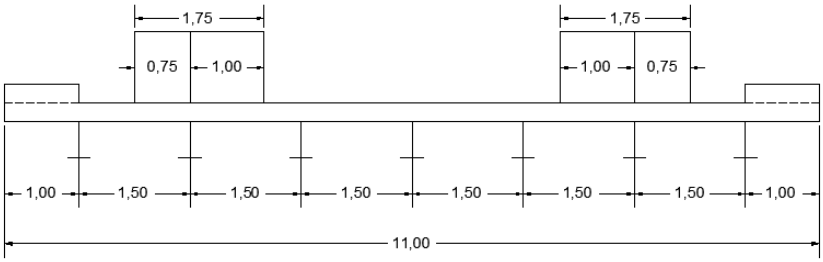
a. Beban mati sendiri pelat lantai diletakkan sepanjang lebar jembatan (11 m) dengan beban 7,64049 kN/m sebagai beban merata.

b. Beban mati sendiri trotoar diletakkan di sisi kiri dan kanan trotoar dengan beban 7,64049 kN/m sebagai beban merata.
c. Beban mati tambahan asphalt diletakkan di lajur kendaraan dengan lebar 9 m sebesar 2,2 kN/m sebagai beban merata.
d. Beban mati tambahan air diletakkan sepanjang lebar jembatan (9 m) sebesar 0,981 kN/m sebagai beban merata.
e. Beban pejalan kaki diletakkan di sisi kiri dan kanan trotoar dengan beban 14 kN/m sebagai beban merata.
f. Beban truk "TT" dianalisis sebagai beban titik sebanyak dua buah dengan lebar 1,75 m.

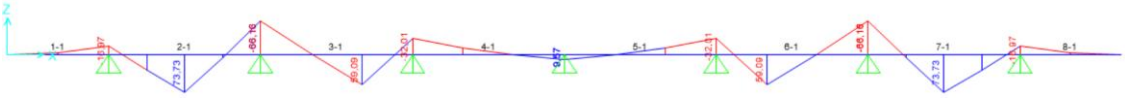
Beban dari pelat lantai kendaraan akan ditahan oleh gelagar memanjang sehingga masing-masing gelagar menjadi tumpuan sendi seperti pada gambar di bawah ini.



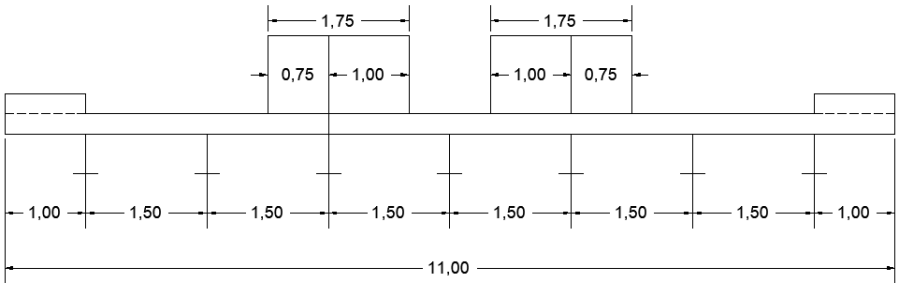
Gambar 5. 3 Perletakan Tumpuan Pelat Lantai



Gambar 5. 4 Pembebanan Pelat 2 Truk pada Tepi lajur Jembatan



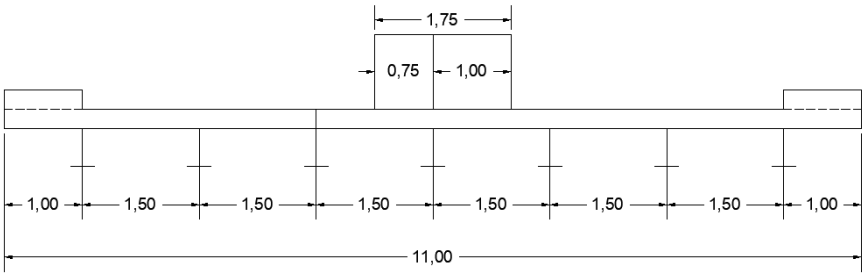
Gambar 5. 5 Hasil Momen SAP2000 Pelat 2 Truk pada Tepi Lajur Jembatan



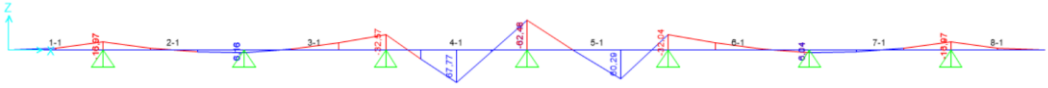
Gambar 5. 6 Pembebanan Pelat 2 Truk pada Tengah Lajur Jembatan



Gambar 5. 7 Hasil Momen SAP2000 Pelat 2 Truk pada Tengah Lajur Jembatan



Gambar 5. 8 Pembebanan Pelat 1 Truk pada Tengah Jembatan



Gambar 5. 9 Hasil Momen SAP2000 Pelat 1 Truk pada Tengah Jembatan

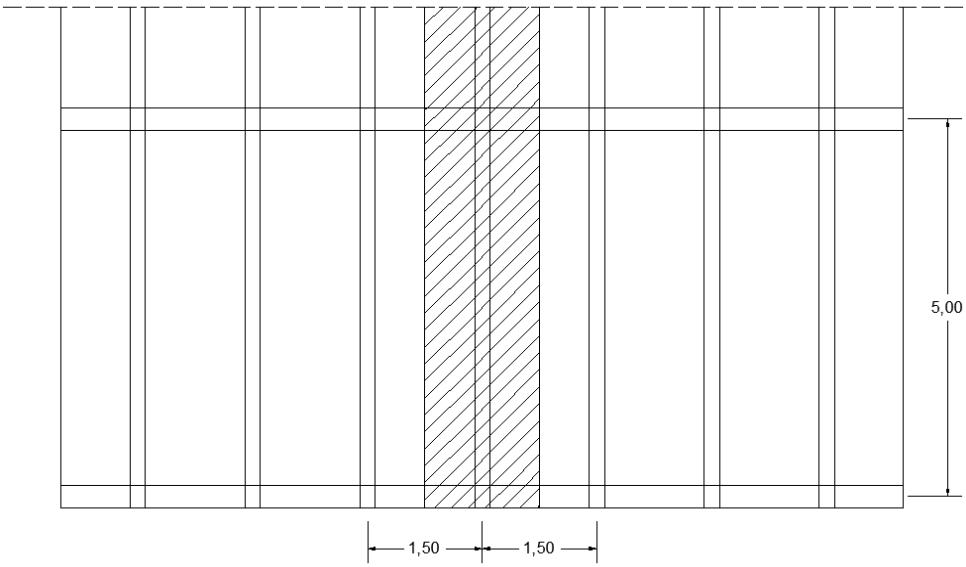
Dari beberapa kondisi yang didapatkan di atas, momen terbesar terjadi pada kondisi pertama yakni 2 truk di tepi lajur dengan,

Momen negatif, M- = 66,1616 kN/m

Momen positif, M+ = 73,7295 kN/m

Diambil nilai terbesar, Mu = 73,7295 kN/m

6. Penulangan pelat lantai



Gambar 5. 10 Pelat Lantai

Ly = 5000 mm

Lx = 1500 mm

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{5000}{1500}$

= 3,33 > 2

Berdasarkan perhitungan tersebut maka pelat lantai jembatan direncanakan sebagai pelat satu arah

a. Tulangan pokok

Diameter tulangan pokok *(dp)* = 19 mm

Diameter tulangan bagi *(ds)* = 16 mm

Kuat tekan beton *(f'c)* = 28,6 MPa

Kuat tarik baja *(fy)* = 400 MPa

Faktor distribusi tegangan beton (β1) = 0,845714

Faktor distribusi tegangan lentur (∅) = 0,9

Tebal pelat lantai kendaraan *(h)* = 250 mm

Selimut beton *(Sb)* = 20 mm

Lebar pelat yang ditinjau *(b*) = 1000 mm

1) Kontrol ketebalan pelat

Dikarenakan kondisi tumpuan merupakan satu ujung menerus, berdasarkan SNI 2847 (2019) Ketebalan Minimum Pelat, digunakan h minimum *l/24*

h > *l/24*

250 mm > 1500/24

250 mm > 62,5 mm OK

2) Menghitung nilai momen nominal

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

$= \frac{73,7295}{0,9}$

= 81,92166667 kNm

3) Menentukan tinggi efektif pelat lantai (d)

d $= h - sb - \frac{1}{2}dp$

$= 250 - 20 - \frac{1}{2}19$

= 220,5 mm

4) Menghitung nilai Rn

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

$= \frac{81,92166667}{1000\,.\,220,5^2}$

= 1684,928948 kN/m^2

= 1,684928948 MPa

5) Menghitung nilai m

m $= \frac{fy}{0,85*f'c}$

$= \frac{400}{0,85*28,6}$

= 16,4541341

6) Menghitung rasio tulangan ρ

Berdasarkan SNI 2847 (2019), jika fy < 420 MPa, maka nilai ρ_{min} sebesar 0,0020

$\rho_{balance} = \frac{0,85 * \beta * fc'}{fy} x \frac{600}{600+fy}$

$= \frac{0,85 * 0,845 * 28,6}{400} x \frac{600}{600+400}$

= 0,030838971

ρ_{max} = 0,75 x $\rho_{balance}$

= 0,75 x 0,030838971

= 0,023129229

$\rho_{perlu} = \frac{1,4}{m} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}})$

$= \frac{1,4}{16,4541341} x (1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 16,4541341 x 1,684928948}{400}})$

= 0,006117146

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$, maka rasio tulangan yang digunakan merupakan $\rho_{pakai} = \rho_{perlu}$ = 0,006117146

7) Menghitung luas tulangan pokok

As = ρ x b x d

= 0,006117146 x 1000 x 220,5

= 1348,830689 mm^2

8) Menghitung jarak tulangan pokok

3h = 3 x 250

= 750 mm

Karena 3h > 450 mm, maka digunakan batas maksimum 450 mm

$S_{pokok} = \frac{A_1 * d^2 * b}{As}$

$= \frac{0,25\pi * 19^2 * 1000}{1348,830689}$

= 294,1355081 mm

≈ 200 < 450 mm

9) Kontrol

$As_{pokok} = \frac{b}{Spakai} x A_1 d$

$= \frac{1000}{200} x \frac{\pi}{4} x 16^2$

=1416,925 mm

$As_{perlu > As}$, OK

Maka penulangan pokok pelat yang digunakan adalah **D19-200**

b. Tulangan bagi

1) Menghitung luas tulangan

As’ = 50% x As

= 50% x 1348,830689

= 674, 4153444 mm^2

2) Menghitung jarak tulangan

5h = 5 x 250

= 1250 mm

Karena 5h > 450 mm, maka digunakan batas maksimum 450 mm

S_{bagi} = $\frac{b}{As'}$ x $A_1 d$

= $\frac{1000}{674{,}4153444}$ x $\frac{\pi}{4}$ x 16^2

= 297,9766129

≈ 250 mm < 450 mm OK

3) Kontrol

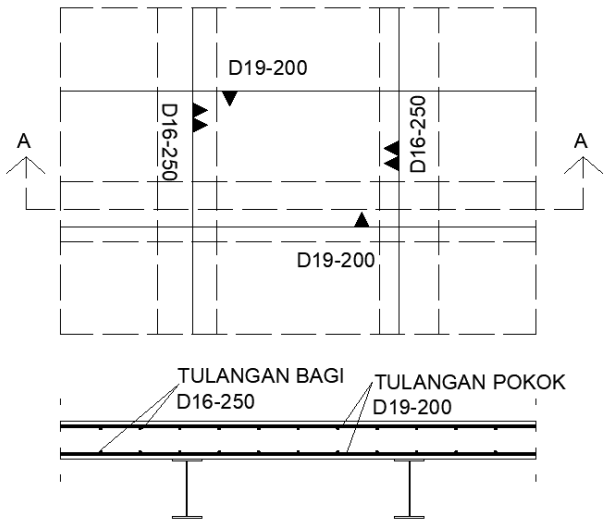
As_{bagi} = $\frac{b}{Spakai}$ x $A_1 d$

= $\frac{1000}{250}$ x $0{,}25\pi$ x 16^2

= 803,84 mm

As_{perlu} > As OK

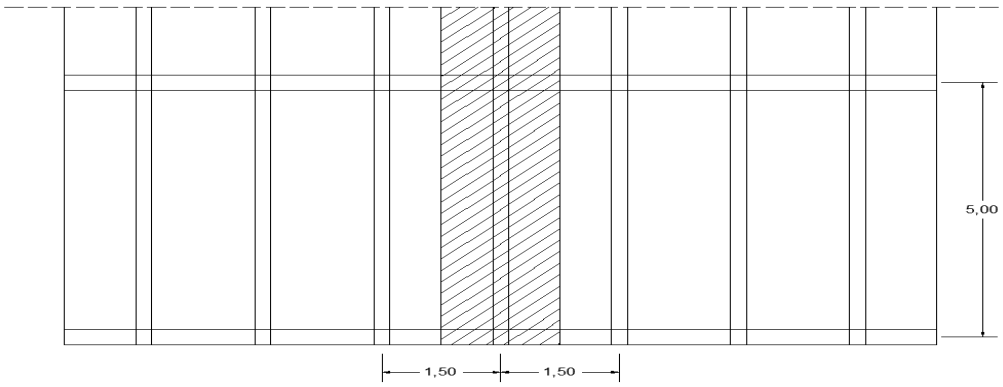
Maka penulangan bagi pelat yang digunakan adalah **D16-250**



Gambar 5. 11 Penulangan Pelat Lantai

5.1.3 Gelagar memanjang

Gelagar memanjang pada Jembatan Perning Kloji direncanakan komposit menggunakan beton sebagai pelat lantai. Beban yang bekerja pada gelagar memanjang terdiri atas beban sendiri, beban mati tambahan, dan beban lajur "D". Perhitungan gelagar memanjang adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 12 Gelagar Memanjang

1. Pembebanan
   a. Beban sendiri (MS)
      1) Berat sendiri pelat

         Jarak antar gelagar memanjang (r) = 1,5 m

         Tinggi pelat (h_1) = 0,25 m

Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3

Berat sendiri pelat

$Q_{MS\ plat}$ = $\gamma_c\ x\ r\ h_1$

= 23,5092 x 1,5 x 0,25

= 8,81595 kN/m

2) Berat sendiri gelagar memanjang

Berat sendiri untuk profil 400x200x8x13 adalah 0,647 kN/m^3

$Q_{MS\ gelagar}$ = 0,647 kN/m^3

b. Beban mati tambahan (MA)

1) Berat aspal

Tebal aspal (h_2) = 0,05 m

Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m^3

Berat aspal

$Q_{MA\ aspal}$ = $\gamma_a\ x\ r\ h_2$

= 22 x 1,5 x 0,05

= 1,65 kN/m

2) Berat air hujan

Tebal air hujan (h_3) = 0,05 m

Berat jenis air (γ_w) = 9,81 kN/m^3

Berat air hujan

$Q_{MA\ air\ hujan}$ = $\gamma_w\ x\ r\ h_3$

= 9,81 x 1,5 x 0,05

= 0,73575 kN/m

c. Beban lajur "D" (TD)

1) Beban terbagi merata (BTR)

Panjang jembatan *(L)* = 50 m

Faktor beban Bina Marga (FBM) = 100%

q = $9{,}0\ (0{,}5 + \frac{15}{L})$

= $9{,}0\ (0{,}5 + \frac{15}{50})$

= 7,2 kPa

= 7,2 kN/m^2

Beban terbagi merata

Q_{BTR} = *q x r x FBM*

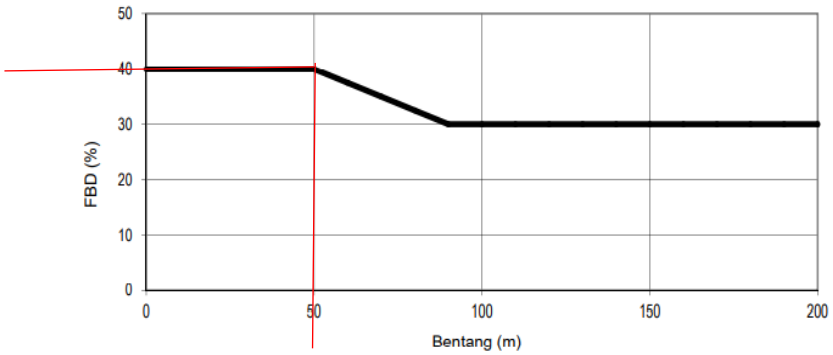
= 7,2 x 1,5 x 100%

= 10,8 kN/m

2) Beban garis tegak (BGT)

Berdasarkan SNI 1725 (2016), beban garis tegak terletak pada tengah jembatan dengan kondisi tegak lurus terhadap lalu lintas jembatan

Intensitas BGT *(p)* = 49 kN/m



Gambar 5. 13 Faktor beban dinamis untuk pembebanan lajur "D"
(Sumber : SNI 1725,2016)

Faktor beban dinamis *(FBD)* = 40%

Beban garis tegak

P_{BGT} = (1 + *FBD)* x *p x r x FBM*

= (1 + 40%) x 49 x 1,5 x 100%

= 102,9 kN

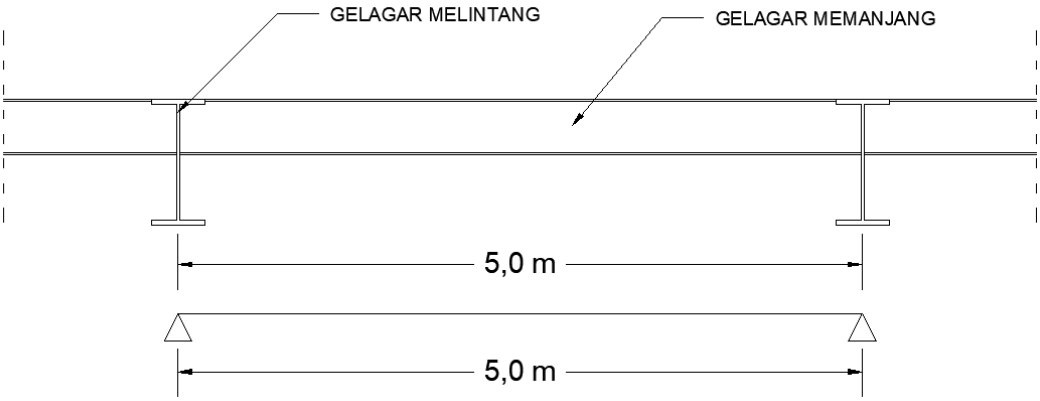
Rekapitulasi pembebanan dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Beban Gelagar Memanjang

Jenis	Beban	Nilai	Faktor Beban	Beban	Satuan
MS	Beban sendiri pelat	8,8159	1,3	11,46074	kN/m
	Beban sendiri baja	0,647	1,1	0,7117	kN/m
MA	Beban aspal	1,65	2	3,3	kN/m
	Beban air hujan	0,7357	2	1,4715	kN/m
TD	Beban terbagi merata	10,8	2	21,6	kN/m
	Beban garis tegak	102,9	2	205,8	kN
Total beban merata				38,54394	kN/m
Total beban titik				205,8	kN

2. Perhitungan momen

   gelagar memanjang bertumpu pada gelagar melintang menggunakan sambungan sehingga perletakan tumpuan gelagar memanjang diasumsikan tumpuan sendi seperti gambar 5.14 berikut.



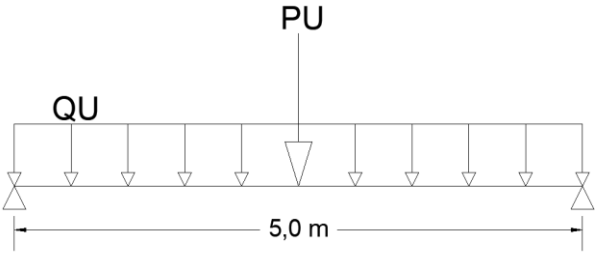
Gambar 5. 14 Perletakan Tumpuan Gelagar Memanjang

Perhitungan momen pada gelagar memanjang adalah sebagai berikut

Beban merata *(Qu)* = 38,543935 kN/m

Beban titik *(Pu)* = 205,8 kN

Jarak antar gelagar melintang *(l)* = 5 m



Gambar 5. 15 Pembebanan Gelagar Memanjang

Momen ultimit pada gelagar memanjang

Mu $= (\frac{1}{8}\ x\ q\ x\ l^2) + (\frac{1}{4}\ x\ P\ x\ l)$

$= (\frac{1}{8}\ x\ 38{,}543935\ x\ 5^2) + (\frac{1}{4}\ x\ 205{,}8\ x\ 5)$

= 377,6997969 kNm

Gaya geser ultimit pada gelagar memanjang

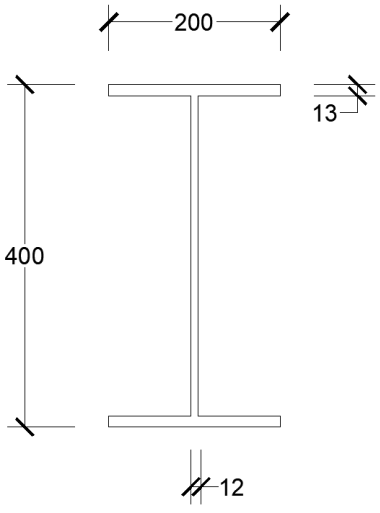
Vu $= \frac{\left(q\ x\ l\ x\frac{l}{2}\right)+(p\ x\frac{l}{2})}{L}$

$= \frac{\left(38{,}543935\ x\ 5\ x\frac{5}{2}\right)+(205{,}8\ x\frac{5}{2})}{5}$

= 199,2598375 kN

3. Perhitungan dimensi profil

   Profil yang digunakan adalah IWF 400x200x8x13 dengan standar JIS G 3101 SS400 *(Mild Steel)* dengan mutu baja BJ 41



Gambar 5. 16 Detail Penampang Profil IWF 400x200x8x13

Tinggi *(h)* = 400 mm

Lebar *(b)* = 200 mm

Tebal badan *(tw)* = 8 mm

Tebal sayap *(tf)* = 13 mm

Berat *(q)* = 66 kg/m

Luas penampang *(As)* = 8410 mm^2

Momen inersia X *(Ix)* = 237000000 mm^4

Momen inersia Y *(Iy)* = 17400000 mm^4

Radius girasi X *(rx)* = 168 mm

Radius girasi Y *(ry)* = 45,4 mm

Modulus elastis X *(Sx)* = 140500 mm^3

Modulus elastis Y *(Sy)* = 34000 mm^3

Modulus plastis X *(Zx)* = 1190000 mm^3

Modulus plastis Y *(Zy)* = 174000 mm^3

Faktor reduksi *(Θ)* = 0,9

Tegangan leleh baja *(Fy)* = 250 MPa

Tegangan putus baja *(Fu)* = 410 MPa

Modulus elastisitas *(E)* = 200000 MPa

Tebal pelat lantai *(ts)* = 250 mm

a. Lebar efektif pelat b_E

Panjang pelat lantai *(L)* =11000 mm

Jarak antar gelagar memanjang (b_0) = 1500 mm

b_E $\leq L/4$

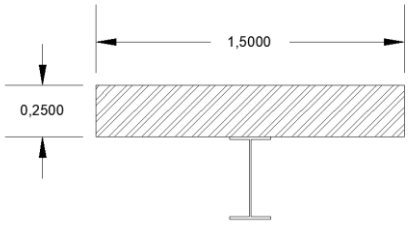
= 11000/4

= 2750 mm

b_E $\leq b_0$

= 1500 mm

Berdasarkan perhitungan diatas, maka nilai lebar efektif pelat yang digunakan adalah b_E = 1500 mm



Gambar 5. 17 Lebar Efektif Pelat

b. Cek klasifikasi profil badan

λ = *h/tw*

= 400/8

= 50

$\lambda pw = 3{,}76\ x\ \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 3{,}76\ x\ \sqrt{\frac{200000}{250}}$

= 106,3488599

λ < λpw, profil badan kompak

berdasarkan perhitungan diatas, maka balok komposit didesain menggunakan momen plastis.

c. Resultan gaya maksimum *(C & T)*

1) Gaya tekan maksimum

C = 0,85 x *f'c* x *Ac*

= 0,85 x 28,6 x (1500 x 250) / 1000

= 9116,25 kN

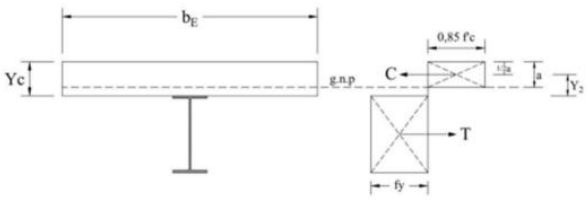
2) Gaya tarik maksimum

T = *Fy* x *As*

= 250 x 8410/1000

= 2102,5 kN

Nilai C > T, maka garis netral plastis berada pada pelat.



Gambar 5. 18 Distribusi Tegangan Plastis

3) Jarak garis netral ke tepi atas pelat

$a = \frac{Fy\ x\ As}{0{,}85\ x\ f'cx\ be}$

$= \frac{250\ x\ 8410}{0{,}85\ x\ 28{,}6\ x\ 1500}$

= 57,65802825 mm

4) Jarak tepi atas profil baja ke tepi atas pelat beton

Yc = ts

= 250 mm

5) Jarak tepi atas profil baja ke resultan gaya tekan beton

Y_2 = Yc – ½ x a

= 250 – ½ x 57,65802825

= 221,1709859 mm

d. Momen lentur balok komposit

ϕMn = ϕ x Fy x As x (Y_2 + ½ x h)

= 0,9 x 250 x 8410 x (221,1709859 + ½ x 400) x 10^{-6}

= 796,960798 kNm

e. Cek keamanan profil

Mu	=	377,6997969 kNm
ϕMn	=	796,960798 kNm
ϕMn	≥	Mu
796,960798	≥	377,6997969 (Aman)

f. Kuat geser balok

1) Rasio tinggi tebal

λ = h/tw

= 400/8

= 50

λpw = $2{,}24\ x \sqrt{\frac{E}{fy}}$

= $2{,}24\ x \sqrt{\frac{200000}{250}}$

= 63,35676759

Berdasarkan SNI 1729-2015, apabila nilai λ < λpw, maka digunakan ϕ_v = 1 dan C_v = 1.

2) Cek keamanan profil terhadap geser

Vu = 199,2598375 kN

Vn = ϕ x 0,6 x *Fy* x *Aweb* x *Cv*

= 1 x 0,6 x 250 x 350 x 8 x 1 / 1000

= 480 kN

Vn > *Vu* (Aman)

g. Angkur baja

1) Syarat angkur baja

Syarat penggunaan *shear stud* berdasarkan SNI 1729 (2015) adalah sebagai berikut.

a) Diameter angkur baja < 2,5 tebal pelat sayap (*tf*)

b) Jarak longitudinal antar angkur baja > 6 x ϕstud.

c) Jarak transversal antar angkur baja > 4 x ϕstud.

d) Jarak maksimal antar angkur baja = 6 x tebal pelat.

Maka digunakan:

Diameter angkur baja (ϕ*stud*) = 16 mm

Tebal sayap profil *(tf)* = 13 mm

ϕ*stud* < 2,5 *tf*

16 < 2,5 x 13

ϕ*stud* < 32,5 OK

2) Kuat geser nominal angkur baja

Qn' = 0,5 x *Asa* x $\sqrt{f'c\ x\ Ec}$ < *Rg* x *RP* x *Asa* x *Fu*

Qn1 = 0,5 x *Asa* x $\sqrt{f'c\ x\ Ec}$

$= 0{,}5 \times ¼ \times \pi \times 16^2 \times \sqrt{28{,}6\ x\ (4700\ x\ \sqrt{28{,}6})}$

= 85,19283687 kN

Pelat komposit direncanakan tanpa dek baja, sehingga :

Rg = 1

Rp = 0,75

Qn2 = *Rg* x *Rp* x *Asa* x *Fu*

= 1 x 0,75 x ¼ x π x 16^2 x 410

= 61,7952 kN

Diambil nilai *Qn* terkecil :

Qn' = 61,7952 kN

3) Gaya geser perlu

V' = *Fy* x *As*

= 250 x 8410 / 1000

= 2102,5 kN

V' = 0,85 x *f'c* x *Ac*

= 0,85 x 28,6 x (1500 x 250) / 1000

= 9116,25

Diambil *V'* terkecil :

V' = 2102,5 kN

4) Jumlah angkur baja dan jarak pemasangan

n = *V'/Qn*

= 2102,5/61,7952

= 34,02367821

≈ 36 buah

$S_{longitudinal}$ = *L*/0,5*n*

= 5000/(0,5 x 36)

= 277,7777778

≈ 270 mm

5) Cek syarat

a) Jarak longitudinal antar angkur baja > 6 x ϕstud

270 > 96 OK

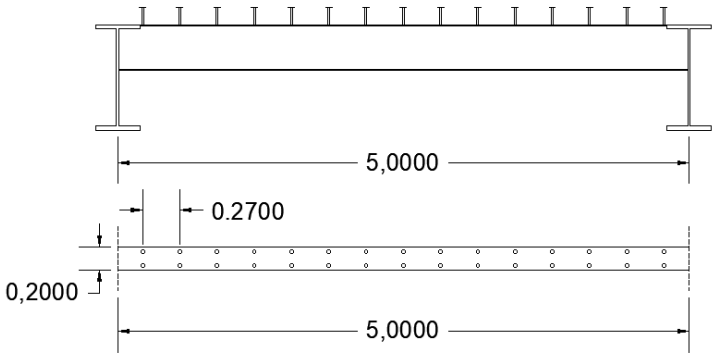
b) Jarak transversal antar angkur baja > 4 x ϕstud

96 > 64 OK

c) Jarak maksimal antar angkur baja = 6 x tebal pelat

270 < 1500 OK

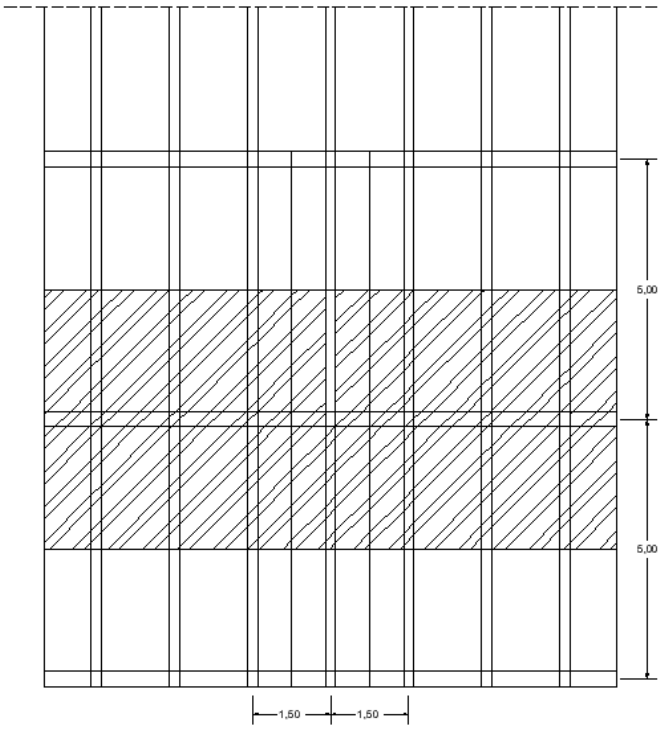
Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, desain angkur baja dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. 19 Pemasangan Angkur Baja

5.1.4 Gelagar melintang

Beban yang bekerja pada gelagar melintang sama seperti gelagar memanjang, yaitu beban sendiri, beban mati tambahan, dan beban lajur “D”



Gambar 5. 20 Gelagar Melintang

1. Pembebanan
   a. Beban sendiri *(MS)*
      1) Beban sendiri pelat

         Jarak antar gelagar (r) = 5 m

         Tebal pelat lantai (h_1) = 0,25 m

         Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3

         Berat sendiri pelat

         Q_{MS} = $\gamma_c \; x \; r \; x \; h_1$

         = 23,5092 x 5 x 0,25

         = 29,3865 kN/m

      2) Beban gelagar melintang

         Profil gelagar melintang yang digunakan merupakan W920x390

         $Q_{MS\ gelagar\ melintang}$ = 3,8245935 kN/m^3

   b. Beban mati tambahan
      1) Berat aspal

Lebar jalan (r) = 9 m

Tebal aspal (h_2) = 0,05 m

Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m^3

Berat aspal

$Q_{MA\ aspal}$ = $\gamma_a\ x\ r\ x\ h_2$

= 22 x 9 x 0,05

= 9,9 kN/m^3

2) Berat air hujan

Lebar jembatan (r) = 11 m

Tebal air hujan (h_3) = 0,05 m

Berat jenis air (γ_w) = 9,81 kN/m^3

Berat air hujan

$Q_{MA\ air\ hujan}$ = $\gamma_w\ x\ r\ x\ h_3$

= 9,81 x 11 x 0,05

= 5,3955 kN/m^3

3) Berat trotoar

Jarak antar gelagar (r) = 5 m

Tebal trotoar (h_4) = 0,25 m

Berat jenis beton (γ_c) = 24 kN/m^3

Berat trotoar

$Q_{MA\ trotoar}$ = $\gamma_c\ x\ r\ x\ h_4$

= 23,5092 x 5 x 0,25

= 30 kN/m

c. Beban lajur "D"

1) Beban terbagi merata *(BTR)*

Panjang jembatan (L) = 50 m

Faktor beban Bina Marga (*FBM*) = 100%

q = 9,0 $(0{,}5 + \frac{15}{L})$

= 9,0 $(0{,}5 + \frac{15}{50})$

= 7,2 kPa

= 7,2 kN/m^2

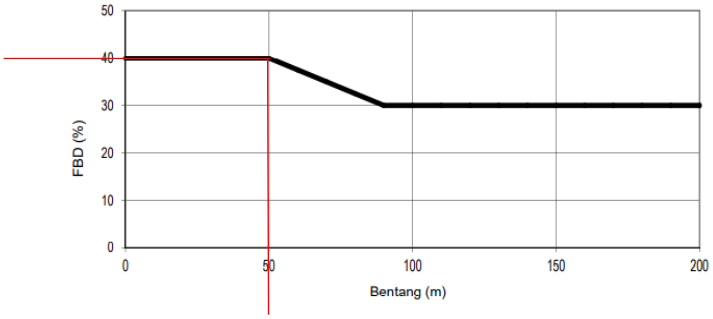
Beban terbagi merata

Q_{BTR} = q x r x FBM

= 7,2 x 9 x 100

= 64,8 kN/m^3

2) Beban garis tegak (*BGT*)



Gambar 5. 21 Faktor beban dinamis untuk pembebanan lajur "D"
(Sumber : SNI 1725, 2016)

Faktor beban dinamis (*FBD*) = 40%

Beban garis tegak

P_{BGT} = (1 + *FBD*) x p x r x FBM

= (1 + 40%) x 49 x 8 x 100%

= 68,6 kN

Rekapitulasi Pembebanan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Gelagar Melintang

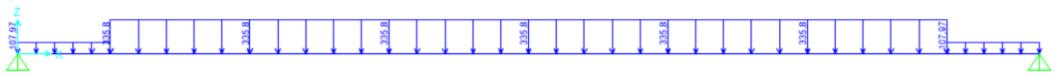
Jenis	Beban	Nilai	Faktor Beban	Beban	Satuan
MS	Beban sendiri pelat	29,3865	1,3	38,2025	kN/m
	Beban sendiri gel. Melintang	3.8259	1,1	4,20849	kN/m
MA	Beban aspal	9,9	2	19,8	kN/m
	Beban air hujan	5,3955	2	10,791	kN/m
	Beban trotoar	29,3865	2	58,773	kN/m
TD	Beban terbagi merata	64,8	2	129,6	kN/m
	Beban garis tegak	68,6	2	137,2	kN

2. Analisis gelagar melintang menggunakan SAP2000

   Dari tabel 5.3, beban yang bekerja akan dianalisis menggunakan SAP2000 dengan penjelasan sebagai berikut.

   a. Beban mati sendiri pelat lantai diletakkan sepanjang lebar jembatan sebesar 38,2025 kN/m sebagai beban merata.
   b. Berat sendiri baja terdiri gelagar melintang sebesar 4,20849 kN/m diletakkan sejajar dengan gelagar melintang sebagai beban merata.
   c. Beban sendiri aspal diletakkan di lajur kendaraan dengan lebar 9 m sebesar 19,8 kN/m sebagai beban merata.
   d. Beban sendiri air diletakkan sepanjang lebar jembatan sebesar 10,791 kn/m sebagai beban merata.
   e. Beban mati sendiri trotoar diletakkan di sisi kiri dan kanan trotoar dengan beban beban 58,773 kN/m sebagai beban merata.
   f. Beban lajur “D” terdiri dari BTR diletakkan di lajur kendaraan dengan lebar 9 m sebesar 129,6 kN/m sebagai beban merata dan BGT diletakkan pada gelagar melintang sebesar 68,6 kN

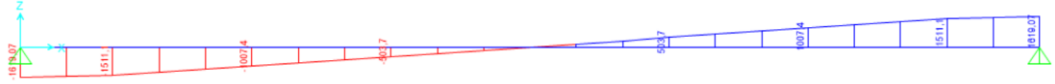
   Hasil analisis menggunakan SAP2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. 22 Pembebanan Gelagar Melintang



Gambar 5. 23 BMD Gelagar Melintang



Gambar 5. 24 SFD Gelagar Melintang

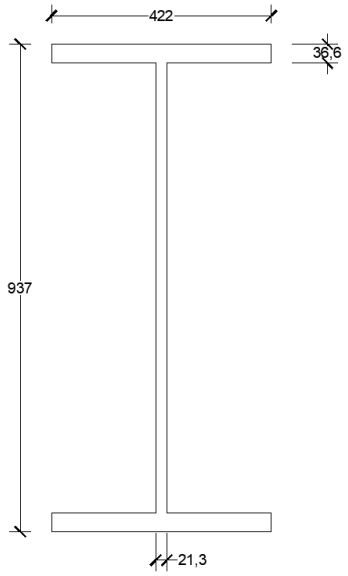
Dari hasil analisis pada *software* SAP2000 diperoleh hasil sebagai berikut:

Mu = 4965,0524 kN/m

Vu = 1619,07 kN

3. Perhitungan dimensi profil

   Profil yang digunakan adalah profil W920x390 dengan standar AISC *shape v.16*



Gambar 5. 25 Detail Penampang Profil W920 x 390

Tinggi *(h)*	= 937 mm
Lebar *(b)*	= 422 mm
Tebal badan *(tw)*	= 21,3 mm
Tebal sayap *(tf)*	= 36,6 mm
Berat *(q)*	= 390 kg/m
Luas penampang *(As)*	= 49600 mm^2
Momen inersia X *(Ix)*	= 7450000000 mm^4
Momen inersia Y *(Iy)*	= 454000000 mm^4
Radius girasi X *(rx)*	= 15900 mm
Radius girasi Y *(ry)*	= 95,5 mm
Modulus elastis X *(Sx)*	= 15900000 mm^3
Modulus elastis Y *(Sy)*	= 2160000 mm^3

Modulus plastis X *(Zx)* = 18000000 mm^3

Faktor reduksi *(Θ)* = 0,9

Tegangan leleh baja *(Fy)* = 410 MPa

Tegangan putus baja *(Fu)* = 550 MPa

Modulus elastisitas *(E)* = 200000 MPa

Tebal pelat lantai *(ts)* = 250 mm

a. Cek klasifikasi sayap

$\lambda = \frac{0,5\ x\ b}{tf}$

$= \frac{0,5\ x\ 422}{36,6}$

$= 5,765027322$

$\lambda_{pf} = 0,38\ x \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 0,38\ x \sqrt{\frac{200000}{410}}$

$= 83,04450761$

$\lambda_{rf} = 5,7\ x \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 5,7\ x \sqrt{\frac{200000}{410}}$

$= 125,892$

$\lambda < \lambda_{pf}$ & $\lambda < \lambda_{rf}$ Profil badam kompak

b. Cek klasifikasi profil badan

$\lambda = \frac{h}{tw}$

$= \frac{937}{21,3}$

$= 43,99061033$

$\lambda_{pw} = 0,38\ x \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 0,38\ x \sqrt{\frac{200000}{410}}$

$= 83,04450761$

λ_{rw} = 5,7 $x\sqrt{\frac{E}{fy}}$

= 5,7 $x\sqrt{\frac{200000}{410}}$

= 125,8919397

$\lambda < \lambda_{pw}$ & $\lambda < \lambda_{rw}$ Profil badam kompak

menurut SNI 1729 (2015), apabila profil badan dan profil sayap kompak maka profil IWF gelagar melintang didesain menggunakan peraturan F2 dengan kondisi batas yang dihitung adalah kondisi batas *yield* (Y), dan lateral torsional buckling (LTB).

c. Cek batas panjang tidak *bracing* pada kondisi leleh (Lp)

Lb = 1500 mm

Lp = 1,76 x *ry* $x\sqrt{\frac{E}{fy}}$

= 1,76 x 95,5 $x\sqrt{\frac{200000}{410}}$

= 3712,266181 mm

Nilai *Lb* < *Lp*, maka momen nominal yang digunakan

Mn = Mp = Zx x Fy

d. Momen nominal terhadap kondisi pelelehan

Mn = Mp = *Zx x Fy*

= 18000000 x 410 x 10^{-6}

= 7380 kNm

ϕMn = ϕ x *Mn*

= 0,9 x 7380

= 6642 kNm

e. Cek keamanan profil

Mu = 4965,0524 kNm

ϕMn = 6642 kNm

Mu < ϕMn (Aman)

f. Kuat geser

1) Rasio tinggi tebal

$\lambda = \frac{h}{tw}$

$= \frac{937}{21,3}$

$= 43,99061033$

$\lambda_{pf} = 2,24\ x \sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 02,24\ x \sqrt{\frac{200000}{410}}$

$= 49,47332368$

Berdasarkan SNI 1729 (2015), jika $\lambda_{pf} < \lambda$ maka nilai *Cv* dan ϕ adalah senilai 1

2) Cek keamanan profil terhadap geser

Vu = 1619,07 kN

Vn = ϕ x 0,6 x *Fy* x *Aw* x *Cv*

$=1 \times 0,6 \times 410 \times 937 \times 1 \times 10^{-3}$

= 4909,6926 kN

Vn > *Vu* (Aman)

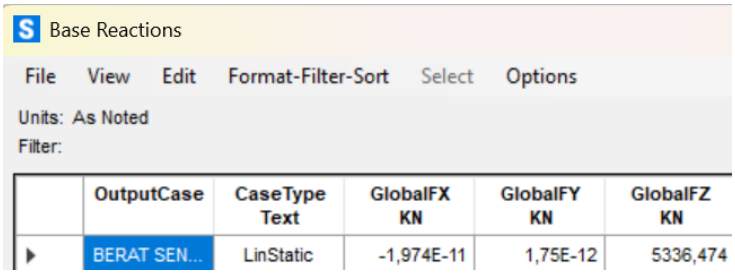
5.1.5 Rangka jembatan

Rangka utama jembatan didesain untuk menahan beban seperti beban sendiri, beban mati tambahan, beban lajur "D", beban angin, beban pejalan kaki, beban gaya rem dan beban Gempa.

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam mendesain rangka utama jembatan.

1. Pembebanan
   a. Beban mati sendiri struktur

      Penentuan berat mati sendiri struktur dilakukan menggunakan program *CSI:SAP2000,* dan hasil permodelan menunjukkan bahwa berat mati snediri struktur sebesar 5336,474 kN. bisa dilihat pada gambar 5.26.


Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
▶	BERAT SEN...	LinStatic	-1,974E-11	1,75E-12	5336,474

Gambar 5. 26 Output Berat Mati Sendiri

b. Beban sendiri (*MS*)

1) Beban pelat tepi

Lebar (b) = 1,75 m

Tebal pelat lantai (h) = 0,25 m

Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3

Berat jenis plat tepi

$Q_{MS\,plat}$ = γ_c x b x h

= 23,5092 x 1,75 x 0,25

= 10,285275 kN/m

2) Beban pelat tengah

Lebar (b) = 1,5 m

Tebal pelat lantai (h) = 0,25 m

Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3

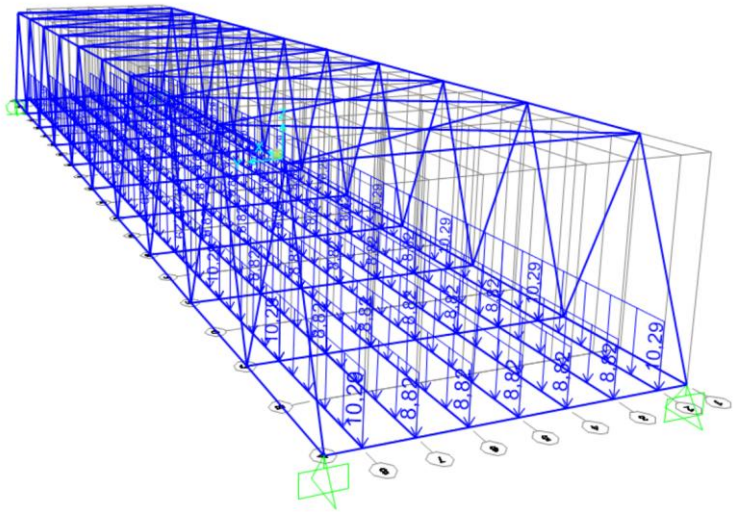
Berat sendiri plat tengah

$Q_{MS\,plat}$ = γ_c x b x h

= 23,5092 x 1,5 x 0,25

= 8,81595 kN/m

Hasil dari perhitungan di atas diletakkan pada gelagar memanjang seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. 27 Beban Sendiri Jembatan pada *SAP2000*

c. Beban mati tambahan (*MA*)

1) Beban pelat tepi

a) Beban aspal

Lebar (b) = 0,75 m

Tebal aspal (*h*) = 0,05 m

Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m^3

Berat sendiri aspal

$Q_{MS\ aspal}$ = γ_a x b x h

= 22 x 0,75 x 0,05

= 0,825 kN/m

b) Beban air hujan

Lebar (*b*) = 1,75 m

Tebal air hujan (*h*) = 0,05 m

Berat jenis air (γ_w) = 9,81 kN/m^3

Berat sendiri air hujan

$Q_{MS\ air\ hujan}$ = γ_w x b x h

= 9,81 x 1,75 x 0,05

= 0,858375 kN/m

c) Beban trotoar

Lebar (b) = 1 m

Tebal trotoar (h) = 0,25 m

Berat jenis beton (γ_c) = 23,5092 kN/m^3

Berat sendiri trotoar

$Q_{MS\ trotoar}$ = γ_c x b x h

= 23,5092 x 1 x 0,25

= 5,8773 kN/m

2) Beban pelat tengah

a) Beban aspal

Lebar (b) = 1,5 m

Tebal aspal (h) = 0,05 m

Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m^3

Berat sendiri aspal

$Q_{MS\ aspal}$ = γ_a x b x h

= 22 x 1,5 x 0,05

= 1,65 kN/m

b) Beban air hujan

Lebar (b) = 1,5 m

Tebal air hujan (h) = 0,05 m

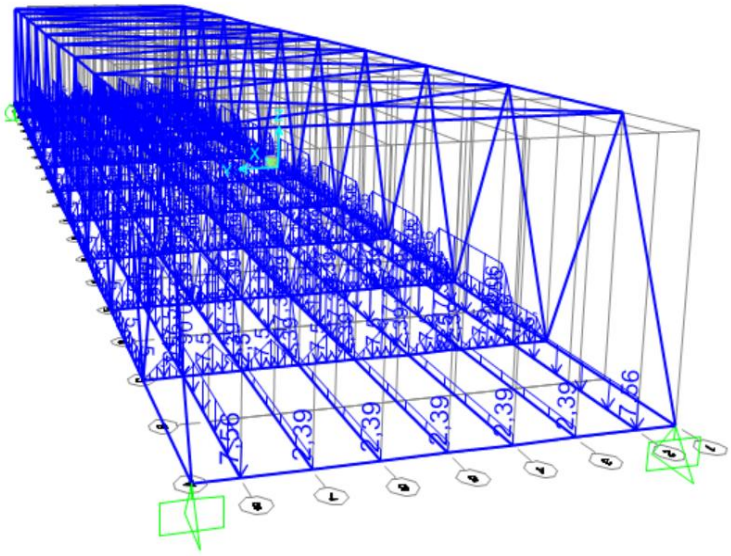
Berat jenis air (γ_w) = 9,81 kN/m^3

Berat sendiri air hujan

$Q_{MS\ air\ hujan}$ = γ_w x b x h

= 9,81 x 1,5 x 0,05

= 0,73575 kN/m



Gambar 5. 28 Beban Mati Tambahan Jembatan pada *SAP2000*

3) Beban *railing* diameter 3”

Panjang (L) = 50 m

Jumlah *railing* (n_1) = 2 baris

Berat *railing* (γ_s) = 0,0830907 kN/m

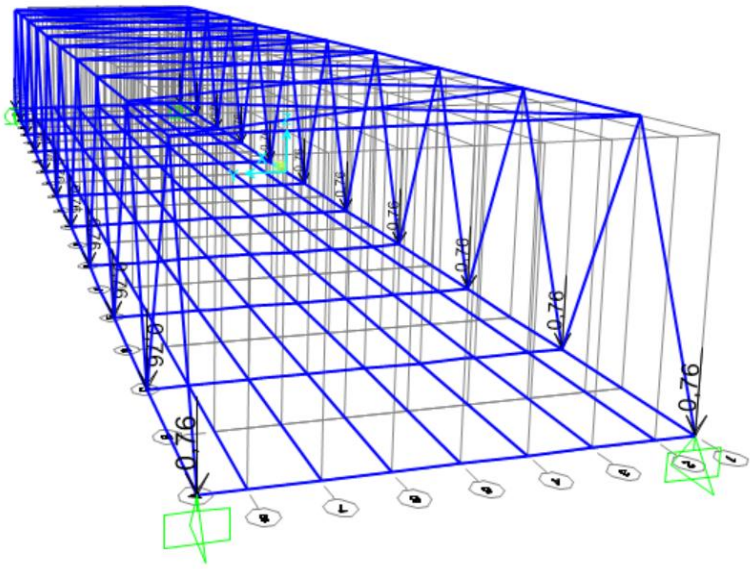
Jumlah titik buhul (n_2) = 11 buah

Berat *railing*

$Q_{MS\,railing}$ $= \frac{\gamma_s \; x \; L \; x \; n_1}{n_2}$

$= \frac{0{,}0830907 \; x \; 50 \; x \; 2}{11}$

= 0,75537 kN/titik



Gambar 5. 29 Beban Mati Tambahan (*Railing*) Jembatan pada *SAP2000*

d. Beban lajur "D" (TD)

1) Beban terbagi merata (BTR)

Panjang jembatan (L) = 50 m

Jarak antar gelagar (r) = 1,5 m

Faktor beban Bina Marga = 100%

$$q = 9{,}0 + (0{,}5 + \frac{15}{L})$$

$$= 9{,}0 + (0{,}5 + \frac{15}{50})$$

$$= 7{,}2 \text{ kN/}m^2$$

Beban terbagi merata tepi

$$Q_{BTR} = q \; x \; \frac{r}{2} \; x \; FBM$$

$$= 7{,}2 \; x \; \frac{1{,}5}{2} \; x \; 100\%$$

$$= 5{,}4 \text{ kN/m}$$

Beban terbagi merata tengah

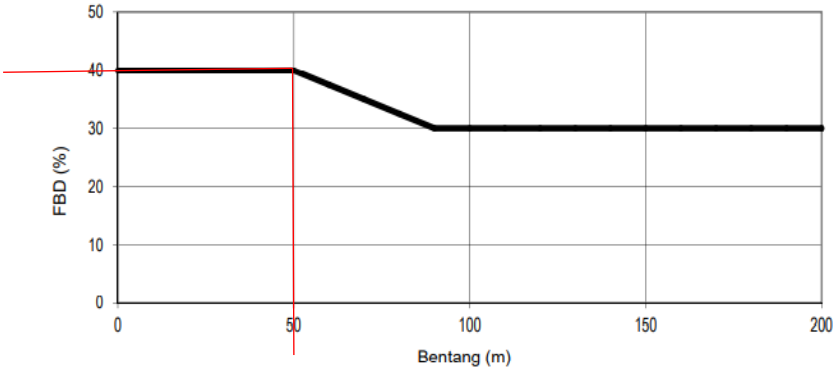
$$Q_{BTR} = q \; x \; r \; x \; FBM$$

$$= 7{,}2 \; x \; 1{,}5 \; x \; 100\%$$

= 10,8 kN/m

2) Beban garis tegak (BGT)

Intensitas BGT (p) = 49 kN/m



Gambar 5. 30 Faktor Beban Dinamis untuk Beban Garis Tegak Bentang 50 m

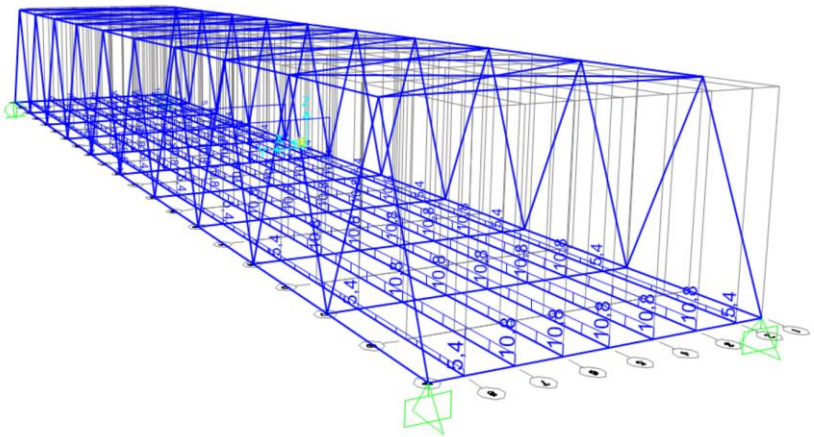
Faktor beban dinamis (FBD) = 40%

Beban garis tegak

Q_{BGT} = (1 + FBD) x p x FBM

= (1 + 40%) x p x 100%

= 68,6 kN/m



Gambar 5. 31 Beban Lajur "D" Jembatan pada *SAP2000*

e. Beban angin

Menurut SNI 1725-2016, tekanan angin diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam

Berdasarkan SNI 1725 (2016), Nilai V_{10} diambil dari :

a) Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang
b) Survei angin pada lokasi jembatan, dan
c) Jika tidak ada data yang lebih baik, asumsikan bahwa
   $V_{10} = V_B$ = 90 saMPai 126 km/jam

Kecepatan angin di elevasi 10 m (V_{10}) = 100 km/jam

Kecepatan angin rencana di elevasi 10 m V_B = 100 km/jam

Elevasi struktur dari permukaan tanah (Z) = 15,02 m

Kecepatan gesekan angin di hulu jembatan (V_0) = 17,6 km/jam

Panjang gesekan angin di hulu jembatan (Z_0) = 1 m

Tekanan angin dasar angin tekan (P_{BT}) = 0,0024 MPa

Tekanan angin dasar angin hisap (P_{BH}) = 0,0012 MPa

Kecepatan angin rencana di elevasi rencana V_{10}

$$V_{DZ} = 2{,}5 \; x \; V_0 \; x \; \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) x \; (\frac{Z}{Z_0})$$

$$= 2{,}5 \; x \; 17{,}6 \; x \; \left(\frac{100}{100}\right) x \; (\frac{15{,}02}{1})$$

= 119,2128364 km/jam

Tekanan angin rencana pada bidang tekan

$$P_{DT} = P_{BT} \; x \; (\frac{V_{DZ}}{V_B})^2$$

$$= 0{,}0024 \; x \; (\frac{119{,}2128364}{100})^2$$

= 0,003410808 MPa

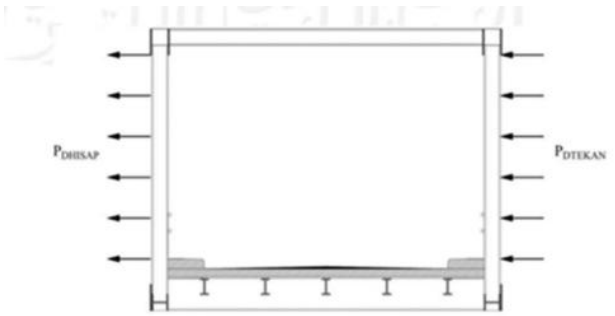
Tekanan angin rencana pada bidang hisap

$$P_{DH} = P_{BT} \; x \; (\frac{V_{DZ}}{V_B})^2$$

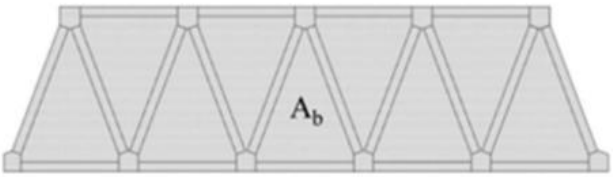
$$= 0{,}0012 \; x \; (\frac{119{,}2128364}{100})^2$$

= 0,001705404 MPa

Untuk mendapatkan beban angin pada masing – masing joint, perlu dikalikan antara kedua tekanan angin rencana tersebut dengan luas penampang rangka yang terkena beban angin.



Gambar 5. 32 Tekanan Angin Rencana Bidang Tekan dan Hisap



Gambar 5. 33 Luas Penampang Rangka

Panjang batang atas (*la*) = 45 m

Panjang batang bawah (*lb*) = 50 m

Tinggi jembatan (*h*) = 6,25 m

Jumlah joint (*n*) = 22 buah

Luas area yang terkena beban angin

Ab $= 30\% \; x \; \left(\frac{la+lb}{2}\right) x \; h$

$= 30\% \; x \; \left(\frac{45+50}{2}\right) x \; 6{,}25$

$= 89{,}0625 \; m^2$

$= 89062500 \; mm^2$

Gaya angin horizontal pada bidang tekan

$P_{EWT} = \frac{Ab \; x \; P_{DT}}{l}$

$= \frac{89062500 \; x \; 0{,}003410808}{50000}$

= 6,075501909 N/mm

Menurut SNI 1725 (2016) pasal 9.6.1.1 nilai gaya angin horizontal pada bidang tekan tidak boleh diambil kurang dari 4,4 N/mm, maka digunakan P_{EWT} = 6,075501909 N/mm

Beban tiap joint

$$P_{EWT} = \frac{6{,}075501909 \text{ x } 50000}{22}$$

= 13807,95888 N/mm

= 13,80795888 kN

Gaya angin horizontal pada bidang hisap

$$P_{EWH} = \frac{Ab \; x \; P_{DH}}{l}$$

$$= \frac{89062500 \text{ x } 0{,}001705404}{50000}$$

= 3,0377550954 N/mm

Menurut SNI 1725 (2016) pasal 9.6.1.1 nilai gaya angin horizontal pada bidang hisap tidak boleh diambil kurang dari 2,2 N/mm, maka digunakan P_{EWH} = 3,0377550954 N/mm

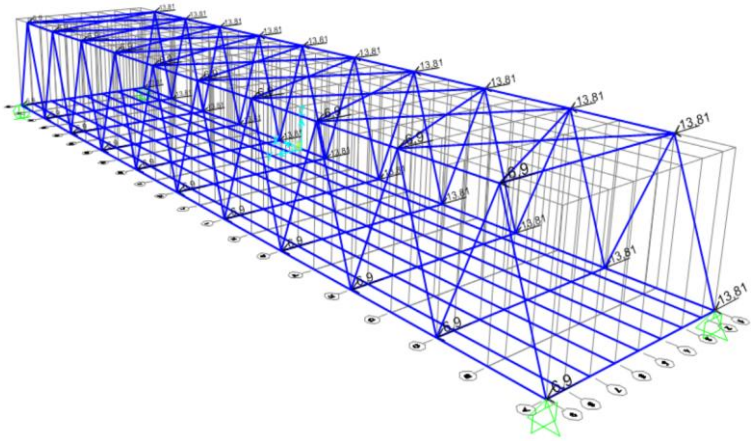
Beban tiap joint

$$P_{EWT} = \frac{3{,}0377550954 \text{ x } 50000}{22}$$

= 6903,979442 N

= 6,903979442 kN

Pembebanan tegangan angin horizontal pada struktur atas dapat dilihat pada gambar 5.34 berikut.



Gambar 5. 34 Beban Angin Jembatan pada *SAP2000*

f. Beban pejalan kaki

Intensitas beban pejalan kaki (A_{TP}) = 5 kN/m^2

Panjang satu segmen (L) = 5 m

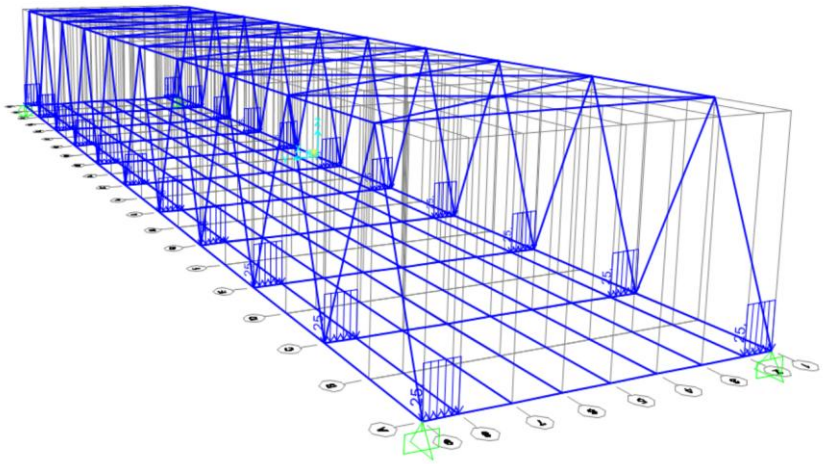
Beban pejalan kaki

Q_{TP} = $(A_{TP})\ x\ L$

= 5 x 5

= 25 kN/m

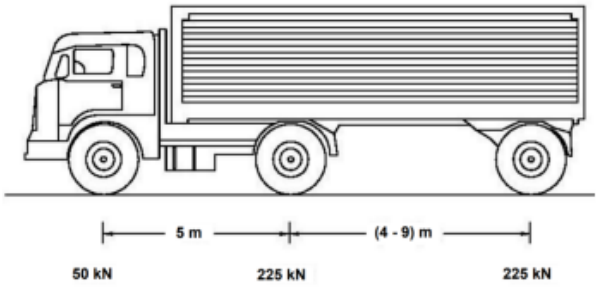
Pembebanan beban pejalan kaki dapat dilihat pada gambar 5.35 berikut.



Gambar 5. 35 Beban Pejalan Kaki Jembatan pada *SAP2000*

g. Beban gaya rem

Gaya rem diambil dari berat gandar atau berat truk rencana. Berdasarkan SNI 1725-2016 nilai dari berat truk rencana sebesar 500 kN dan untuk beban gandar dapat dilihat pada gambar 5.36 berikut.



Gambar 5. 36 Beban Truk "T" (500 kN)

1) 25% dari berat gandar truk desain

Berat gandar truk (T_{depan}) = 50 kN

= 25% x 50

= 12,5 kN

Berat gandar truk (T_{tengah}) = 225 kN

= 25% x 225

= 56,25 kN

Berat gandar truk ($T_{belakang}$) = 225 kN

= 25% x 225

= 56,25 kN

Dari hasil berat gandar diatas, digunakan berat gandar terbesar untuk beban gaya rem 1 (P_{TB1}) yaitu 56,25 kN untuk dibandingkan dengan beban truk +BTR

2) 5% dari berat truk rencana ditambah beban terbagi merata (BTR)

Panjang jembatan *(L)* = 50 m

Intensitas beban BTR *(q)*

$$q = 9{,}0\ x\ (0{,}5 + \frac{15}{L})$$

$$= 9{,}0\ x\ (0{,}5 + \frac{15}{50})$$

= 7,2 kN/m^2

Berat truk rencana (P_{TT}) = 500

Lebar lajur kendaraan (b) = 9

Beban gaya rem 2 (P_{TB2})

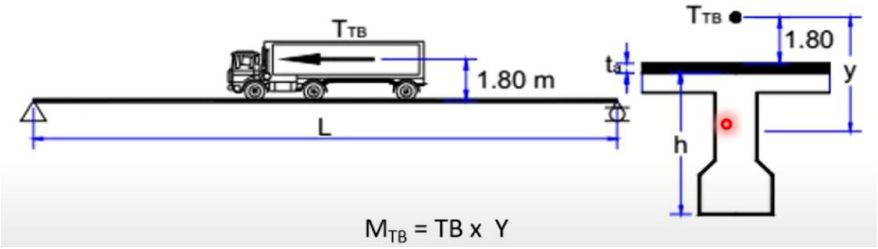
(P_{TB2}) = 5% x (P_{TT} + Q_{BTR} x b x L)

= 5% x (500 + 7,2 x 9 x 50)

= 187 kN

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai P_{TB1} sebesar 56,25 kN dan nilai P_{TB2} sebesar 187 kN. beban gaya rem yang digunakan adalah beban yang paling besar nilainya yaitu P_{TB2} sebesar 187 kN.

Menurut SNI 1725-2016, gaya rem harus ditempatkan di semua rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Jarak gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal.



Gambar 5. 37 Beban Gaya Rem

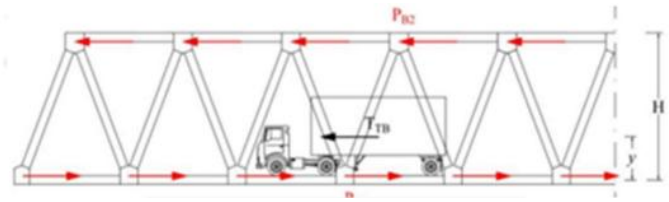
Agar beban gaya rem dapat bekerja pada titik tengah gelagar memanjang, T_{TB} dikonversikan menjadi momen dengan jarak lengan y.

y = 1,8 + t_a + t_b + D/2

= 1,8 + 0,05 + 0,0025 + 0,5/2

= 2,35

Dikarenakan tidak ada momen yang bekerja pada struktur rangka, maka efek dari momen tersebut ditransformasikan menjadi gaya tarik di titik buhul bawah dan gaya tekan di titik buhul atas seperti pada gambar 5.38 dibawah ini.



Gambar 5. 38 Beban Gaya Rem pada Titik Buhul

$$\sum M_{B2} = 0$$

$$(P_{B1}\ x\ H)\ n_{bawah} - T_{TB}\ x\ (H - y) = 0$$

$$P_{B1} = \left(\frac{TB\ x\ (H-y)}{H\ x\ n_{baw}}\right)$$

$$P_{B1} = \left(\frac{187\ x\ (6{,}25-2{,}35)}{6{,}25\ x\ 11}\right)$$

$$= 10{,}608 \text{ Kn}$$

$$\sum M_{B1} = 0$$

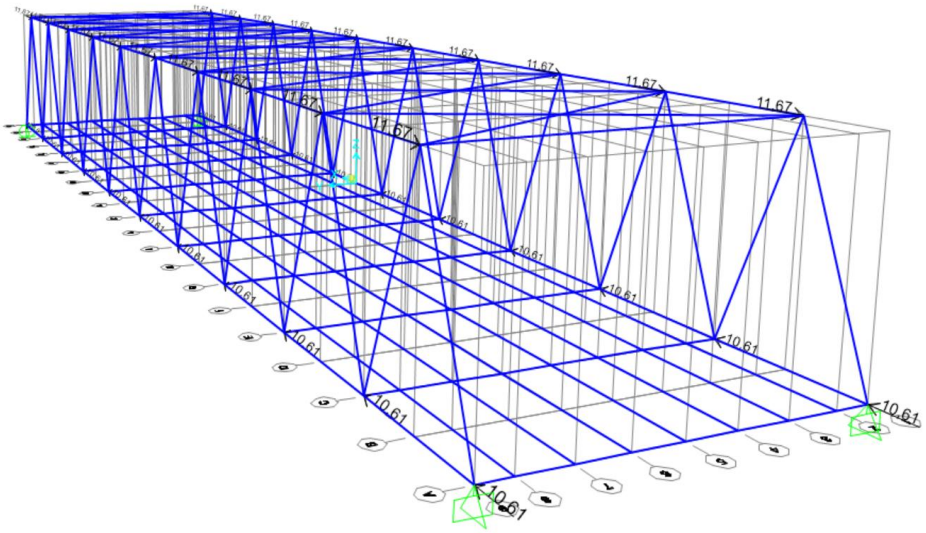
$$(P_{B1}\ x\ H)\ n_{atas} - T_{TB}\ x\ (H - y) = 0$$

$$P_{B1} = \left(\frac{TB\ x\ (y)}{H\ x\ n_{atas}}\right)$$

$$P_{B1} = \left(\frac{187\ x\ (2{,}35)}{6{,}25\ x\ 11}\right)$$

$$= 11{,}6688 \text{ kN}$$

Pembebanan untuk gaya rem (TB) dapat dilihat pada gambar 5.39 berikut.



Gambar 5. 39 Beban Rem Jembatan pada *SAP2000*

h. Beban Gempa

Menurut SNI 1725-2016, perencanaan jembatan harus direncanakan sedemikian rupa agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh. Jembatan dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat Gempa, dapat dilihat pada persamaan 3.30 berikut.

$$EQ = \frac{Csm}{Rd}\ x\ W_t$$

Keterangan :

EQ = gaya gempa horizontal (kN),

Csm = koefisien respon gempa elastis,

Rd = faktor modifikasi respon, dan

W_t = berat total struktur.

1) Perhitungan berat struktur (W_t)

Berat struktur diambil sari berat sendiri bangunan atas jembatan seperti pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Perhitungan Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan

Nama	Berat sendiri		Panjang	Lebar	Tebal	Berat	Jumlah	Total
	kN/m	kN/m^3	m	m	m	kN	Buah	kN
Rangka atas	0,878		5	-	-	4,39	20	87,89
Rangka bawah	0,878		5	-	-	4,39	22	96,68
Batang diagonal	0,878		6,73	-	-	5,91	40	236,6
Ikatan angin	0,206		12,08	-	-	2,50	20	50,02
Gelagar memanjang	0,745		5	-	-	3,72	70	260,75
Gelagar melintang	1,888		11	-	-	20,77	11	228,49
Pelat lantai	-	23,50	50	11	0,25	-	-	3232,52
Trotoar	-	23,50	50	1	0,25	-	-	293,86
Lapisan aspal	-	22	50	9	0,05	-	-	495
Air hujan	-	9,81	50	11	0,05	-	-	269,77
Railing	0,049		50			3,73	4	14,94
							Wt	5266,62

2) Respon spektra

Tabel 5. 5 Data N-SPT Tanah Jembatan Perning Kloji

No.	Kedalaman	Li	Jenis tanah	N	qc	Ap	Ast	Fi	Lifi		Pa	ti/N
	m	m		SPT	ton/m2	m2	m	ton/m2	ton/m	ton/m	ton	
1	0	0	Clay	0	0	0.13	1.26	0	0	0	0.00	
2	2	2	Clay	7	140	0.13	1.26	7	14	14	9.38	0.29
3	4	2	Clay	6	120	0.13	1.26	6	12	26	11.56	0.33
4	6	2	Clay	8	160	0.13	1.26	8	16	42	17.25	0.25
5	8	2	Clay	9	180	0.13	1.26	9	18	60	22.61	0.22
6	10	2	Clay	10	200	0.13	1.26	10	20	80	28.47	0.20
7	12	2	Clay	12	240	0.13	1.26	12	24	104	36.17	0.17
8	14	2	Clay	11	220	0.13	1.26	11	22	126	40.86	0.18
9	16	2	Clay	12	240	0.13	1.26	12	24	150	47.73	0.17
10	18	2	Sand	14	280	0.13	1.26	12	24	174	55.43	0.14
11	20	2	Sand	16	320	0.13	1.26	12	24	198	63.13	0.13
12	22	2	Sand	15	300	0.13	1.26	12	24	222	68.33	0.13
13	24	2	Sand	18	360	0.13	1.26	12	24	246	76.87	0.11
14	26	2	Sand	21	420	0.13	1.26	12	24	270	85.41	0.10
15	28	2	Sand	20	400	0.13	1.26	12	24	294	90.60	0.10
16	30	2	Sand	24	480	0.13	1.26	12	24	318	99.98	0.08
17	32	2	Sand	26	520	0.13	1.26	12	24	342	107.68	0.08
18	34	2	Sand	80	1600	0.13	1.26	12	24	366	158.93	0.03
		34										2.70

Untuk mendapatkan nilai N, digunakan persamaan sebagai berikut.

$$N = \frac{\sum ti}{\sum(\frac{ti}{n})}$$

$$= \frac{34}{2{,}699}$$

$$= 12{,}59624341$$

Data percepatan gempa

Berdasarkan pada peta gempa pada Gambar 3.7 , Gambar 3.8 dan Gambar 3.9, untuk daerah Mojokerto diperoleh nilai sebagai berikut.

a) Lokasi = Mojokerto
b) Kelas situs = SD
c) FPGA = 1,1811 g
d) As = 0,49476
e) MCEG PGA (PGA) = 0,4189 g
f) Spektral percepatan periode pendek (S_s) = 0,9268 g
g) Spektral percepatan periode 1 detik (S_1) = 0,3834
h) Koefisien situs

Hasil koefisien situs untuk Fa dan Fv dapat dilihat pada Gambar 5.37 dan Tabel 5.6 – Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 6 Koefisien Situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0,2 detik, S_s					
	$S_s \leq 0{,}25$	$S_s = 0{,}5$	$S_s = 0{,}75$	$S_s = 1{,}0$	$S_s = 1{,}25$	$S_s \geq 1{,}5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS[3]					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 5. 7 Koefisien Situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS[a]					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 5. 8 Koefisien Situs (Fa)

S_s	F_a
0,75	1,2
1	1,1
0,9268	1,12928

Tabel 5. 9 Koefisien Situs (Fv)

S_1	F_v
0,3	2
0,4	1,9
0,3834	1,9166

Koefisien situs (F_a) = 1,1293

Koefisien situs (F_v) = 1,9166

Percepatan desain periode pendek (S_{DS}) = 2/3 x F_a x S_s

= 2/3 x 1,129 x 0,927

= 0,698 g

Percepatan desain periode 1 detik (S_{D1}) = 2/3 x F_v x S_1

= 2/3 x 1,917 x 0,3834

= 0,490 g

T_0 = 0,2 x S_{D1} / S_{DS}

= 0,2 x 0,490 / 0,698

= 0,1404 detik

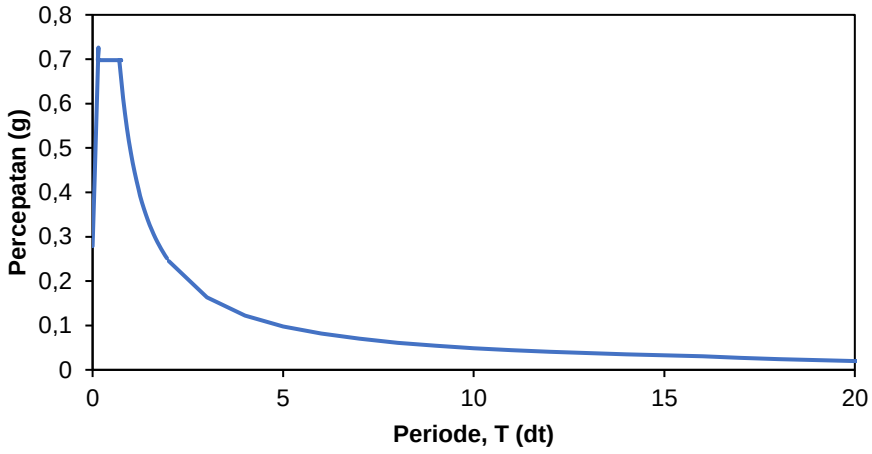
T_S = S_{D1} / S_{DS}

= 0,490 / 0,698

= 0,7021 detik

T_L = 20 detik

Dari perhitungan diatas diperoleh grafik respon spektrum pada Gambar 5.38 berikut.



Gambar 5. 40 Grafik Respon Spektra

3) Koefisien respon gempa elastis

Nilai Csm didapatkan dengan memulai mencari nilai periode alami (T) untuk dibandingkan dengan T_0 dan T_s. Menurut SNI 2833-2008, waktu periode alami (T) pada bangunan dengan satu derajat kebebasan tunggal.

Mutu beton (*f'c*) = 28,6 MPa

Modulus elastis beton (E) = 4700 x $\sqrt{f'c}$

= 4700 x $\sqrt{28{,}6}$

= 25135,11488

Tinggi kolom *abutment* (L) = 1,23 m

Lebar kolom abutment (b) = 1 m

Panjang kolom *abutment* (h) = 12 m

Momen inersia sumbu x (*Ix*)

$Ix = \frac{1}{12}\ x\ b^3\ x\ h$

$= \frac{1}{12}\ x\ 1^3\ x\ 12$

$= 1\ m^4$

Momen inersia sumbu y (*Iy*)

$Iy = \frac{1}{12}\ x\ h^3\ x\ b$

$= \frac{1}{12}\ x\ 12^3\ x\ 1$

$= 144\ m^4$

Kekakuan arah x (Kx)

$Kx = \frac{3\ EIx}{L}$

$= \frac{3\ x\ 25135{,}11488\ x\ 1000\ x\ 1}{1{,}23}$

= 61305158,24 kN/m

Kekakuan arah y (Ky)

$Ky = \frac{3\ EIy}{L}$

$= \frac{3\ x\ 25135{,}11488\ x\ 144}{1{,}23}$

= 8827942787 kN/m

a) Waktu periode alami (T)

Waktu periode alami arah x (*Tx*)

$Tx = 2\pi \sqrt{\frac{W_t}{g\ Ky}}$

$= 2\pi \sqrt{\frac{5266{,}62}{9{,}81\ x\ 61305158{,}24}}$

= 0,018584151 detik

Waktu periode alami arah y (*Ty*)

$Ty = 2\pi \sqrt{\frac{W_t}{g\ Ky}}$

$= 2\pi \sqrt{\frac{5266{,}62}{9{,}81\ x\ 8827942787}}$

= 0,001548679 detik

Dalam perhitungan diatas didapatkan nilai bahwa:

$Tx < T_0$

0,018584151 < 0,1404

Maka, berdasarkan SNI 2833 (2016) koefisien respons gempa elastis arah x (C_{smx}) menggunakan persamaan berikut.

C_{smx} $= S_{DS} - As\frac{Tx}{T_0} + As$

$= 0{,}698 - 0{,}494763\frac{0{,}018584151}{0{,}1404} + 0{,}494763$

$= 0{,}522$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai bahwa:

Ty < T_0

0,001548679 < 0,1404

Berdasarkan SNI 2833 (2016) koefisien respons elastis arah y (C_{smy}) menggunakan persamaan berikut.

C_{smy} $= S_{DS} - As\frac{Ty}{T_0} + As$

$= 0{,}698 - 0{,}494763\frac{0{,}001548679}{0{,}1404} + 0{,}494763$

$= 0{,}497$

4) Faktor modifikasi respon (R)

Pada tabel 3. Faktor Modifikasi Respons (R) untuk bangunan didapatkan nilai R = 1,5.

5) Gaya gempa horizontal

Gaya gempa horizontal arah x

EQ_x $= \frac{C_{smx}}{R}\ x\ W_t$

$= \frac{0{,}522}{1{,}5}\ x\ 5266{,}62$

= 1831,474921 kN

Joint (n) = 8 buah

EQ_x $= \frac{1831{,}474921}{8}$

= 228, 9343651 kN

Gaya gempa horizontal arah y

EQ_y $= \frac{C_{smy}}{R}\ x\ W_t$

$= \frac{0,497}{1,5}\ x\ 5266,62$

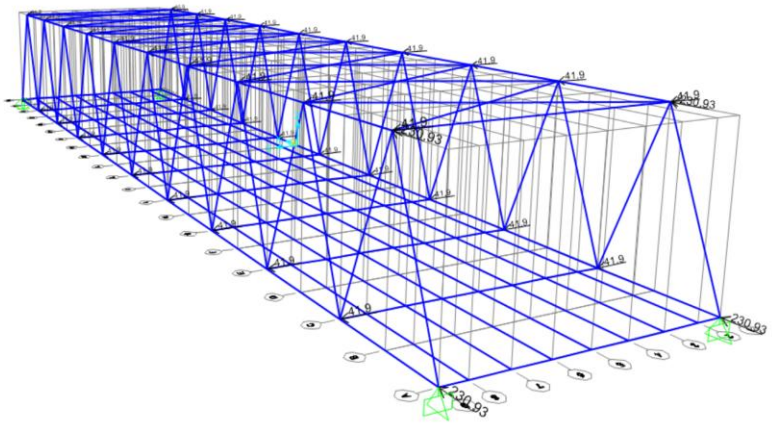
= 1745,012774 kN

Joint (n) = 42 buah

EQ_y $= \frac{1745,012774}{42}$

= 41,54792318 Kn

Pembebanan pada beban Gempa dapat dilihat dari Gambar 5.42 berikut.



Gambar 5. 41 Beban Gempa Jembatan pada *SAP2000*

2. Analisis struktur menggunakan SAP2000

Dari perhitungan pembebanan di atas dilakukan analisis menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam pada masing-masing elemen struktur. Adapun proses analisis dilakukan menggunakan kombinasi beban yang telah ditentukan pada SNI 1725 (2016) sebagai berikut.

Kuat I = 1,3 MS + 2 MA + 1,8 TD + 1,8 TB + 1,8 TP

Kuat II = 1,3 MS + 2 MA = 1,4 TD + 1,4 TB + 1,4 TP

Kuat III = 1,3 MS + 2 MA + 1,4 EWs

Kuat IV = 1,3 MS + 2 MA

Kuat V = 1,3 MS + 2 MA + 0,4 EWs + EW_L

Ekstrem I = 1,3 MS + 2 MA + EQ

Ekstrem II = 1,3 MS + 2 MA + 2 MA + 0,5 TD + 0,5 TB + 0,5 TP

Layan I = MS + MA + TD + TB + TP + 0,3 EWs + EW_L

Layan II = MS + MA + 1,3 TD + 1,3 TB + 1,3 TP

Layan III = MS + MA + 0,8 TD + 0,8 TB + 0,8 TP

Layan IV = MS + MA + 0,7 EWs

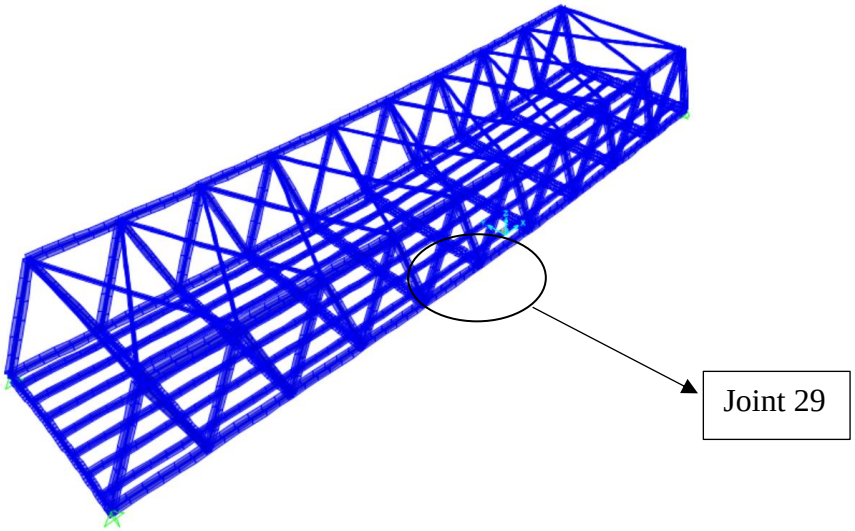
Rekapitulasi hasil analisis struktur pada *SAP2000* yang memiliki nilai gaya aksial terbesar pada kombinasi Kuat I dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Gaya Aksial Hasil Analisis pada Tiap Batang

Batang Atas		Batang Bawah		Batang Diagonal				Ikatan Angin	
Frame	Kuat I (kN)	Frame	Kuat I (kN)	Frame	Kuat I (kN)	Frame	Kuat I (kN)	Frame	Kuat I (kN)
16	-8394,61	6	6188,915	85	-4187,21	42	-4266,17	161	-13,512
59	-8224,13	49	6030,098	65	-4151,72	22	-4184,81	162	-13,508
17	-8143,34	5	5968,487	66	-3055,42	41	-3126,52	165	-13,38
60	-7935,94	48	5941,695	84	-3049,74	23	-3072,52	166	-13,361
58	-7733,03	7	5631,901	83	-2319,12	40	-2384,86	154	-11,216
15	-7657,32	50	5475,171	67	-2316,38	24	-2329,51	153	-11,178
18	-6927,54	47	5338,105	82	-1624,43	25	-1668,24	158	-10,271
61	-6752,43	4	5217,395	68	-1579,63	39	-1655,11	157	-10,236
57	-6625,23	8	4507,461	69	-683,511	26	-1059,32	169	-10,17
14	-6488,01	51	4387,475	81	-356,691	38	-299,964	170	-10,128
19	-5196,53	46	4301,374	70	401,968	27	323,657	113	-9,114
62	-5076,34	3	4159,151	80	728,838	37	1069,939	150	-9,09
56	-4985,31	9	2992,317	79	1550,666	36	1659,817	149	-9,038
13	-4848,53	52	2919,954	71	1628,721	28	1662,778	111	-9,03
20	-2938,79	45	2863,034	78	2299,691	35	2310,463	177	-8,368
63	-2879,53	2	2716,34	72	2302,781	29	2370,475	178	-8,278
55	-2820,34	10	1012,878	73	3017,419	34	3039,069	173	-7,785
12	-2679,05	53	990,38	77	3022,201	30	3095,183	174	-7,732

3. Lendutan

   Dari analisis di atas setelah memasukkan beban yang bekerja dan kombinasi pada *SAP2000* akan menghasilkan lendutan karena efek beban yang bekerja berikut rekapitulasi untuk lendutan pada tengah bentang dengan semua kombinasi dapat dilihat pada gambar 5.43 dan tabel 5.11 berikut ini.



Gambar 5. 42 Detail Posisi Lendutan

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Lendutan pada Tengah Bentang

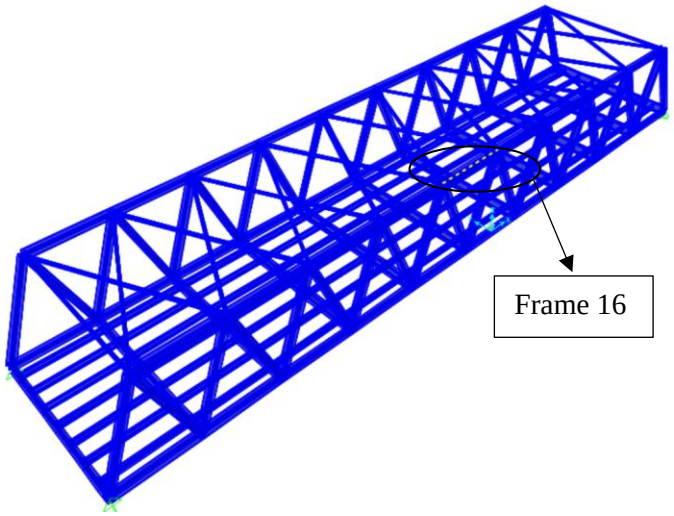
Kondisi	Lendutan (m)	Lendutan maks -L/360 (m)	Kontrol lendutan ≤ lendutan maks
KUAT 1	-0,09471	-0,1388	Aman
KUAT 2	-0,08291		Aman
EKSTREM 2	-0,06816		Aman
LAYAN 2	-0,06719		Aman
LAYAN 1	-0,05835		Aman
LAYAN 3	-0,05244		Aman
EKSTREM 1	-0,04319		Aman
KUAT 3	-0,04167		Aman
KUAT 5	-0,04167		Aman
KUAT 4	-0,04164		Aman
LAYAN 4	-0,02888		Aman

4. Desain profil rangka utama

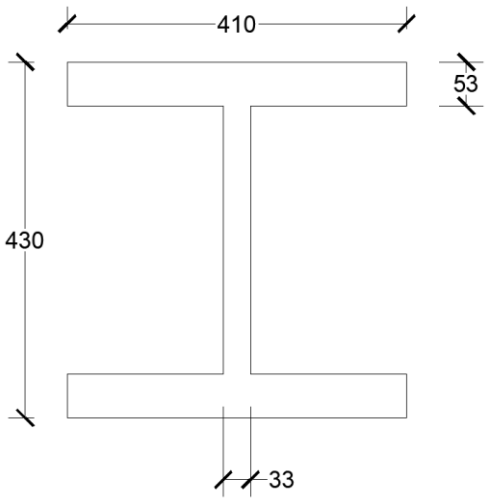
   Dari perhitungan di atas, gaya-gaya aksial pada elemen rangka yang mencakup rangka atas, batang diagonal, rangka bawah dan ikatan angin. Gaya aksial tersebut menjadikan elemen – elemen pada struktur rangka mengalami tarik dan tekan. Didapatkan pula hasil berupa momen ultimit pada gelagar memanjang dan gelagar melintang sehingga kedua elemen tersebut berperilaku sebagai batang lentur.

   a. Batang atas (*top chord*)

      Dapat dilihat dari Tabel 5.10 bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada *frame* 16 yakni sebesar Pu = 8394,61 kN. Batang atas didesain sebagai batang tekan menggunakan profil W14x283 dengan standar *AISC shape v16.0.* adapun langkah-langkah perhitungan batang atas adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 43 Detail Posisi *Frame 16*



Gambar 5. 44 Detail Profil W14x283

Tinggi (*h*)	= 430 mm
Lebar (*b*)	= 410 mm
Tebal badan (*tw*)	= 33 mm
Tebal sayap (*tf*)	= 53 mm
Berat (*q*)	= 463,39 kg/m
Luas taMPang (*Ag*)	= 53741,828 kg/m
Inersia x (*Ix*)	= 1598328674 mm^4
Inersia y (*Iy*)	= 599373252,9 mm^4
Radius girasi x (*rx*)	= 172,466 mm
Radius girasi y (*ry*)	= 105,918 mm
Modulus elastis x (*Sx*)	= 7521662,376 mm^3
Modulus elastis y (*Sy*)	= 2933284,456 mm^3
Modulus plastis x (*Zx*)	= 8881788,688 mm^3
Modulus plastis y (*Zy*)	= 4490055,536 mm^3
Modulus elastisitas (*E*)	= 200000 MPa
Tegangan leleh (*Fy*)	= 250 MPa
Tegangan putus (*Fu*)	= 400 MPa
Kc	= 1
Panjang bentang (*L*)	= 5000 mm

1) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b}{tf} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{0{,}5\ x\ 410}{53} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$3{,}867924528 \leq 15{,}8391919$$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas tidak langsing, menurut SNI 1729 (2015) tabel B4. 1a dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing.

2) Cek kelangsingan badan

$$\frac{h_0}{tw} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{324}{33} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$9{,}818181818 \leq 42{,}14356416$$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas tidak langsing, menurut SNI 1729 (2015) tabel B4. 1a dapat dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing sehingga berdasarkan tabel E1. 1 pada SNI 1729 (2019) untuk profil keadaan batas yang direncanakan adalah tekuk lentur (*Flexural buckling*, FB) dan tekuk torsi (*Torsional buckling*, TB)

3) Tekuk lentur (FB)

a) Rasio kelangsingan batang (K = 1 untuk tumpuan sendi-sendi)

$$\frac{K\,L}{ry} = \frac{1\ x\ 5000}{105{,}918}$$

$$= 47{,}20632942$$

b) Tegangan tekuk elastis

$$Fe = \frac{\pi^2\ x\ E}{(KL/ry)^2}$$

$$= \frac{\pi^2\ x\ 200000}{(47{,}20632942)^2}$$

$$= 884{,}8890609 \text{ MPa}$$

c) Jenis tekuk

$\frac{K\,L}{ry} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$47{,}20632942 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

$47{,}20632942 \leq 133{,}2189176$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2019) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk inelastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

d) Tegangan kritis

$F_{cr} = (0{,}658)^{\frac{Fy}{Fe}}\ x\ Fy$

$= (0{,}658)^{\frac{250}{884{,}8890609}}\ x\ 250$

= 222,1186133 MPa

e) Kuat tekan rencana

ϕPn = ϕ x Fcr x Ag

= 0,9 x 222,1186133 x 53741,828 x 10^{-3}

= 10743,35428 kN

4) Tekuk torsi (TB)

a) Konstanta pembengkokan

$C_w = \frac{Iy\ x\ h0^2}{4}$

$= \frac{599373252{,}9\ x\ 324^2}{4}$

= 1,573 x 10^{13}

b) Konstanta torsi

$J = \frac{1}{3}\ x\ [(2\ x\ tf^3\ x\ b) + (tw^3\ x\ h_0)]$

$= \frac{1}{3}\ x\ [(2\ x\ 53^3\ x\ 410) + (33^3\ x\ 324)]$

= 44574242,67 mm^4

c) Tegangan tekuk

$$Fe = \left[\left(\frac{\pi^2 \, x \, E \, x \, Cw}{(KL)^2}\right) + (G \, x \, J)\right] x \, \frac{1}{Ix+Iy}$$

$$= \left[\left(\frac{\pi^2 \, x \, 200000 \, x \, 1{,}573 \, x \, 10^{13}}{(1 \, x \, 5000)^2}\right) + (77200 \text{ x } 44574242{,}67)\right] x \, \frac{1}{1598328674 + 599373252{,}9}$$

$$= 1745{,}672737 \text{ MPa}$$

d) Jenis tekuk

$$\frac{K \, L}{ry} \leq 4{,}71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$47{,}20632942 \leq 4{,}71 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$47{,}20632942 \leq 133{,}2189176$$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2015) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk elastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

e) Tegangan kritis

$$F_{cr} = (0{,}658)^{\frac{Fy}{Fe}} \, x \, Fy$$

$$= (0{,}658)^{\frac{250}{1745{,}672737}} \, x \, 250$$

$$= 235{,}4549955 \text{ MPa}$$

f) Kuat tekan rencana

$$\phi Pn = \phi \text{ x Fcr x Ag}$$

$$= 0{,}9 \text{ x } 235{,}4549955 \text{ x } 58967{,}624 \text{ x } 10^{-3}$$

$$= 11388{,}40368 \text{ kN}$$

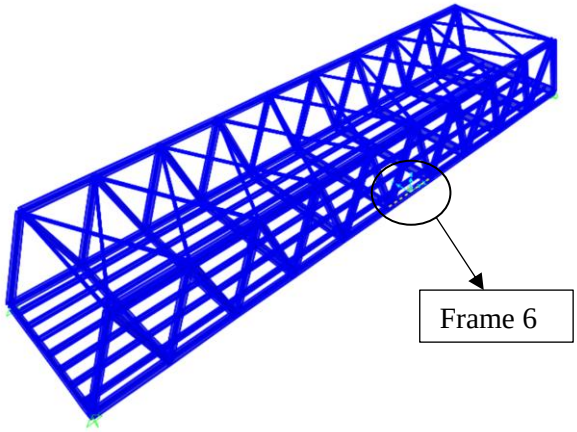
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kuat tekan yang digunakan adalah hasil dari perhitungan kondisi batas FB yaitu $\phi Pn = 11388{,}40368$ kN

5) Cek keamanan profil

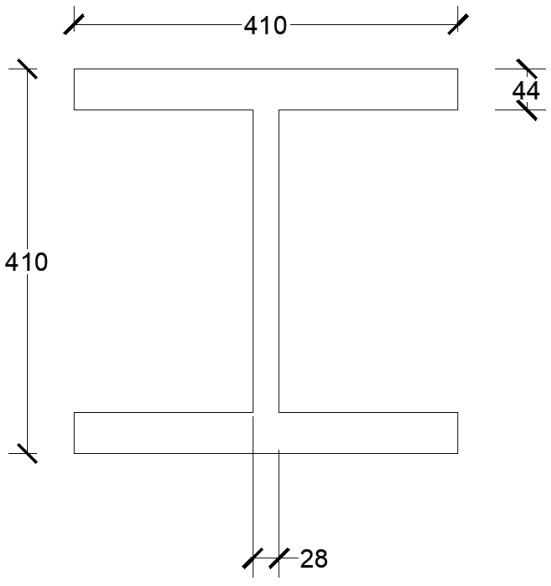
ϕPn	>	Pu
11388,40368	>	8394,605

b. Batang bawah (*bottom chord*)

Dari Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada frame 6 yakni sebesar Pu = 6188,915 kN. Batang atas didesain menggunakan profil W 14 x 233 dengan standar *AISC shape v16.0.* Adapun langkah – langkah perhitungan batang bawah adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 45 Detail Posisi *Frame 6*



Gambar 5. 46 Detail Profil W 14 x 233

Tinggi (*h*) = 410 mm

Lebar (*b*) = 410 mm

Tebal badan (*tw*) = 28 mm

Tebal sayap (*tf*) = 44 mm

Berat (*q*) = 463,39 kg/m

Luas taMPang (*Ag*) = 44193,46 kg/m

Inersia x (*Ix*) = 1252856591 mm^4

Inersia y (*Iy*) = 478666139,4 mm^4

Radius girasi x (*rx*) = 168,402 mm

Radius girasi y (*ry*) = 104,14 mm

Modulus elastis x (*Sx*) = 6145149 mm^3

Modulus elastis y (*Sy*) = 2376124,28 mm^3

Modulus plastis x (*Zx*) = 7144759,904 mm^3

Modulus plastis y (*Zy*) = 3621541,144 mm^3

Modulus elastisitas (*E*) = 200000 MPa

Tegangan leleh (*Fy*) = 250 MPa

Tegangan putus (*Fu*) = 400 MPa

Kc = 1

Panjang bentang (*L*) = 5000 mm

1) Luas penampang bersih

   n = 4

   Luas profil (*Ag*) = 44193,46 mm^2

   Diameter baut (*db*) = 36 mm

   Diameter lubang (*dl*) = 38 mm

   Tebal sayap (*tf*) = 44

   An = Ag – (n x dl x tf)

   = 44193,46 x (4 x 38 x 44)

   = 37857,46 mm^2

2) Jarak antar baut minimum (s)

   s = 3 x db

   = 3 x 36

= 108 mm

3) Panjang keseluruhan antar baut (L)

Total baut (n) = 52

L = (n/4 – 1) x s

= (52/4 – 1) x 108

= 1296 mm

4) *Shear leg* (U)

Untuk menentukan *factor shear lag* penulis mengacu pada SNI 1729-2015 tabel D.31; point ke 7

B/H	≥	2/3
410/410	≥	2/3
1	≥	0,666666667

Maka *factor shear leg* (U) yang digunakan adalah 0,9.

5) Luas penampang efektif (Ae)

Ae	= An x U	< 0,85 x Ag
	= 37857,46 x 0,9	< 0,85 x 44193,46
	= 34071,714 mm^2	< 37564,441 mm^2

Maka digunakan Ae = 34071,814 mm^2

6) Kuat tarik rencana

Kuat tarik pada kondisi leleh penampang bruto

ϕPn = ϕ x Fy x Ag

= 0,9 x 250 x 44193,46

= 9943528,5 N

= 9943,5285 Kn

Kuat tarik pada kriteria faktor penampang berlubang

ϕPn = ϕ x Fu x Ae

= 0,9 x 400 x 34071,714

= 12265817,04 N

= 12265,81704 kN

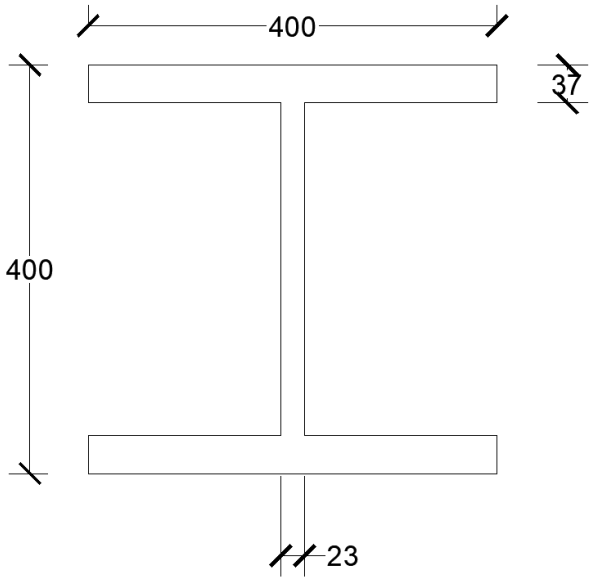
7) Cek keamanan profil

ϕPn > Pu

9943,5285 > 6188,915 (Aman)

c. Batang diagonal

Pada hasil analisis *SAP 2000* menunjukkan bahwa pada batang diagonal mengalami beban gaya aksial tarik dan tekan sehingga diperlukan kedua perhitungan tersebut.



Gambar 5. 47 Detail Profil W14x193

Tinggi (*h*)	= 400 mm
Lebar (*b*)	= 400 mm
Tebal badan (*tw*)	= 23 mm
Tebal sayap (*tf*)	= 37 mm
Berat (*q*)	= 193 kg/m
Luas taMPang (*Ag*)	= 36645,088 kg/m
Inersia x (*Ix*)	= 998955421,4 mm^4
Inersia y (*Iy*)	= 387511457,2 mm^4
Radius girasi x (*rx*)	= 165,1 mm
Radius girasi y (*ry*)	= 102,87 mm
Modulus elastis x (*Sx*)	= 5079989,84 mm^3
Modulus elastis y (*Sy*)	= 1950060,616 mm^3

Modulus plastis x (*Zx*) = 5817407,72 mm^3

Modulus plastis y (*Zy*) = 2949671,52 mm^3

Modulus elastisitas (*E*) = 200000 MPa

Tegangan leleh (*Fy*) = 250 MPa

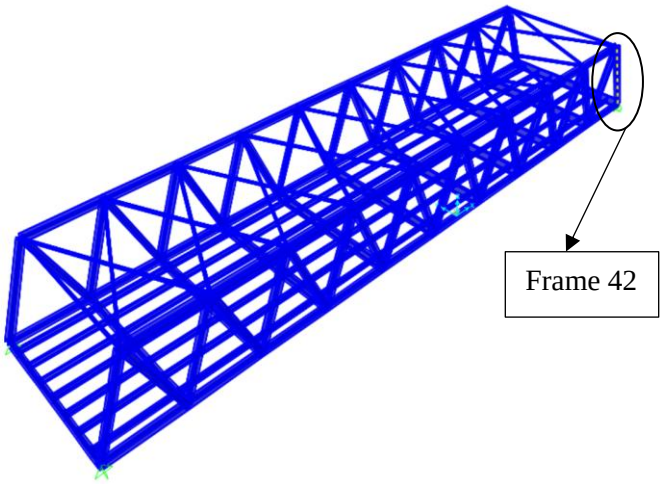
Tegangan putus (*Fu*) = 400 MPa

Kc = 1

Panjang bentang (*L*) = 6731,456009 mm

1) Batang tekan

Dapat dilihat pada Tabel 5.8 bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada frame 42 yakni sebesar Pu = 4266,17 kN. Batang atas didesain sebagai batang tekan menggunakan profil W14x193 dengan standar AISC *shape v16.0*. Adapun langkah-langkah perhitungan batang diagonal adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 48 Detail Posisi *Frame 42*

a) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b}{tf} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{0{,}5\ x\ 400}{37} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$3{,}867924528 \leq 15{,}8391919$$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas tidak langsing, menurut SNI 1729 (2015) tabel B4. 1a dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing.

b) Cek kelangsingan badan

$\frac{h_0}{tw} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$\frac{326}{23} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{200000}{250}}$

$14{,}17391304 \leq 42{,}14356416$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas tidak langsing, menurut SNI 1729 (2015) tabel B4. 1a dapat dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing sehingga berdasarkan tabel E1. 1 pada SNI 1729 (2019) untuk profil keadaan batas yang direncanakan adalah tekuk lentur (*Flexural buckling*, FB) dan tekuk torsi (*Torsional buckling*, TB)

c) Tekuk lentur (FB)

i. Rasio kelangsingan batang (K = 1 untuk tumpuan sendi-sendi)

$\frac{K\,L}{ry} = \frac{1\ x\ 6731{,}456009}{102{,}87}$

$= 65{,}43653163$

ii. Tegangan tekuk elastis

$Fe = \frac{\pi^2\ x\ E}{(KL/ry)^2}$

$= \frac{\pi^2\ x\ 200000}{(65{,}43653163)^2}$

$= 460{,}9875504$ MPa

iii. Jenis tekuk

$\frac{K\,L}{ry} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$65{,}43653163 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$

$65{,}43653163 \leq 133{,}2189176$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2019) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk inelastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

iv. Tegangan kritis

F_{cr} $= (0{,}658)^{\frac{Fy}{Fe}} \; x \; Fy$

$= (0{,}658)^{\frac{250}{460{,}9875504}} \; x \; 250$

= 199,2330424 MPa

v. Kuat tekan rencana

ϕPn = ϕ x Fcr x Ag

= 0,9 x 199,2330424 x 36645,088 x 10^{-3}

= 6570,821133 kN

d) Tekuk torsi (TB)

i. Konstanta pembengkokan

C_w $= \frac{Iy \; x \; h0^2}{4}$

$= \frac{387511457 \; x \; 326^2}{4}$

= 1,02958 x 10^{13}

ii. Konstanta torsi

J $= \frac{1}{3} \; x \; [(2 \; x \; tf^3 \; x \; b) + (tw^3 \; x \; h_0)]$

$= \frac{1}{3} \; x \; [(2 \; x \; 37^3 \; x \; 400) + (23^3 \; x \; 326)]$

= 14829614 mm^4

iii. Tegangan tekuk

Fe $= \left[\left(\frac{\pi^2 \; x \; E \; x \; Cw}{(KL)^2}\right) + (G \; x \; J)\right] x \; \frac{1}{Ix+Iy}$

$= \left[\left(\frac{\pi^2 \; x \; 200000 \; x \; 1{,}02958 \; x \; 10^{13}}{(1 \; x \; 5000)^2}\right) + (77200 \text{ x } 14829614)\right] x \; \frac{1}{998955421{,}4 + 387511457}$

= 1411,462005 MPa

iv. Jenis tekuk

$\frac{K \; L}{ry}$ $\leq 4{,}71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$

$$65{,}43653163 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$65{,}43653163 \leq 133{,}2189176$$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2015) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk elastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

v. Tegangan kritis

$$F_{cr} = (0{,}658)^{\frac{Fy}{Fe}}\, x\, Fy$$

$$= (0{,}658)^{\frac{250}{1411{,}462005}}\, x\, 250$$

= 232,1367718 MPa

vi. Kuat tekan rencana

ϕPn = ϕ x Fcr x Ag

= 0,9 x 232,1367718 x 36645,088 x 10^{-3}

= 7656,005189 kN

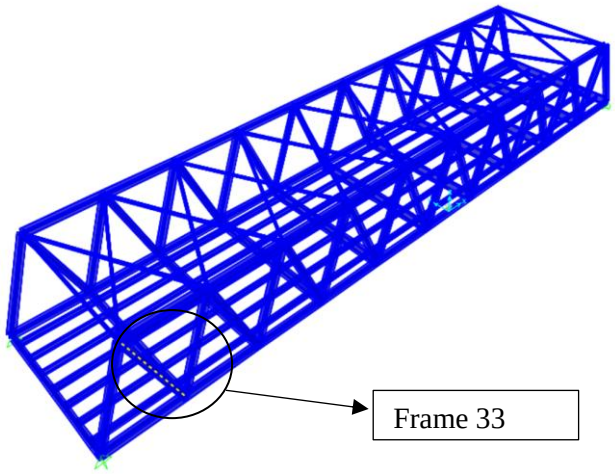
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kuat tekan yang digunakan adalah hasil dari perhitungan kondisi batas FB yaitu ϕPn = 7656,005189 kN

e) Cek keamanan profil

ϕPn	>	Pu
6570,821133	>	4266,169

2) Batang tarik

Dapat dilihat pada Tabel 5.8 bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada *frame* 33 yakni sebesar Pu = 3891,837 kN. Batang atas didesain sebagai batang tarik menggunakan profil W14x193 dengan standar AISC *shape v16.0.* Adapun langkah-langkah perhitungan batang diagonal tarik adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 49 Detail Posisi *Frame 33*

a) Luas penampang bersih

Konfigurasi baut yang direncanakan dipasang dalam dua baris sehingga :

n = 4

Luas profil (*Ag*) = 36645,088 mm^2

Diameter baut (*db*) = 30 mm

Diameter lubang (*dl*) = 33 mm

Tebal sayap (*tf*) = 37 mm

An = Ag – (n x dl x tf)

= 36645,088 x (4 x 33 x 37)

= 32205,088 mm^2

b) Jarak antar baut minimum (s)

s = 3 x db

= 3 x 30

= 90 mm

c) Panjang keseluruhan antar baut (L)

Total baut (n) = 24

L = (n/4 – 1) x s

= (24/4 – 1) x 90

= 450 mm

d) *Factor shear leg* (U)

Untuk menentukan *factor shear lag* penulis mengacu pada SNI 1729-2015 pada D.31 ; point ke 7

B/H	≥	2/3
400/400	≥	2/3
1	≥	0,666666667

Maka *factor shear leg* (U) yang digunakan adalah 0,9

e) Luas penampang efektif

Ae	= *An* x *U*	< 0,85 x Ag
	= 32205,088 x 0,9	< 0,85 x 36645,088
	= 28984,5792 mm^2	< 31148,3248 mm^2

f) Kuat tarik rencana

Kuat tarik pada kondisi leleh penampang bruto

$\phi Pn = \phi \times Fy \times Ag$

$= 0,9 \times 250 \times 36645,088 \times 10^{-3}$

= 8245,1448 kN

Kuat tarik pada kriteria faktor penampang berlubang

$\phi Pn = \phi \times Fy \times Ae$

$= 0,9 \times 250 \times 28984,5792$

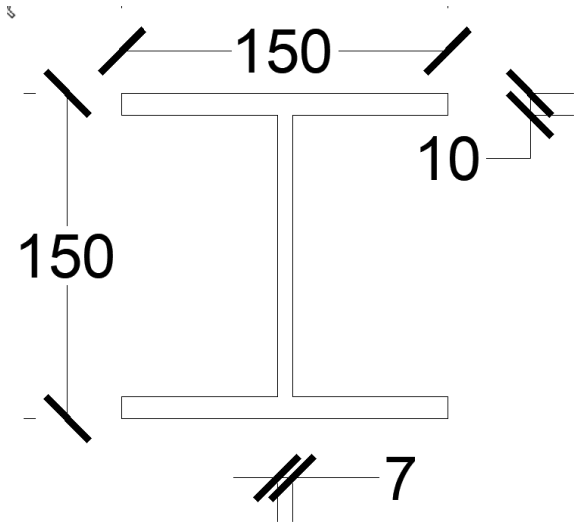
= 10434,44851

g) Cek keamanan profil

ϕPn	>	Pu
8245,1448	>	3891,837

d. Ikatan angin

Pada hasil analisis *SAP 2000* menunjukkan bahwa pada batang diagonal mengalami beban gaya aksial tarik dan tekan sehingga diperlukan kedua perhitungan tersebut.

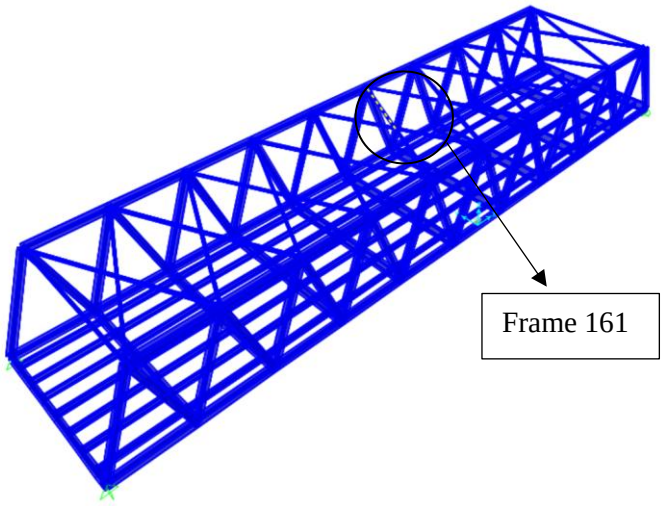


Gambar 5. 50 Detail Profil IWF 150x150x7x10

Tinggi (*h*)	= 150 mm
Lebar (*b*)	= 150 mm
Tebal badan (*tw*)	= 7 mm
Tebal sayap (*tf*)	= 10 mm
Berat (*q*)	= 4014 kg/m
Luas taMPang (*Ag*)	= 4014 kg/m
Inersia x (*Ix*)	= 16400000 mm^4
Inersia y (*Iy*)	= 5630000 mm^4
Radius girasi x (*rx*)	= 63,9 mm
Radius girasi y (*ry*)	= 37,5 mm
Modulus plastis x (*Zx*)	= 219000 mm^3
Modulus plastis y (*Zy*)	= 71500mm^3
Modulus elastisitas (*E*)	= 200000 MPa
Tegangan leleh (*Fy*)	= 250 MPa
Tegangan putus (*Fu*)	= 400 MPa
Kc	= 1
Panjang bentang (*L*)	= 12083,04597 mm

Dapat dilihat dari tabel dan NFD bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada *frame* 161 yakni sebesar Pu = 13,512 kN. Ikatan angin didesain

menggunakan profil IWF 150x150x7x10 dengan standar JIS G 3101 SS400. Adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 51 Detail Posisi *Frame 161*

a) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b}{tf} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{0{,}5\ x\ 150}{10} \leq 0{,}56\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7{,}5 \leq 15{,}8391919$$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas langsing, menurut SNI 1729 (2015) tabel B4. 1a dapat dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing.

b) Cek kelangsingan badan

$$\frac{h_0}{tw} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\frac{130}{7} \leq 1{,}49\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$18{,}57142857 \leq 42{,}14356416$$

Rasio lebar tebal lebih kecil dari batas tidak langsing, menurut SNI 1729 (2015) pada tabel B4.1a dapat dikatakan bahwa profil tersebut tidak langsing sehingga berdasarkan tabel E1.1 pada SNI

1729 (2015) untuk profil IWF keadaan batas yang direncanakan adalah tekuk lentur (*flexural buckling*, FB) dan tekuk torsi (*torsional buckling*, TB)

c) Tekuk lentur (FB)

i. Rasio kelangsingan batang (K=1 untuk tumpuan sendi-sendi)

$$\frac{K\,L}{ry} = \frac{1\,x\,12083{,}04597}{37{,}5}$$

$$= 322{,}2145593$$

ii. Tegangan tekuk elastis

$$Fe = \frac{\pi^2\,x\,E}{(\frac{KL}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\,x\,E}{322{,}2145593}$$

$$= 18{,}9932363 \text{ MPa}$$

iii. Jenis tekuk

$$\frac{KL}{ry} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$322{,}2145593 \leq 4{,}71\sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$322{,}2145593 \leq 133{,}2189176$$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2015) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk inelastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

iv. Tegangan kritis

$$Fcr = 0{,}877 \text{ x } Fe$$

$$= 0{,}877 \text{ x } 18{,}9932363$$

$$= 16{,}65706824 \text{ MPa}$$

v. Kuat tekan rencana

$$\phi Pn = \phi \text{ x } Fcr \text{ x } Ag$$

$$= 0{,}9 \text{ x } 16{,}65706824 \text{ x } 4014 \text{ x } 10^{-3}$$

$$= 60{,}17532471 \text{ kN}$$

d) Tekuk torsi (TB)

i. Konstanta pembengkokan

$$Cw = \frac{Iy\ x\ {h_0}^2}{4}$$

$$= \frac{5630000\ x\ 130^2}{4}$$

$$= 23786750000$$

ii. Konstanta torsi

$$J = \frac{1}{3}\ x\ [(2\ x\ tf^3\ x\ b) + (tw^3\ x\ h_0)]$$

$$= \frac{1}{3}\ x\ [(2\ x\ 10^3\ x\ 150) + (7^3\ x\ 130)]$$

$$= 114863{,}333\ mm^4$$

iii. Tegangan tekuk

$$Fe = \left[\left(\frac{\pi^2\ x\ E\ x\ Cw}{(KL)^2}\right) + (G\ x\ J)\right] x\ \frac{1}{Ix+Iy}$$

$$= \left[\left(\frac{\pi^2\ x\ 200000\ x\ 23786750000\ x\ 10^{13}}{(1\ x\ 12083{,}04597)^2}\right) + (77200 \text{ x } 114863{,}333)\right] x\ \frac{1}{16400000 + 5630000}$$

$$= 417{,}1003335 \text{ MPa}$$

iv. Jenis tekuk

$$\frac{K\ L}{ry} \leq 4{,}71\ \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$322{,}2145593 \leq 4{,}71\ \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$322{,}2145593 \leq 133{,}2189176$$

Karena rasio kelangsingan batang lebih kecil dari batas tekuk elastis, menurut SNI 1729 (2015) pasal E3 jenis tekuk masuk dalam tekuk elastis sehingga nilai Fcr dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

v. Tegangan kritis

$$F_{cr} = (0{,}658)^{\frac{Fy}{Fe}}\ x\ Fy$$

$$= (0{,}658)^{\frac{250}{417{,}1003335}}\ x\ 250$$

$$= 365{,}7969925 \text{ MPa}$$

vi. Kuat tekan rencana

$\phi Pn = \phi \times Fcr \times Ag$

$= 0{,}9 \times 365{,}7969925 \times 4014 \times 10^{-3}$

$= 1321{,}478215$ kN

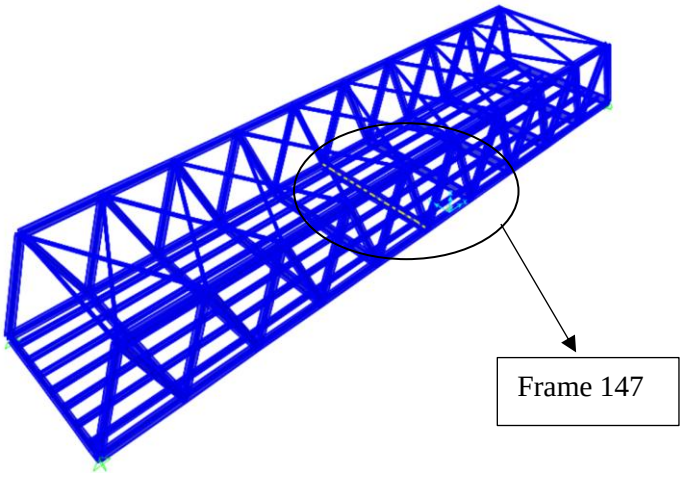
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kuat tekan yang digunakan adalah hasil dari perhitungan kondisi batas FB yaitu ϕPn = 1321,478215 kN

e) Cek keamanan profil

ϕPn	>	Pu	
1321,478215	>	13,512	(Aman)

e. Gelagar melintang

Pada analisis *SAP 2000* didapatkan momen lengkung pada *frame* 147 sebesar 4965,0524 kNm. Berdasarkan perhitungan 5.1.3, didapatkan kapasitas momen profil W920x390 sebesar kNm sehingga dapat dikatakan sebagai berikut.



Gambar 5. 52 Detail Posisi *Frame 14*

Cek profil gelagar melintang

ϕMn	>	Mu	
6642	>	4965,0524	(Aman)

f. Rekapitulasi desain profil rangka utama

Hasil desain profil rangka utama dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Rangka Utama

Batang	Jenis Gaya	Beban, Pu (kN)	Profil Batang	Kuat Batang, ϕPn (kN)	Kontrol Pu < ϕPn
Atas	Tekan	8394,605	W14x283	11388,40	AMAN
Bawah	Tarik	6188,915	W14x233	9943,52	AMAN
Diagonal	Tekan	4266,169	W14x193	6570,82	AMAN
	Tarik	3891,837		8245,14	AMAN
Ikatan Angin	Tekan	13,512	IWF 150x150x7x10	1321,48	AMAN

5.1.6 Sambungan rangka

Sambungan yang digunakan pada perencanaan Jembatan Perning Kloji adalah jenis sambungan. Batang – batang yang disambung akan bertumpu pada pelat buhul. Konfigurasi baut pada setiap elemen yang disambung direncanakan dipasang dalam dua baris. Adapun sambungan yang dihitung adalah sebagai berikut.

1. Sambungan batang atas

   Gaya aksial untuk perencanaan sambungan diambil dari hasil analisis *SAP 2000* pada batang atas sebesar Pu = 8394,605 kN. Perhitungan sambungan batang atas dapat dilihat pada langkah-langkah dibawah ini.

   Tipe baut = A3490
   Kuat tarik nominal baut (Fnt) = 1035 MPa
   Kuat geser nominal baut (Fnv) = 825 MPa
   Diameter baut (db) = 36 mm
   Diameter baut (dh) = 38 mm
   Tebal pelat buhul (tp) = 15 mm
   Tebal pelat badan (tpb) = 10 mm

   a. Luas penampang baut

      Ab $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ db^2$

$= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 36^2$

$= 1017{,}876\ mm^2$

b. Kuat geser satu baut

ϕRn = 0,75 x Fnv x Ab

= 0,75 x 825 x 1017,876

= 629,811 kN

c. Jumlah baut

nb $= \frac{Pu}{\phi Rn}$

$= \frac{8394{,}605}{629{,}811}$

= 19,498 buah

≈ 20 buah

d. Jarak spasi minimum baut

Baut dipasang sebanyak 16 buah pada pelat sayap dan 6 buah baut pada pelat badan

1) Pelat sayap

s = 3 x db

= 3 x 36

= 108 mm

≈ 110 mm

st $= \frac{1}{2}\ x\ s$

$= \frac{1}{2}\ x\ 110$

= 55 mm > 38 mm OK

2) Pelat badan

s = 3 x db

= 3 x 36

= 108 mm

≈ 100 mm

st $= \frac{1}{2}\ x\ s$

$= \frac{1}{2}\ x\ 110$

= 55 mm > 38 mm OK

e. Kuat tumpu batang Tarik

1) Pelat sayap

Pola keruntuhan kuat tumpu pada pelat sayap dapat dihitung dengan langkah berikut ini

lc_1 = st – (0,5 x dh)

= 55 – (0,5 x 38)

= 36 mm

lc_1 = s – (2 x 0,5 x dh)

= 100 – (2 x 0,5 x 38)

= 72 mm

Rn_1 = 1,2 x lc_1 x tf x fu ≤ 2,4 x db x tf x fu

= 1,2 x 36 x 53 x 400 ≤ 2,4 x 36 x 53 x 400

= 915,84 ≤ 1831,68

Rn_1 = 915,84 kN

Rn_2 = 1,2 x lc_2 x tf x fu ≤ 2,4 x db x tf x fu

= 1,2 x 72 x 53 x 400 ≤ 2,4 x 36 x 53 x 400

= 1831,68 ≤ 1831,68

Rn_2 = 1831,68 kN

2) Pelat badan

Pola keruntuhan kuat tumpu pada pelat badan dapat dihitung dengan langkah berikut ini.

lc_3 = st – (0,5 x dh)

= 55 – (0,5 x 38)

= 36 mm

lc_4 = s – (2 x 0,5 x dh)

= 100 – (2 x 0,5 x 38)

= 72 mm

Rn_3 = 1,2 x lc_3 x tw x fu ≤ 2,4 x db x tw x fu

= 1,2 x 36 x 33 x 400 ≤ 2,4 x 36 x 33 x 400

= 570,240 ≤ 1140,48

Rn_3 = 570,240 kN

Rn_4 = 1,2 x lc_3 x tw x fu ≤ 2,4 x db x tw x fu

= 1,2 x 72 x 33 x 400 ≤ 2,4 x 36 x 33 x 400

= 1140,48 ≤ 1140,48

Rn_4 = 1140,48 kN

Adapun nilai kuat tumpu rencana adalah sebagai berikut.

ϕRn = 0,75 x (n x Rn_1 + n x Rn_2 + n x Rn_3 + n x Rn_4)

= 0,75 x (4 x 915,84 + 12 x 1831,68 + 2 x 570,240 + 4 x 1140,48)

= 21798,72 kN

f. Kuat balok geser

1) Pelat sayap

Pola keruntuhan blok geser pada pelat sayap dapat dihitung dengan langkah berikut ini.

Agv = 385 x 53

= 20405 mm^2

Agt = 250 x 53

= 13250 mm^2

Anv = (2 x Agv) – (n x dh x tf)

= (2 x 20405) – (2,5 x 38 x 53)

= 33761 mm^2

Ant = Agt – (n x dh x tf)

= 13250 – (0,5 x 38 x 53)

= 12243 mm^2

Ubs = 1

Rnf_{sayap} = (0,6 x Fu x Anv) + (Ubs x Fu x Ant)

= (0,6 x 400 x 33761) + (1 x 400 x 12243)

= 12999,84 kN

Rny_{sayap} = (0,6 x Fy x Agv) + (Ubs x Fu x Ant)

= (0,6 x 400 x 20405) + (1 x 400 x 12243)

= 7957,95 kN

2) Pelat badan

Pola keruntuhan blok geser pada pelat badan dapat dihitung dengan langkah berikut ini.

Agv = 250 x 33

= 13250 mm^2

Agt = 250 x 33

= 13250 mm^2

Anv = (2 x Agv) – (n x dh x tw)

= (2 x 13250) – (2,5 x 38 x 33)

= 21465 mm^2

Ant = Agt – (n x dh x tw)

= 13250 – (0,5 x 38 x 33)

= 12623 mm^2

Ubs = 1

Rnf_{badan} = (0,6 x Fu x Anv) + (Ubs x Fu x Ant)

= (0,6 x 400 x 21465) + (1 x 400 x 12623)

= 10200,8 kN

Rny_{badan} = (0,6 x Fy x Agv) + (Ubs x Fu x Ant)

= (0,6 x 250 x 13250) + (1 x 400 x 12623)

= 7036,7 kN

Kuat balok geser pada pelat sayap dan pelat badan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai terkecil dari keduanya.

Rnf_{Total} = 2 x Rnf_{sayap} + Rnf_{badan}

= 2 x 12999,84 + 10200,8

= 33957,63 kN

Rny_{Total} = 2 x Rny_{sayap} + Rny_{badan}

= 2 x 7957,95 + 7036,7

= 22952,600 kN

Diambil nilai Rn terkecil yaitu Rn = 22952,600 kN

ϕRn = 0,75 x Rn

= 0,75 x 22952,600

= 17214,45 kN

Hasil perhitungan kekuatan sambungan pada batang atas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Kekuatan Sambungan Atas

No	Jenis	ϕRn (kN)
1	Kuat geser baut	12596,21574
2	Kuat tumpu pelat	21798,72
3	Kuat balok geser	17214,45
	ϕRn pakai	12596,21574

ϕRn > Pu

12596,21574 > 8394,605

2. Sambungan batang diagonal

Gaya aksial untuk perencanaan sambungan diambil dari hasil analisis *SAP 2000* pada batang atas sebesar Pu = 4266,17 kN. Perhitungan sambungan batang atas dapat dilihat pada langkah-langkah dibawah ini.

Tipe baut = A3490

Kuat tarik nominal baut (Fnt) = 1035 MPa

Kuat geser nominal baut (Fnv) = 825 MPa

Diameter baut (db) = 30 mm

Diameter baut (dh) = 33 mm

Tebal pelat buhul (tp) = 15 mm

Tebal pelat badan (tpb) = 10 mm

a. Luas penampang baut

Ab $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ db^2$

$= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 30^2$

$= 706{,}858\ mm^2$

b. Kuat geser satu baut

ϕRn = 0,75 x Fnv x Ab

= 0,75 x 825 x 706,858

= 437,369 kN

c. Jumlah baut

nb $= \frac{\phi \text{ Pn}}{\phi \text{Rn}}$

$= \frac{4266,17}{437,369}$

= 9,283 buah

≈ 12 buah

d. Jarak spasi minimum baut

Baut dipasang sebanyak 12 buah pada pelat sayap

Pelat sayap

s = 3 x db

= 3 x 30

= 90 mm

≈ 100 mm

st $= \frac{1}{2}\ x\ s$

$= \frac{1}{2}\ x\ 100$

= 50 mm > 38 mm OK

e. Kuat tumpu batang Tarik

Pelat sayap

Pola keruntuhan kuat tumpu pada pelat sayap dapat dihitung dengan langkah berikut ini

lc_1 = st – (0,5 x dh)

= 50 – (0,5 x 33)

= 33,5 mm

lc_1 = s – (2 x 0,5 x dh)

= 100 – (2 x 0,5 x 33)

= 67 mm

Rn_1 = 1,2 x lc_1 x tf x fu ≤ 2,4 x db x tf x fu

= 1,2 x 33,5 x 37 x 400 ≤ 2,4 x 30 x 37 x 400

= 369,84 ≤ 1065,6

Rn_1 = 369,84 kN

Rn_2 = 1,2 x lc_2 x tf x fu ≤ 2,4 x db x tf x fu

= 1,2 x 67 x 37 x 400 ≤ 2,4 x 30 x 37 x 400

= 1189,93 ≤ 1065,6

Rn_2 = 1065,6 kN

Adapun nilai kuat tumpu rencana adalah sebagai berikut.

ϕRn = 0,75 x (n x Rn_1 + n x Rn_2)

= 0,75 x (4 x 369,84 + 8 x 1065,6)

= 7503,12 kN

f. Kuat blok geser

Pelat sayap

Pola keruntuhan blok geser pada pelat sayap dapat dihitung dengan langkah berikut ini.

Agv = 250 x 37

= 9250 mm^2

Agt = 250 x 37

= 9250 mm^2

Anv = (2 x Agv) – (n x dh x tf)

= (2 x 9250) – (2,5 x 33 x 37)

= 15447,5 mm^2

Ant = Agt – (n x dh x tf)

= 9250 – (0,5 x 33 x 37)

= 8639,5 mm^2

Ubs = 1

Rnf_{sayap} = (0,6 x Fu x Anv) + (Ubs x Fu x Ant)

= [(0,6 x 400 x 154447,5) + (1 x 400 x 8639,5)] x10^{-3}

= 3707,4 kN

Rny_{sayap} = (0,6 x Fy x Agv) + (Ubs x Fu x Ant)

= (0,6 x 250 x 9250) + (1 x 400 x 8639,5)x10^{-3}

= 4843,3 kN

Kuat blok geser pada pelat sayap dijumlahkan untuk mendapatkan nilai terkecil dari keduanya.

Rnf_{Total} = 2 x Rnf_{sayap}

= 2 x 3707,4

= 7414,8 kN

Rny_{Total} = 2 x Rny_{sayap}

= 2 x 4843,3

= 9686,6 kN

Diambil nilai Rn terkecil yaitu Rn = 7414,8 kN

ϕRn = 0,75 x Rn

= 0,75 x 7414,8

= 5561,1 kN

Hasil perhitungan kekuatan sambungan pada batang diagonal dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 14 Kekuatan Sambungan Bawah

No	Jenis	ϕRn (kN)
1	Kuat geser baut	5248,423
2	Kuat tumpu pelat	7503,12
3	Kuat balok geser	5561,1
	ϕRn pakai	5248,423

ϕRn > Pu

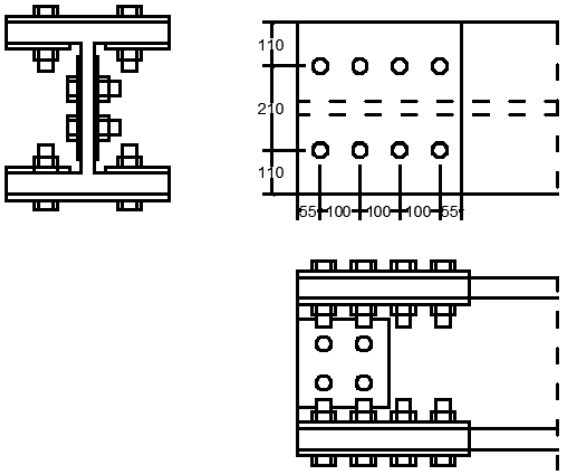
5248,423 > 4060,31

Perhitungan kekuatan sambungan baut pada batang yang lain dilakukan dengan langkah yang sama. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel rekapitulasi berikut ini.

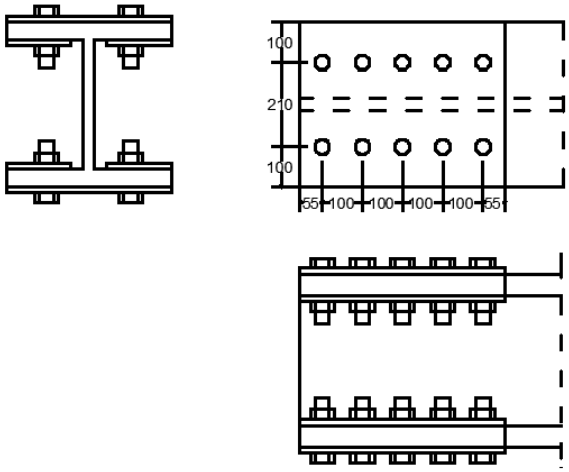
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Sambungan Baut

Batang	Gaya Aksial	Dia. Baut	Kuat Geser Satu Baut	Jumlah Baut	Kekuatan sambungan			Kontrol
					Kuat geser baut	Kuat tumpu pelat	Kuat blok geser	
	Pu	Ø	ϕRn	n	ϕRn	ϕRn	ϕRn	
Atas	8394,605	36	629,811	20	12596,216	21798,720	17214,450	Aman
Bawah	6188,915	36	629,811	18	11336,594	14791,680	11564,850	Aman
Diagonal	3891,837	30	437,369	12	5248,423	8178,480	7264,950	Aman
Ikatan angin	13,512	16	68,914	8	551,312	885,600	666,000	Aman
Gel. Melintang	1108,412	30	242,276	6	1453,654			Aman

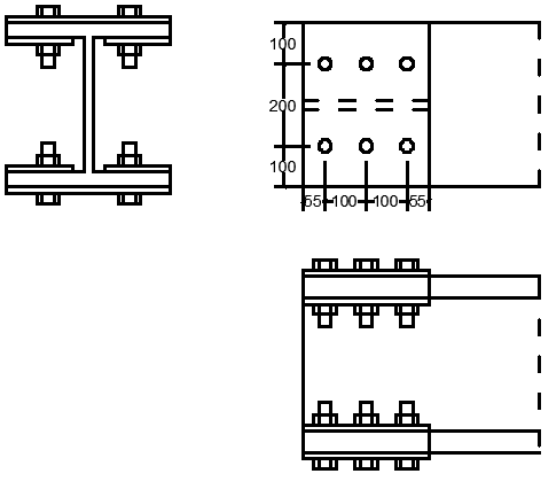
Detail dari tiap sambungan dapat dilihat dari Gambar 5.40 – 5.43 berikut.



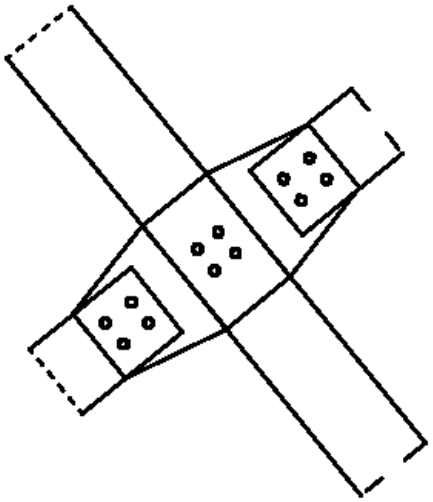
Gambar 5. 53 Detail Sambungan Batang Atas



Gambar 5. 54 Detail Sambungan Batang Bawah



Gambar 5. 55 Detail Sambungan Batang Diagonal



Gambar 5. 56 Detail Sambungan Ikatan Angin

5.2 Pembahasan

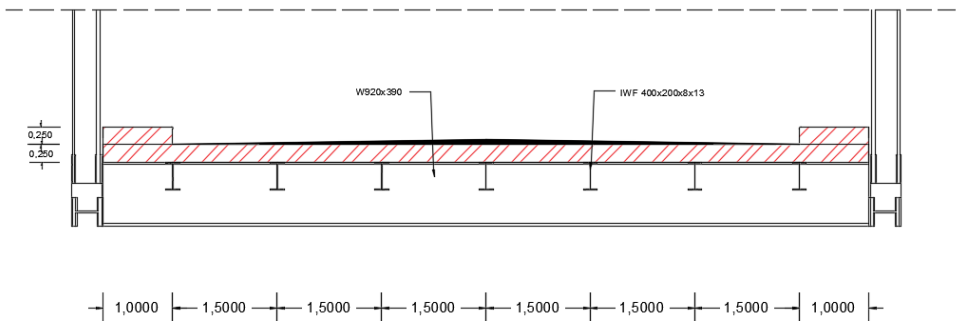
Struktur atas jembatan dirancang berdasarkan besar beban yang telah dihitung pada sub bab 5.1. Semua analisis dan pada perhitungan struktur atas dilakukan dengan menggunakan metode LRFD yang telah dibahas pada bab 3 sebelumnya, sehingga komponen kekuatan pada struktur atas dapat dipastikan dapat menahan beban yang diterima.

5.2.1 Pelat Lantai

Pelat lantai jembatan direncanakan menggunakan beton bertulang dengan mempertimbangkan faktor beban maksimum, sehingga desain penulangan yang digunakan diharapkan mampu menahan beban yang bekerja secara optimal, detail pelat lantai dapat dilihat pada lampiran 1.

5.2.2 Gelagar jembatan

Profil dan dimensi gelagar jembatan yang direncanakan didapatkan dari nilai kapasitas lentur dan kapasitas geser paling besar dari hasil analisis beban, sehingga dimensi profil yang digunakan seragam yang tentu akan mempermudah proses pekerjaan, detail gelagar jembatan dapat dilihat pada lampiran 1.

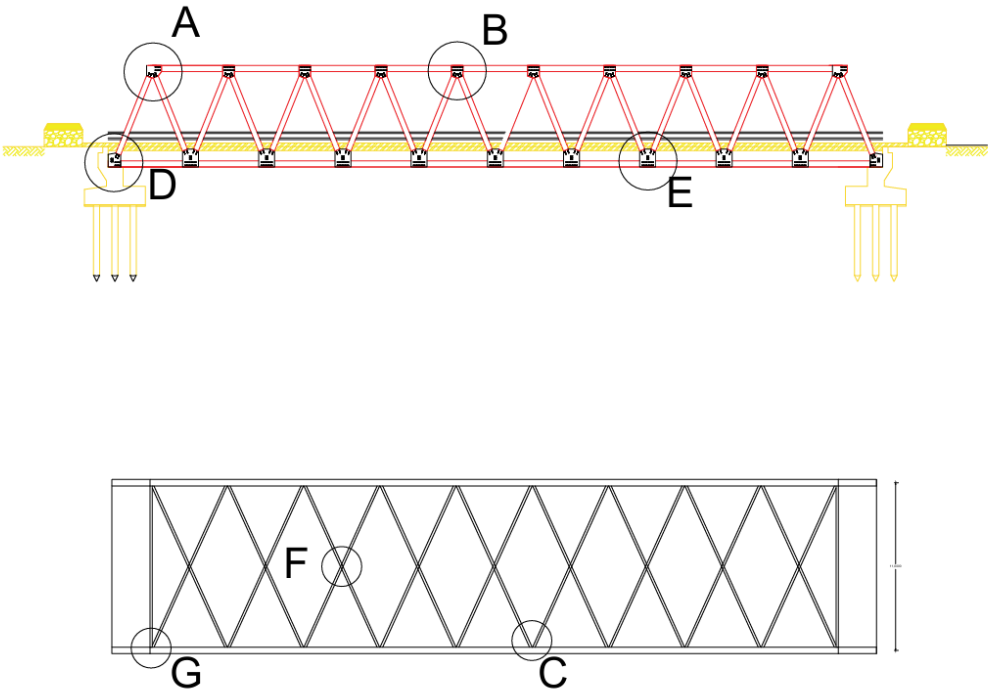


Gambar 5. 57 Gelagar Jembatan

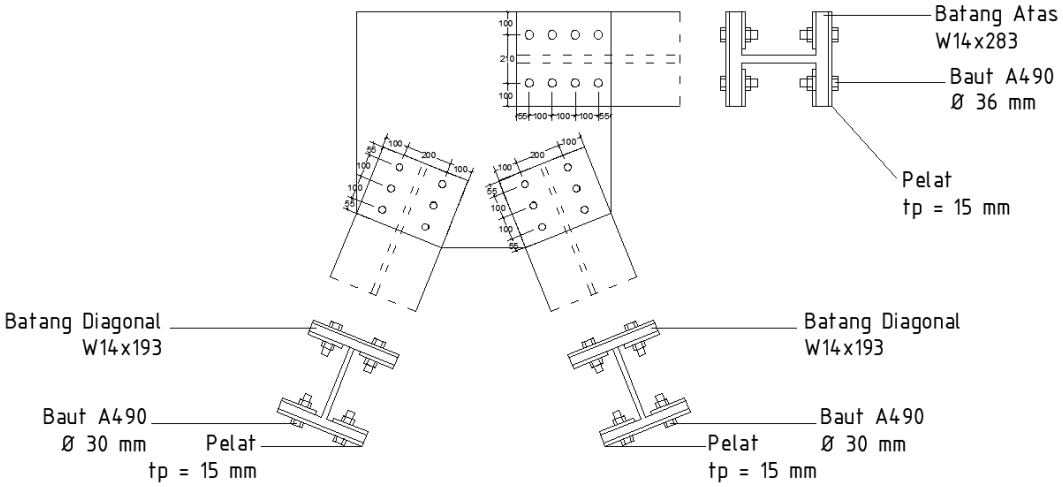
5.2.3 Rangka jembatan

Rangka utama dan ikatan angin didesain berdasarkan kapasitas tarik dan kapasitas tekan. Adapun pemilihan profil dan dimensi pada rangka utama juga didasarkan pada nilai kapasitas tarik dan tekan terbesar dari hasil analisis beban. Profil baja yang digunakan adalah tipe IWF dan W dengan dimensi tinggi dan lebar yang sama. Penggunaan profil IWF dan W dengan ukuran dimensi tinggi dan lebar yang sama diharapkan dapat meningkatkan luas penampang untuk tarik dan tekan, sehingga mampu menahan beban yang bekerja secara optimal, detail rangka jembatan dapat dilihat pada lampiran 1.

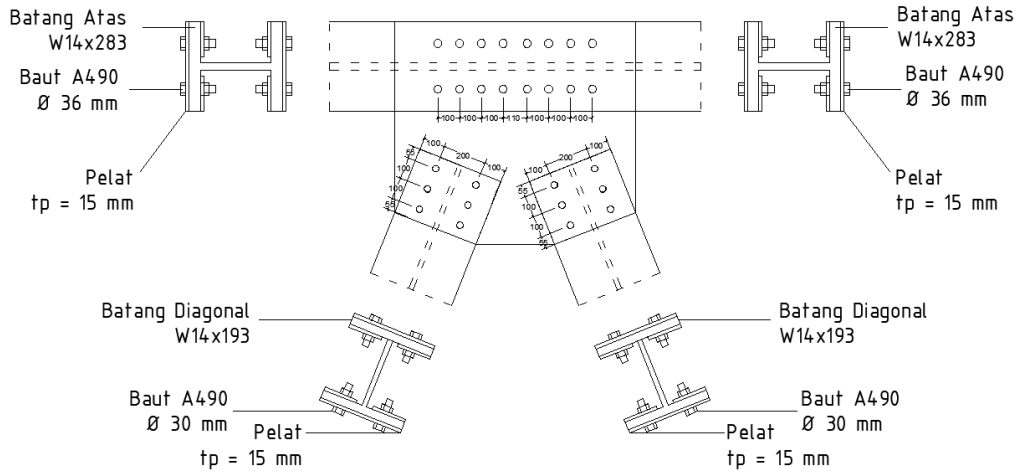
Sambungan dirancang menggunakan sistem sambungan baut. Pemilihan jenis sambungan ini didasarkan karena batang-batang pada sistem rangka baja hanya menghasilkan kapasitas tarik atau tekan saja, sehingga cukup digunakan sambungan yang sederhana. Tipe baut yang digunakan merupakan baut mutu tinggi A490 dan A325 dengan diameter lubang standar. Detail sambungan dapat dilihat pada lampiran 1 dan Gambar 5.45 – Gambar 5.46 berikut ini



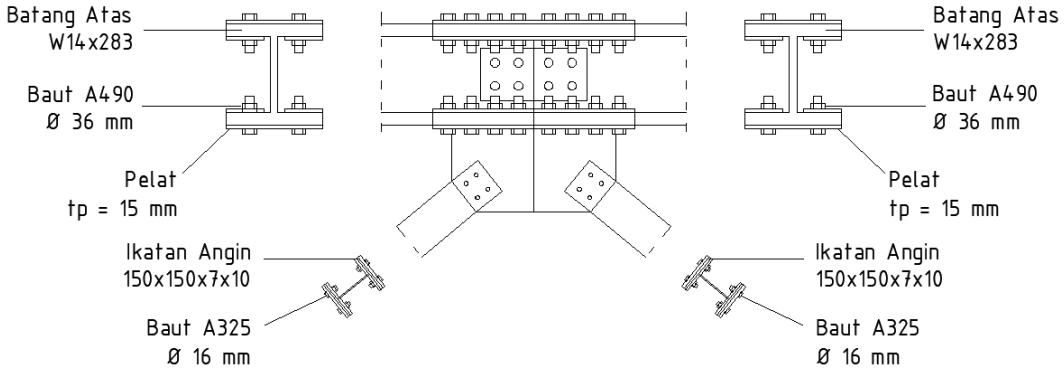
Gambar 5. 58 Kodefikasi Sambungan



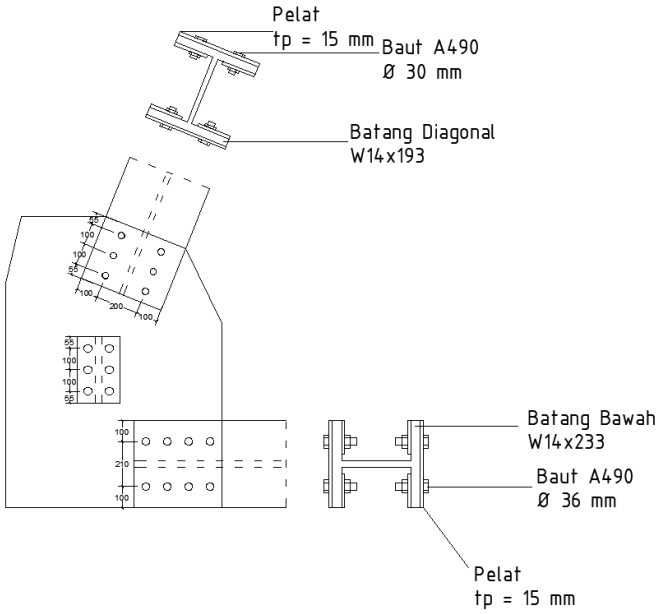
Gambar 5. 59 Detail Sambungan A



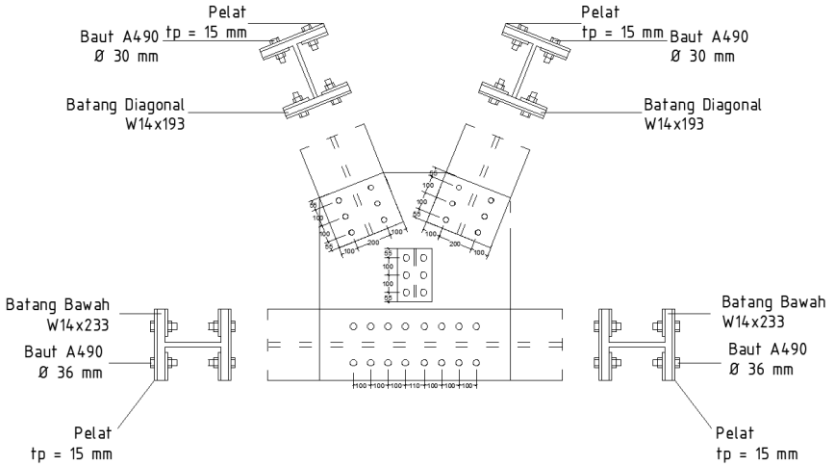
Gambar 5. 60 Detail Sambungan B



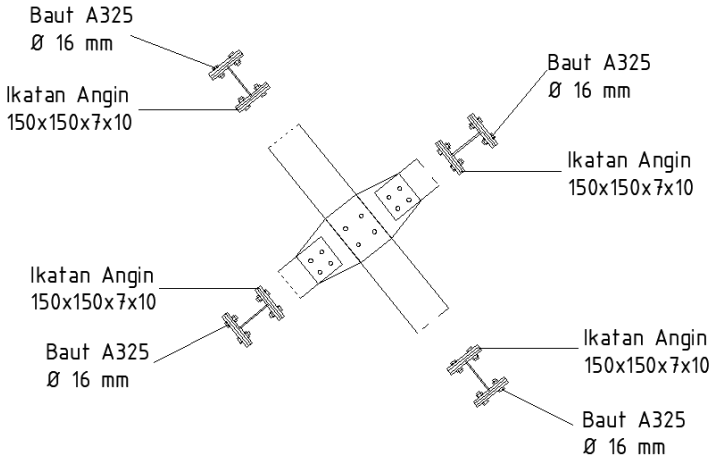
Gambar 5. 61 Detail Sambungan C



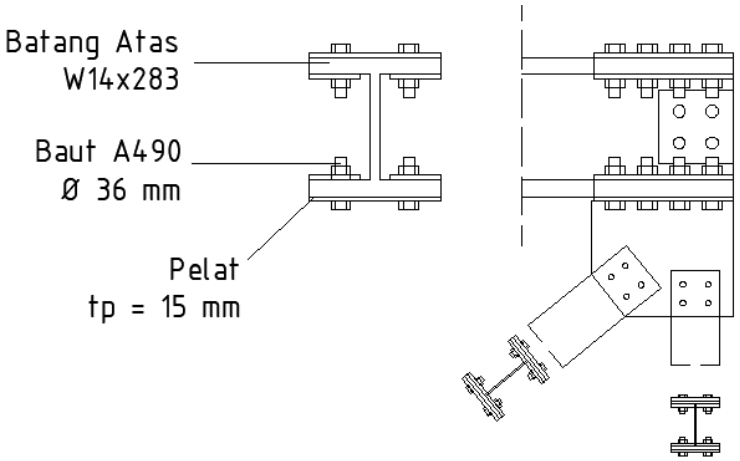
Gambar 5. 62 Detail Sambungan D



Gambar 5. 63 Detail Sambungan E



Gambar 5. 64 Detail Sambungan F



Gambar 5. 65 Detail Sambungan G

5.3 Rekapitulasi Hasil Analisis dan Perencanaan

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Gelagar

Gelagar	**Momen, Mu (kN/m)**	**Gaya geser, Vu (kN)**	**Profil Batang**	**Standar Profil**	**Kuat Batang, ϕMn (kN/m)**	**Kapasitas Geser, ϕVn (kN)**	**Kontrol Mu < ϕMn**
Gelagar Memanjang	377,6997969	199,2598375	IWF 800x200x8x13	JIS G 3101 SS400	796,960798	480	AMAN
Gelagar Melintang	4965,0524	1619,07	W920x390	AISC *shape v.16*	6642	4909,6926	AMAN

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Rangka Utama

Batang	Jenis Gaya	Beban, Pu (kN)	Profil Batang	Standar Profil	Kuat Batang, ϕPn (kN)	Kontrol Pu < ϕPn
Atas	Tekan	8394,605	W14x283	AISC *shape v.16*	11388,40	AMAN
Bawah	Tarik	6188,915	W14x233	AISC *shape v.16*	9943,52	AMAN
Diagonal	Tekan	4266,169	W14x193	AISC *shape v.16*	6570,82	AMAN
	Tarik	3891,837		AISC *shape v.16*	8245,14	AMAN
Ikatan Angin	Tekan	13,512	IWF 150x150x7x10	JIS G 3101 SS400	1321,48	AMAN

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Sambungan

Dia. Baut	Kuat Geser Satu Baut	Jumlah baut	Kekuatan sambungan		
			Kuat geser baut	Kuat tumpu pelat	Kuat blok geser
Ø	ϕRn	N	ϕRn	ϕRn	ϕRn
36	629,811	20	12596,216	21798,720	17214,450
36	629,811	18	11336,594	14791,680	11564,850
30	437,369	12	5248,423	8178,480	7264,950
16	68,914	8	551,312	885,600	666,000
30	242,276	6	1453,654	-	-

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan pada perencanaan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan

1. Perencanaan pelat lantai jembatan telah dilakukan dengan mempertimbangkan aspek keamanan dan kekuatan, sehingga mampu menahan beban yang direncanakan.
2. Pemilihan dan perencanaan profil baja untuk struktur atas jembatan telah memenuhi kriteria keamanan dan kekuatan sesuai dengan standar yang berlaku.
3. Perencanaan sambungan pada struktur atas jembatan telah disusun dengan mempertimbangkan kapasitas sambungan yang cukup untuk menahan beban rencana, sehingga memenuhi persyaratan keamanan dan struktural.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, adapun saran yang diusulkan guna melengkapi kekurangan yang ada dalam penelitian dan sebagai acuan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian untuk beberapa tipe jembatan yang lain guna mendapatkan alternatif jembatan yang paling efektif untuk digunakan.
2. Dalam penelitian ini tidak memperhitungkan struktur bawah seperti abutment dan fondasi, sehingga diperlukan penelitian menyeluruh terkait struktur utama jembatan.
3. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya, sehingga diperlukan perhitungan menyeluruh untuk mengestimasi biaya yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Adryana, V.N., Warsito dan Suprapto, B. (2019) “Studi Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Ake Toduku Halmahera Barat,” *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(2), hal. 208–215.

Aleksander, M.I. (2021) “Analisa Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sei Namuq Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat,” *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 11(2), hal. 237–248.

American Institute Of Steel Construction (2009) *Steel Construction Manual.*

Andriansyah, B. (2024) “Perencanaan Struktur Jembatan Panjang-Peganjaran Kabupaten Kudus Menggunakan Sistem Rangka Baja Tipe Warren.”

Badan Standarisasi Nasional (b) (2019) "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, " *SNI 1726:2019*, (8), hal. 254

Bina Marga (2016). Pembebanan untuk jembatan. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta

Bina Marga (2017). Perencanaan Jembatan Perning Kloji cs Tahun 2017. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. Jawa Timur

Bridge, C. A. P. K. Optimalisasi Beton Prategang PCI Girder Pada Jembatan Perning Kloji, Mojokerto, menggunakan Metode *Artifical Neural Network (Optimization of PCI Girder Prestressed)*

Chen, W.-F. dan Duan, L. *Bridge Engineering Handbook, Second Edition.*

Chudley, R. dan Greeno, R. (2021) *Bridge Engineering Handbook 2th, Building Construction Handbook.*

Direktorat Jendral Bina Marga (2005) "Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A dan B, ” hal. 180.

Direktorat Jendral Bina Marga (2014) *Panduan Praktis Teknis Jembatan.*

Fathurrahman, I. (2022) “Perencanaan Struktur Jembatan Kiringan Menggunakan Rangka Baja Tipe Warren (Structural Planning Of Kiringan Bridge Using Warren Type Steel Frame).”

Gunawan, M.A.S. dan Nuranita, B. (2023) "Studi Pemodelan dan Analisis Jembatan Menggunakan Struktur Atas Komposit I Girder Dan Rangka Baja *Warren,"* hal. 168-173.

Handoyo, T. dan Masagala, A.A. (2018) "Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Sejiwan, Loano, Kabupaten Purworejo Dengan Menggunakan Rangka Baja *Type Warren Truss,”* (3), hal. 7-8.

Ir. Bambang Supriyadi, CES., D. (2019) *Jembatan.*

Jembatan, P. P. R. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. *Direktorat Bina Teknik.*

Laia, A. P. (2021). Evaluasi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Sei Wampu Kecamatan Stabat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *10*(1), 110-119.

Lilu, D.F. (2019) “Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe *Camelback* Truss Dengan Menggunakan Metode LRFD Di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu. Provinsi NTT.,” *e-journal Perencanaan Jembatan Rangka Baja*, 3(02), hal. 17–24.

Nasional, B.S. (2005) "Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan," hal. 1-140.

Nasional, S. (2005). *Standar pembebanan untuk jembatan.*

Naufal, D.I. (2024) “Perencanaan Jembatan Ciloseh Menggunakan Rangka Baja Tipe *Warren* (*Redesign Of Ciloseh Bridge Using Warren Type Steel Truss*).”

Nugroho, M.A. (2022) "Analisis Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe *K-Truss, Pratt Truss,* dan *Warren Upper structure Analysis Of Type K Truss, Pratt Truss, and Warren Truss Steel Bridge)."*

Rancangan Standarisasi Nasional. 2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan (RSNI-T-03-2005). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

Standar Nasional Indonesia. 2016. Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2016. Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833:2016). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

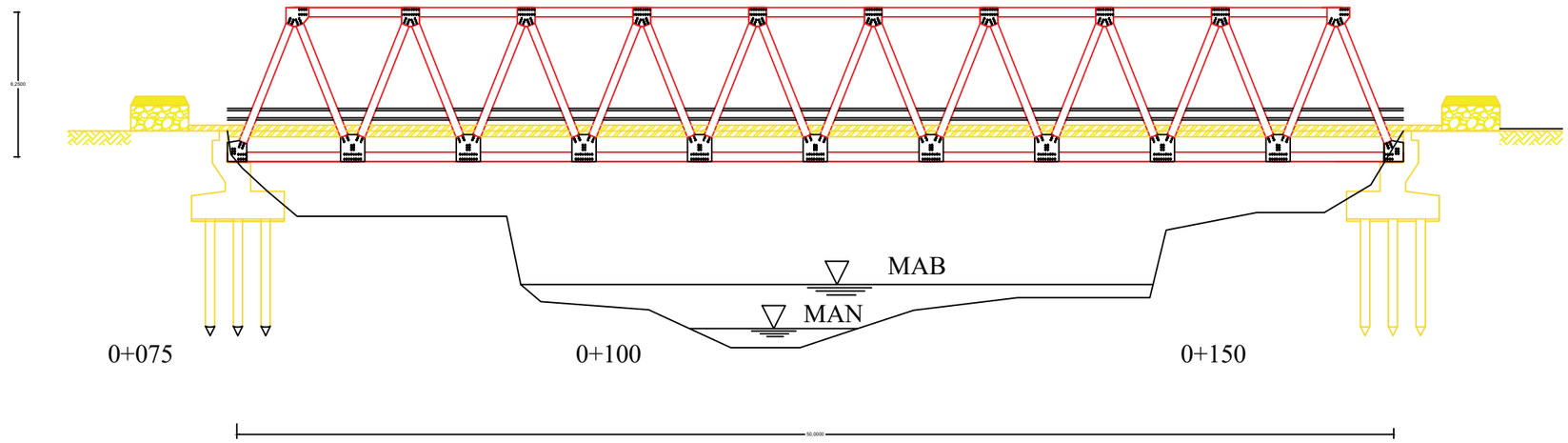
Syaidina, A., Itteridi, V. dan Edowinsyah (2021) “Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Dengan Bentang 62 Meter Tebat Gheban Kota Pagar Alam,” *Jurnal Ilmiah Bering’S,* 8(02), hal. 52–60.

Wasiati, Y. (2002) "Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe *Arch Bridge* Dengan Metode AASHTO-LRFD 1994."

Yoga, M. (2022) “Perencanaan Jembatan Kedungjati Menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe Warren (*Kedungjati Bridge Design With Upper Structure Steel Using Warren Type*),” hal. 1–193.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar detail struktur



POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

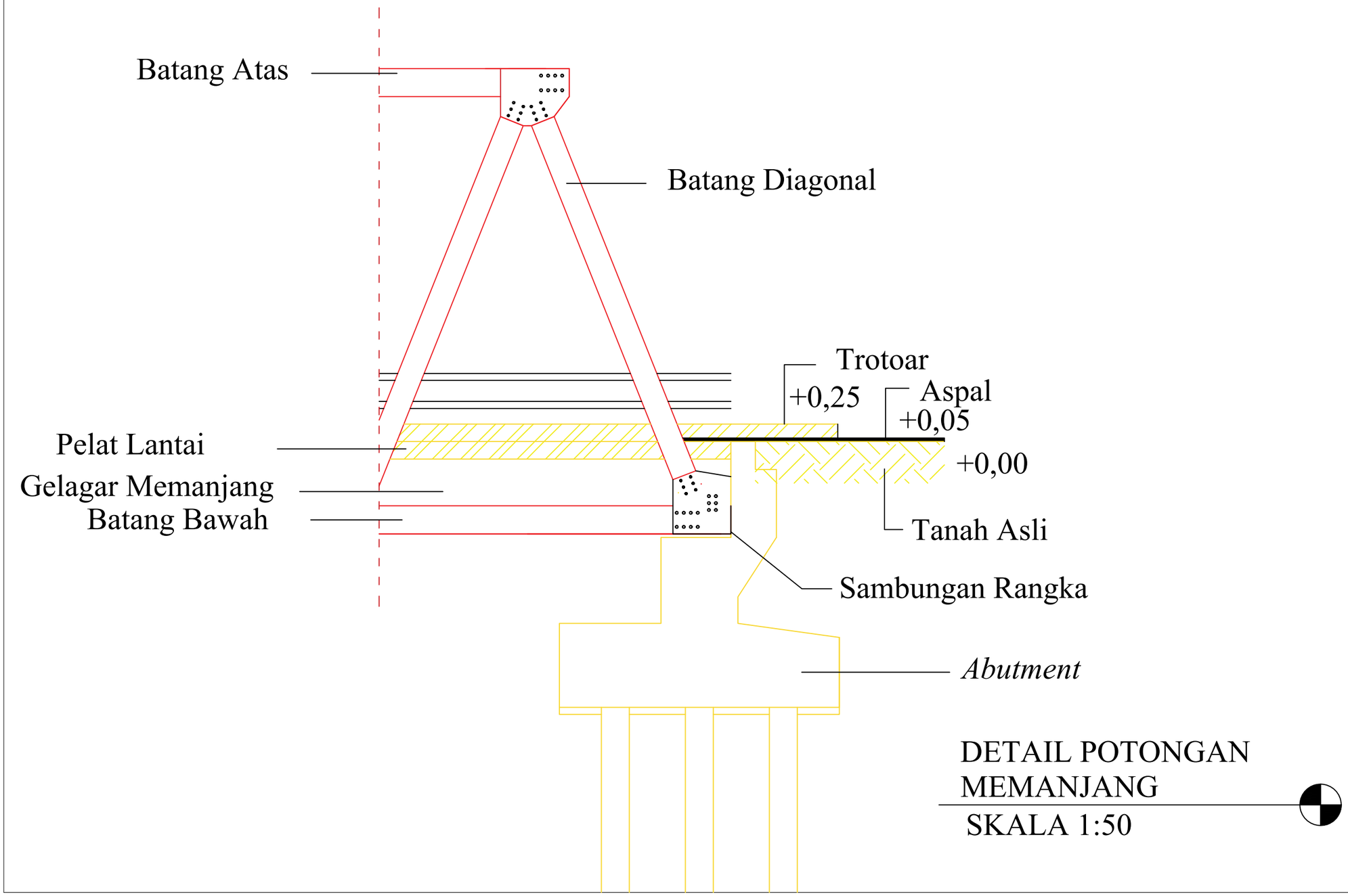
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN MEMANJANG

HALAMAN :



DETAIL POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

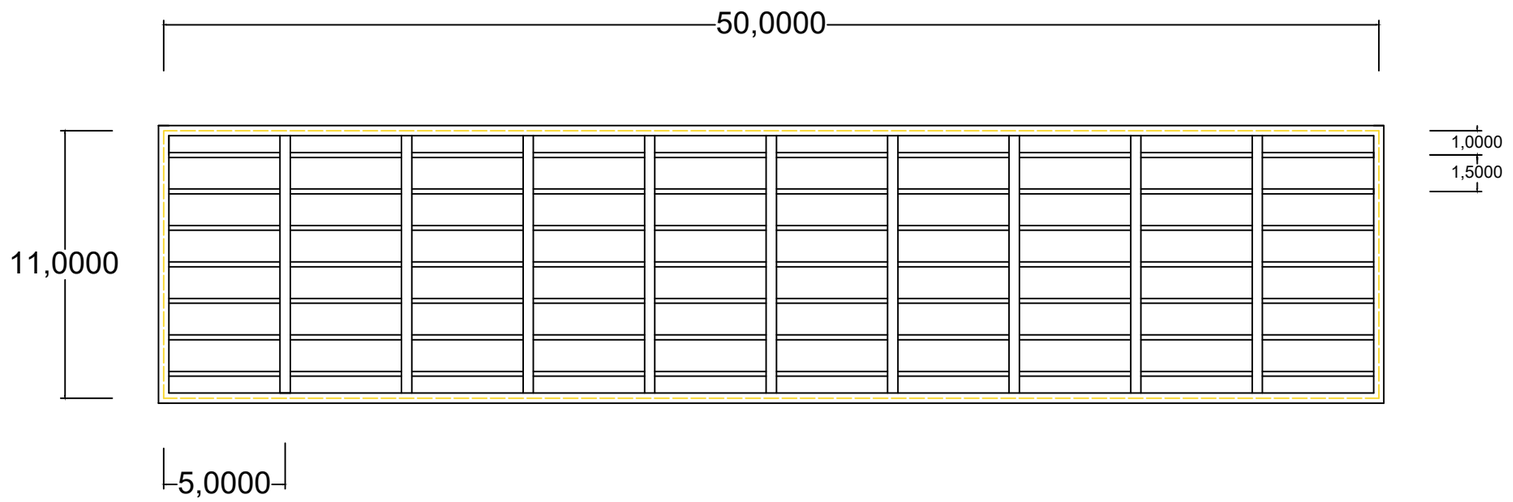
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL POTONGAN MEMANJANG

HALAMAN :



TAMPAK BAWAH

SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

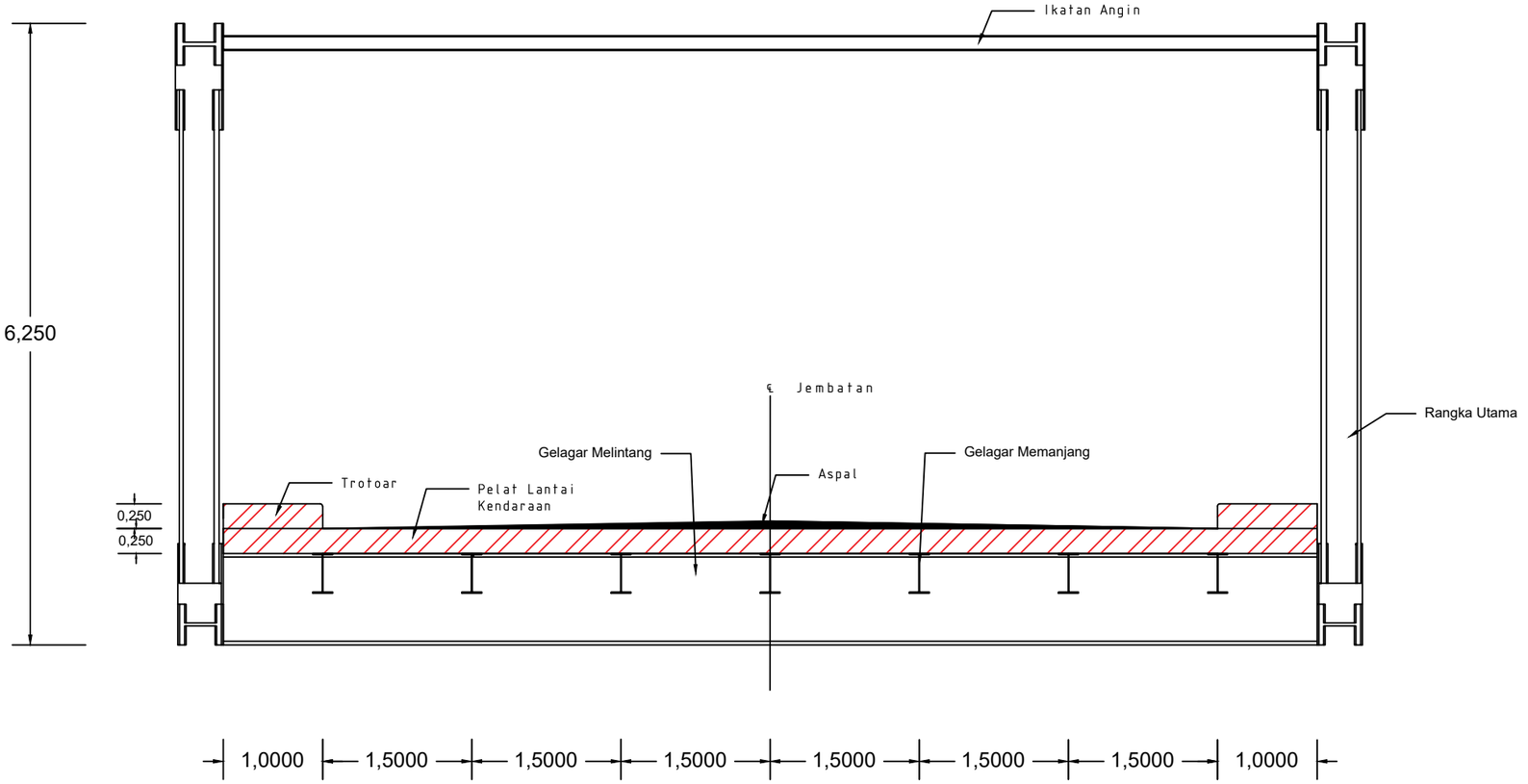
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK BAWAH

HALAMAN :



POTONGAN MELINTANG
SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

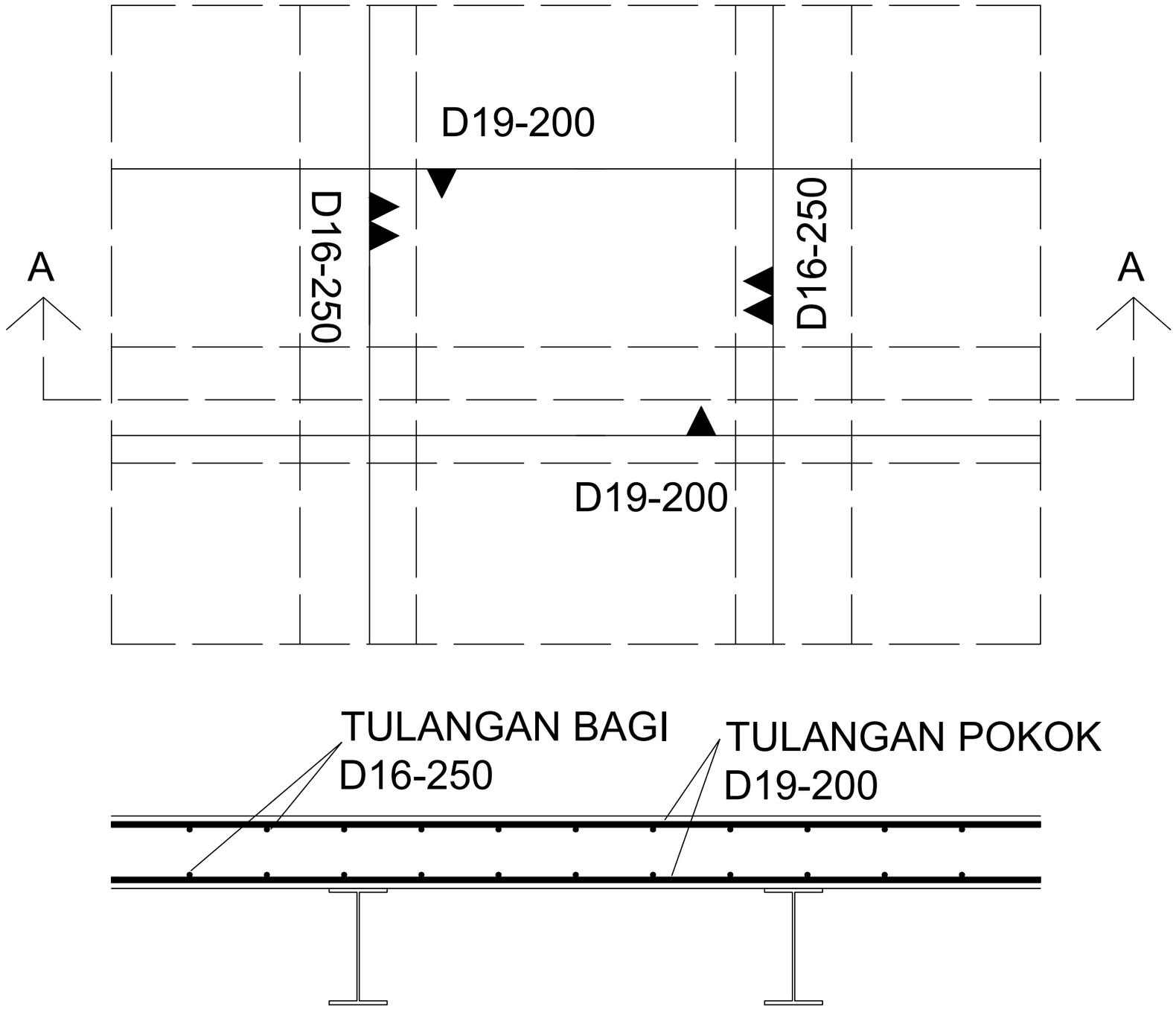
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN MELINTANG

HALAMAN :



PENULANGAN PELAT LANTAI KENDARAAN

SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

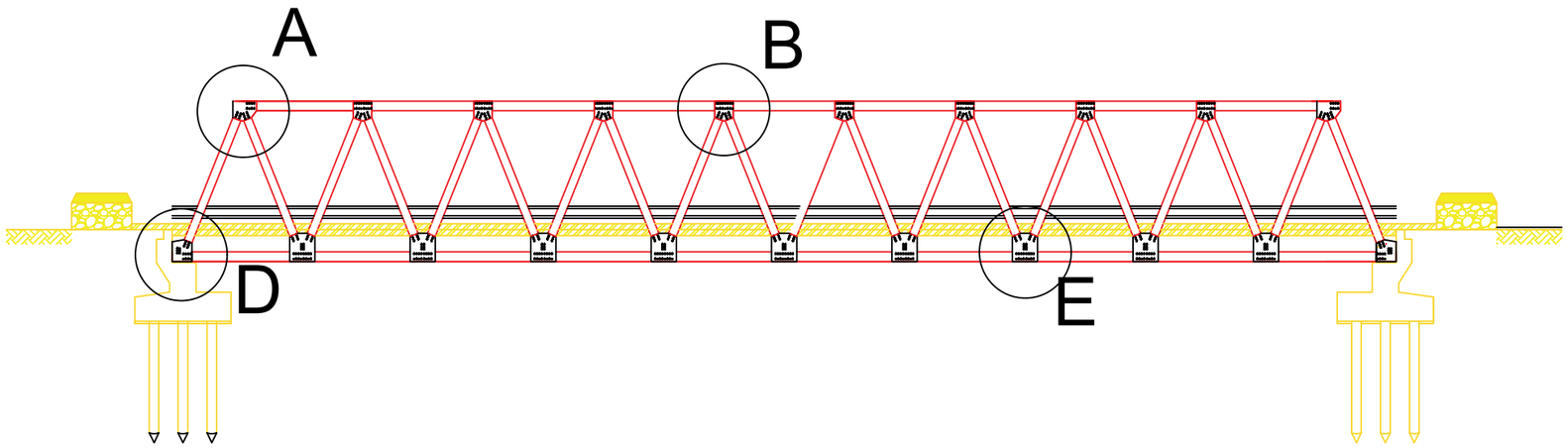
DIBUAT OLEH :

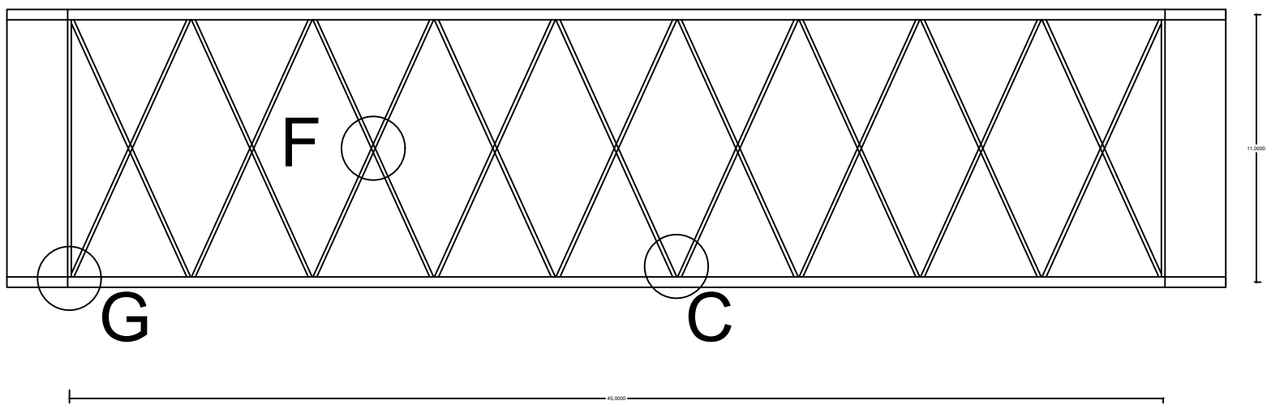
MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

PENULANGAN PELAT LANTAI KENDARAAN

HALAMAN :





KODEFIKASI SAMBUNGAN

SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

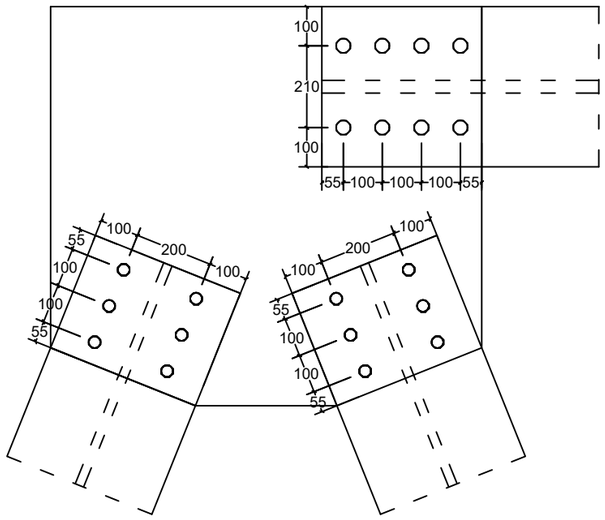
DIBUAT OLEH :

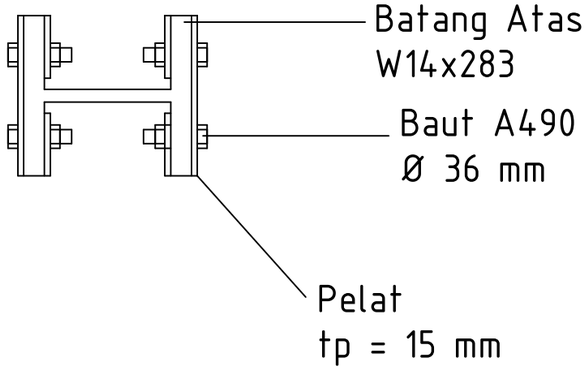
MAHAYANI FARHATUL A 20511266

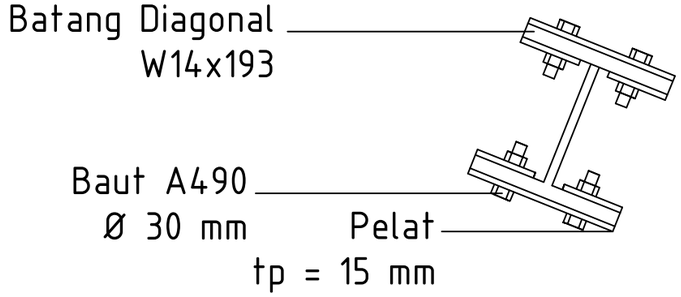
JUDUL GAMBAR :

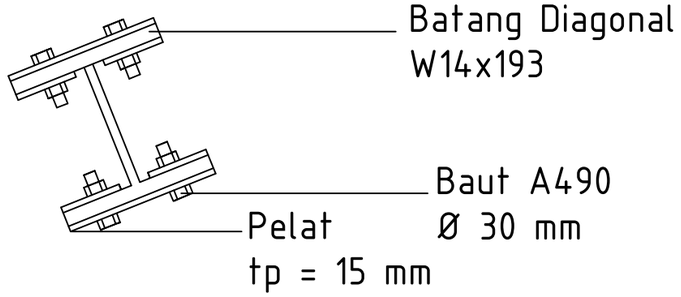
KODEFIKSAI SAMBUNGAN

HALAMAN :









DETAIL A

DETAIL SAMBUNGAN A
SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

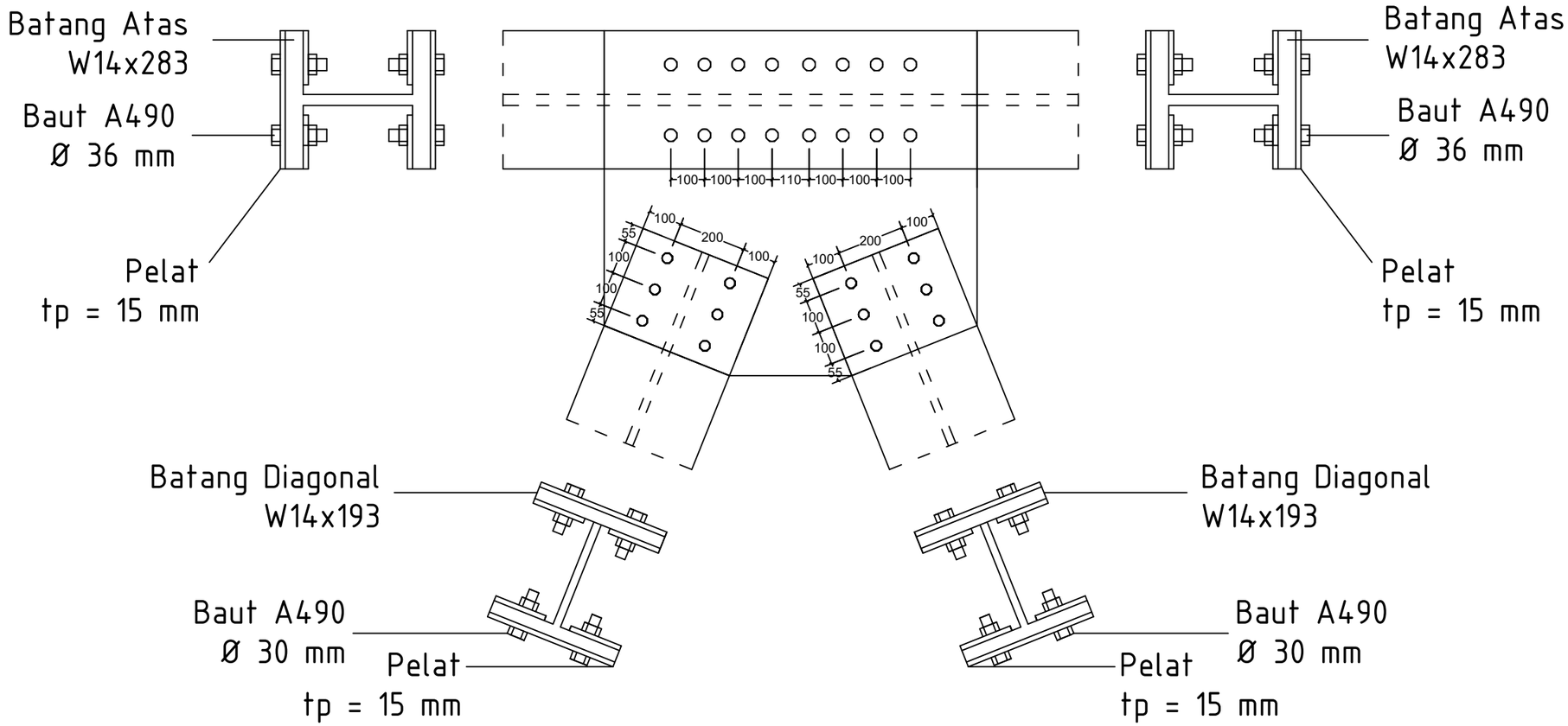
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN A

HALAMAN :



DETAIL B

DETAIL SAMBUNGAN B
SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

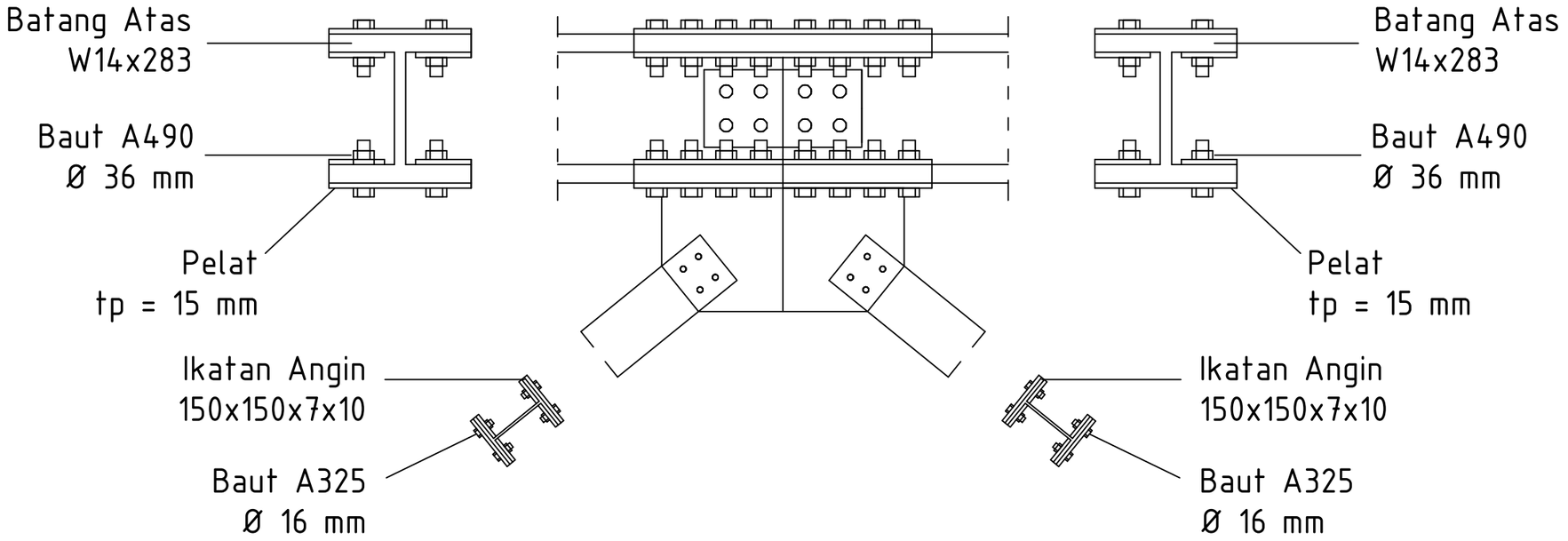
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN A

HALAMAN :



DETAIL C

DETAIL SAMBUNGAN C
SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

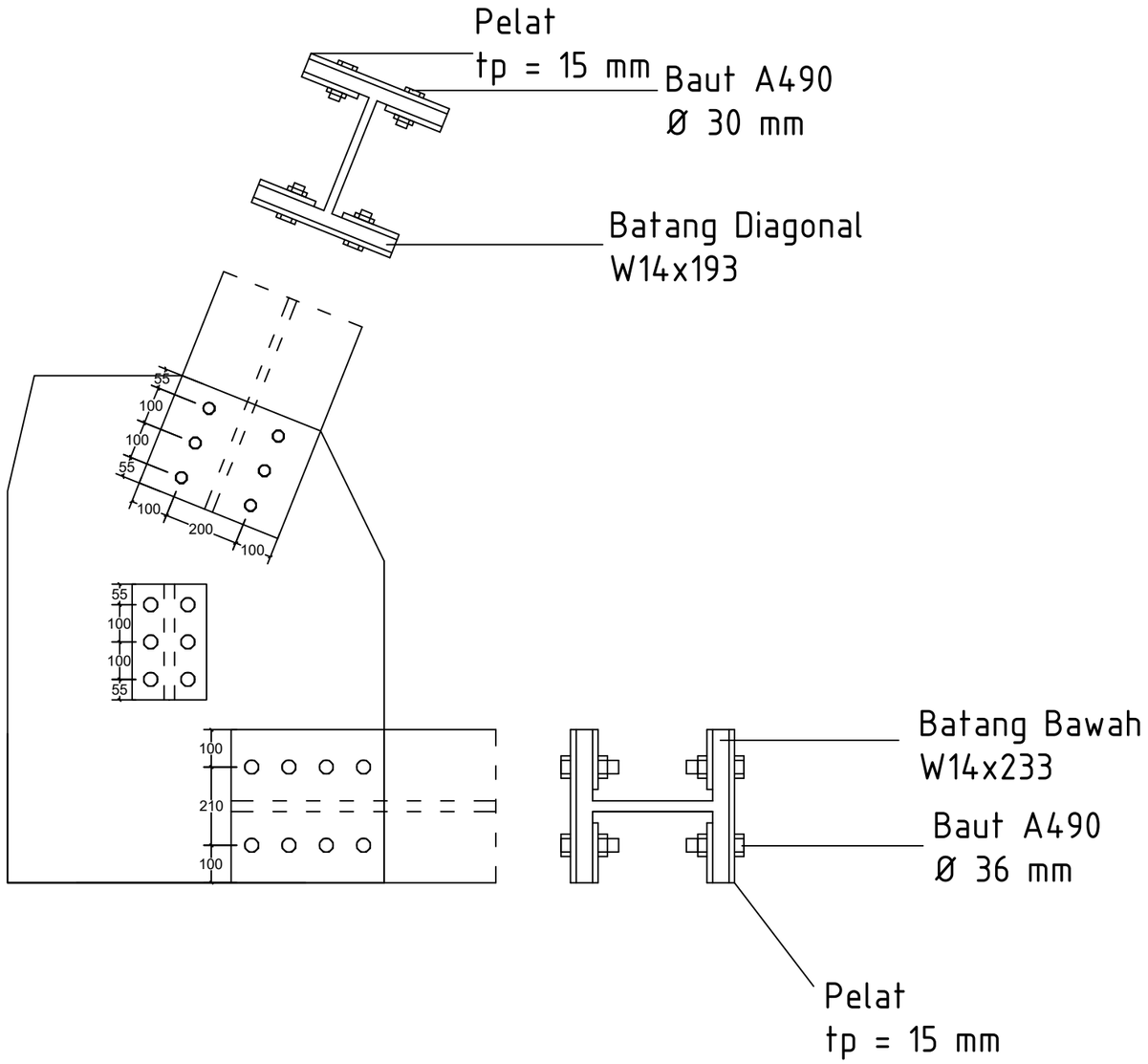
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN C

HALAMAN :



DETAIL D

DETAIL SAMBUNGAN D
SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

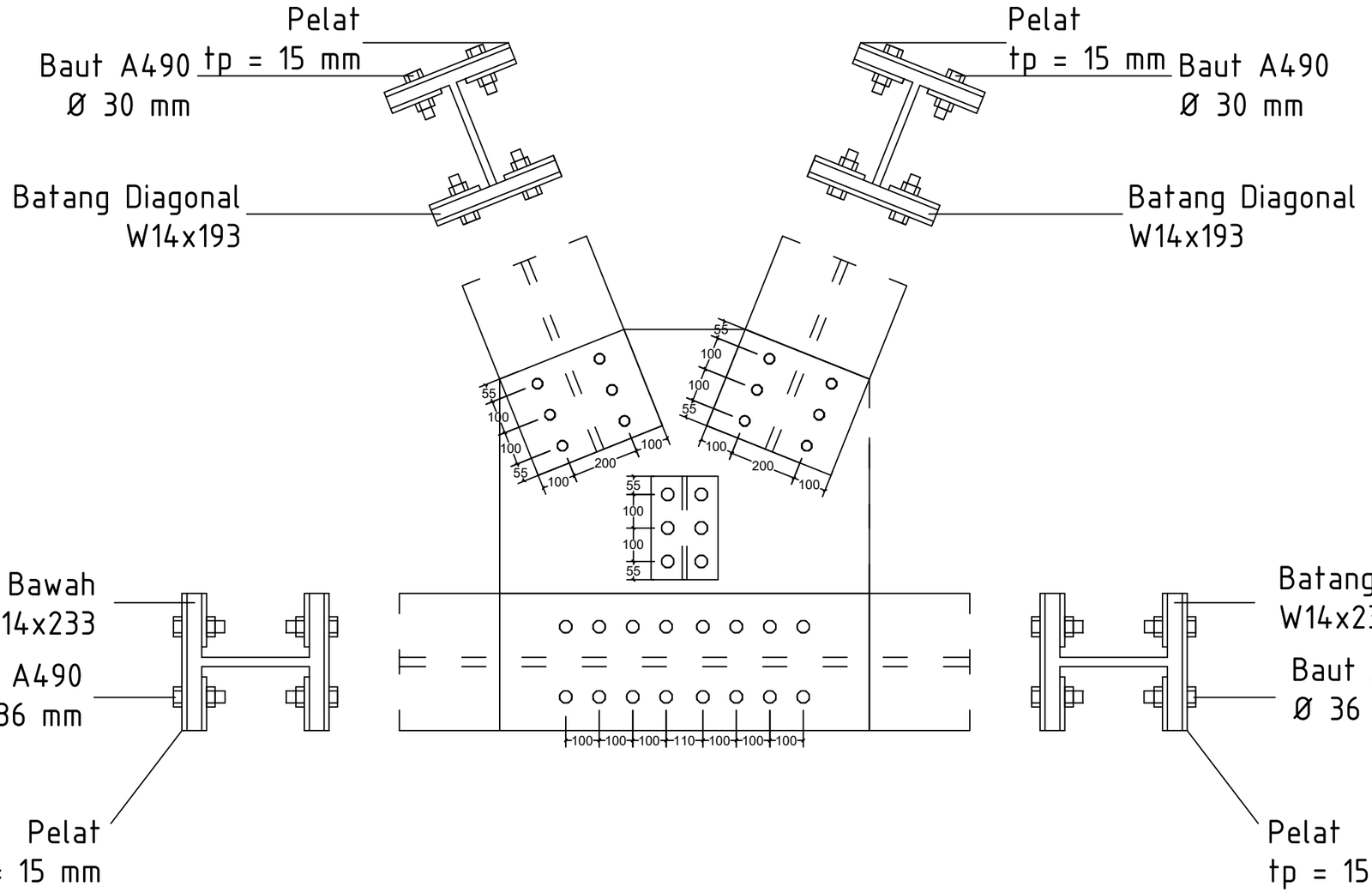
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN D

HALAMAN :



DETAIL E

DETAIL SAMBUNGAN E
SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

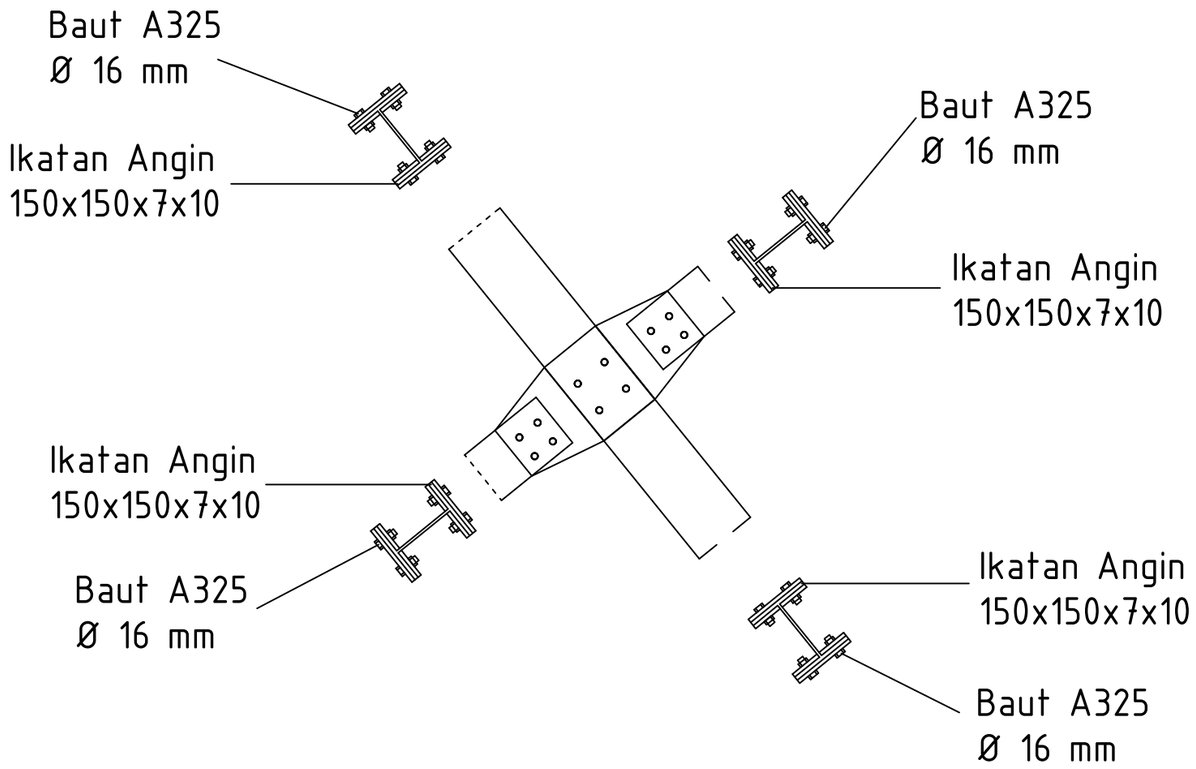
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN E

HALAMAN :



DETAIL F

DETAIL SAMBUNGAN F
SKALA 1:50

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

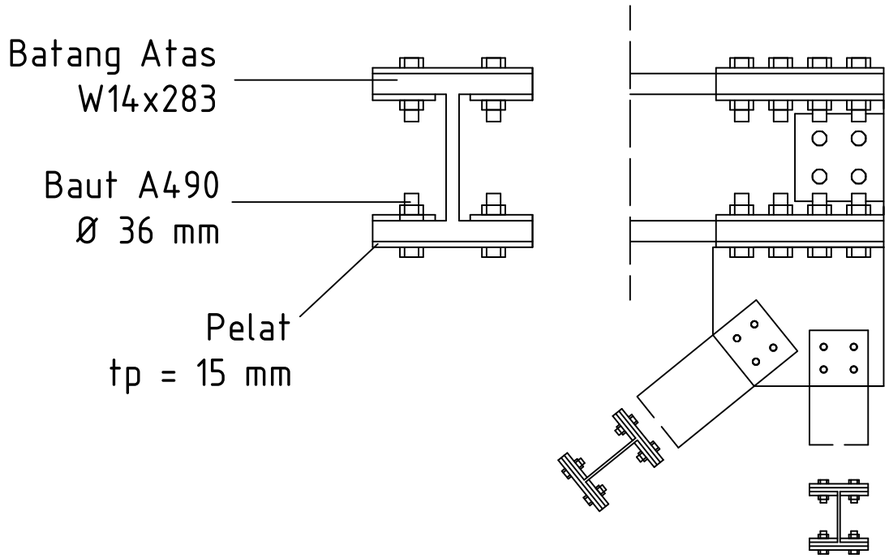
DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN F

HALAMAN :



DETAIL G

DETAIL SAMBUNGAN G
SKALA 1:50

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PERNING KLOJI MENGGUNAKAN STRUKTUR RANGKA BAJA TIPE *WARREN* SEBAGAI ALTERNATIF MODEL STRUKTUR

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

MATA KULIAH :

TUGAS AKHIR

DIBUAT OLEH :

MAHAYANI FARHATUL A 20511266

JUDUL GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN G

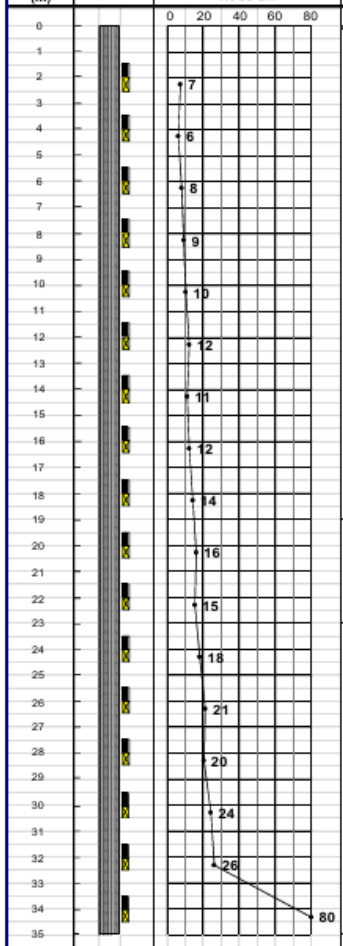
HALAMAN :

Lampiran 2 Data penyelidikan tanah

Table 3.2 : Bor and SPT titik B1

Bore No.	: B1	Coordinates of GPS (UTM	X =	0663999	
Project	: JEMBATAN PERNING KABUPATEN MOJOKERTO		Y =	9181066	
Location	: PROPINSI JAWA TIMUR	Diameter of Bore	:	73	mm
GWL	: -2.00 m	Diameter of Casing	:	89	mm

BORE LOG



DEPTH (m)	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)					
2	Lanau Kelempungan	Hitam	3	+ 3	+ 4	= 7	2.00 - 2.50	m
4			2	+ 3	+ 3	= 6	4,00 - 4,50	m
6			3	+ 4	+ 4	= 8	6.00 - 6.50	m
8			3	+ 4	+ 5	= 9	8.00 - 8.50	m
10			3	+ 4	+ 6	= 10	10.00 - 10.50	m
12			3	+ 5	+ 7	= 12	12.00 - 12.50	m
14			4	+ 5	+ 6	= 11	14.00 - 14.50	m
16			4	+ 5	+ 7	= 12	16.00 - 16.50	m
18			4	+ 6	+ 8	= 14	18.00 - 18.50	m
20	Lanau, Pasir, Lempung		5	+ 7	+ 9	= 16	20.00 - 20.50	m
22			5	+ 6	+ 9	= 15	22.00 - 22.50	m
24	Lanau Kelempungan		6	+ 8	+ 10	= 18	24.00 - 24.50	m
26			7	+ 9	+ 12	= 21	26.00 - 26.50	m
28			6	+ 8	+ 12	= 20	28,00 - 28,50	m
30			8	+ 11	+ 13	= 24	30,00 - 30,50	m
32			8	+ 11	+ 15	= 26	32,00 - 32,50	m
34			42	+ 60 / 12 cm		= 80	34,00 - 34,50	m

Lampiran 3 Surat Izin KESBANGPOL Kota Surabaya

PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
JALAN PUTAT INDAH NO.1 TELP. (031) – 5677935, 5681297, 5675493
SURABAYA – (60189)

SURAT KETERANGAN PENELITIAN
Nomor : 000.9/ 12589 /209/2024

Dasar	:	1. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasidan Tata Kerja Kementerian Dalam Negeri (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 316), Sebagaimana telah dirubah dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 14 Tahun 2011 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Dalam Negeri (Berita Negera Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 168); 2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 3 Tahun 2018 tentang Penerbitan Surat Keterangan Penelitian.
Menimbang	:	Surat dari Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Nomer : 255/Sek. Prodi PSTS/20/TA/IX/2024 Tanggal : 6 Agustus 2024
Nama	:	**MAHAYANI FARHATUL AULIA**
Alamat	:	Perum Persada Blok TB 01 No.21, RT.08 RW.06, Kel. Teritih Kec. Walantaka Kota Serang Prov. Banten
Nomor Telepon	:	089671194370
Pekerjaan	:	Mahasiswi Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian	:	"Evaluasi dan Rekomendasi Struktur Jembatan Perning Kloji di Mojokerto, Jawa Timur"
Bidang Penelitian	:	Mencari Data, Wawancara, Skripsi / Teknik Sipil
Lokasi Penelitian	:	DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur
Waktu Penelitian	:	September – November 2024
Status Penelitian	:	Baru
Anggota Tim Penelitian	:	-

Demikian Surat Keterangan untuk digunakan seperlunya

Dikeluarkan di : Surabaya
Pada Tanggal : 19 September 2024

An. KEPALA BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
PROVINSI JAWA TIMUR
Sekretaris

NURUL ANSORI, S.Pd, M.Kes
Pembina (IV/a)
NIP. 19700204 200012 1 006

Tembusan :
Yth. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur

Lampiran 4 Surat permohonan permintaan data

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 251/Sek. Prodi PSTS/20/TA/IX/2024
Hal : **Permohonan Izin Penelitian untuk Tugas Akhir**

Kepada Yth:
DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur
Jl. Gayung Kebonsari No.167, Gayungan, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60235

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Sarjana, setiap mahasiswa wajib melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang berkaitan dengan ketekniksipilan. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir tersebut diperlukan data-data pendukung baik dari instansi Pemerintah BUMN maupun perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan hal tersebut, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin penelitian dan pengambilan data yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama	:	**MAHAYANI FARHATUL AULIA**
NIM	:	**20511266**
CP Mahasiswa	:	**089671194370**
Judul Tugas Akhir	:	**Evaluasi Dan Rekomendasi Struktur Jembatan Perning Kloji Di Mojokerto, Jawa Timur**

Demikian permohonan dan pernyataan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, September 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D