



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 144542

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA.28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR**

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

DOSEN PEMBIMBING
Ir.SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 144542

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA.28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR**

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

DOSEN PEMBIMBING
Ir.SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

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



FINAL APLIED PROJECT - RC 144542

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF
KEDUNG GALENG BRIDGE STA. 28+200
DIVISION IV DEVELOPMENT PROJECT OF TOLL
ROADS, PASURUAN - PROBOLINGGO, EAST
JAVA**

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

COUNSELOR LECTURER
Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

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

LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV PROYEK
PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN –
PROBOLINGGO, JAWA TIMUR**

Surabaya, 25 Juli 2018

Disusun Oleh :

Mahasiswa I

Mahasiswa II



ADITYA WAHYU PRASTOWO
10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI
10111500000050



**Mengetahui,
Dosen Pembimbing**

30 JUL 2018

U. SINGKONO, CES
19591130-1986011001



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

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

Tanggal : 9 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Desain Struktur Jembatan Kedung Galeng STA 28+200 Divisi IV Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo, Jawa Timur		
Nama Mahasiswa	Aditya Wahyu Prastowo	NRP	1011150000007
Nama Mahasiswa	Nadya Wiji Novianti	NRP	1011150000050
Dosen Pembimbing 1	Ir. Sungkono, CES NIP 195911301986011001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<p>Pertimbangan modifikasi desain? Keuntungan & kerugian antara pracetak terhadap baja-komposit</p>	<p> Ir. Imam Prayogo, MMT NIP -</p>
	<p>Ir. Sungkono, CES NIP 195911301986011001</p>
<p>Lay out situasi proyek; long section-cross section Gambar no. 11 direvisi. Sirip SPT & tempel kampul long-section. Pemasangan tulangan utama untuk parapet; Revisi pembangunan utama pelat-parapet</p>	<p> Moh Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP 197406262003121001</p>
<p>Gambar semuanya & revisi sambungan girder gambar 4. Di celah momen maksimum dan gaya geser maksimum pd. samb. girder; Celah girder antara baut pd. samb. girder; panjang penyuluran tulangan bor pile ke pile cap &</p>	<p> Ir. Sulchan Arifin, M.Eng. NIP 195711191985031001</p>

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
<p> Ir. Imam Prayogo, MMT NIP -</p>	<p> Ir. Sungkono, CES NIP 195911301986011001</p>	<p> Moh Khoiri, ST., MT., Ph.D. NIP 197406262003121001</p>	<p> Ir. Sulchan Arifin, M.Eng. NIP 195711191985031001</p>

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	<p> Ir. Sungkono, CES</p>	



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

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomesipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Aditya wahyu prastowo. 2 Nadya wiji Novianti
NRP : 1 1011500000007 2 1011500000050
Judul Tugas Akhir : Modifikasi desain struktur jembatan Kedung Ealeng
 STA 28+200 Divisi IV proyek Pembangunan Jalan Tol
 Pasuruan - Probolinggo, Jawa Timur.
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.)	09 Maret 2018	Beban pada parapet. Beban dan kombinasi SNI 2016. Diameter tulangan dan jarak tulangan Jarak kamilever.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.)	05 April 2018	Beban girder Perbaikan SNP sesuai buku Shear connector SNI terbaru. Jarak Lb pada diafragma.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.)	12 April 2018	Beban pelat lantai kendaraan khusus Beban lingkungan dihit. semua. Beban angin : kendaraan & struktur. Beban hidup di girder pakai D / T. Letak SNP harus dibadan, min. sayap atas		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.)	26 April 2018	Profil masuk simetris tunggal / ganda. Tewuk lateral SNI 2005 / SNI gedung Shear pakai SNI gedung 2015 Nilai Cb hitungan / tabel Berat di profil dibandingkan semua.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

Halaman ini sengaja dikosongkan

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN KEDUNG
GALENG STA. 28+200 DIVISI IV PROYEK
PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN –
PROBOLINGGO, JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa 1 : Aditya Wahyu Prastowo
NRP Mahasiswa 1 : 10111500000007
Nama Mahasiswa 2 : Nadya Wiji Novianti
NRP Mahasiswa 2 : 101115000000050
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES
NIP : 19591130 198601 1 001

ABSTRAK

Jembatan Kedung Galeng adalah salah satu bagian dari Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo seperti pada gambar 1.1 tepatnya pada STA 28+200 seperti pada gambar 1.2 yang melintasi sungai di desa Kedung Galeng Probolinggo. Jembatan Kedung Galeng ini memiliki panjang 45,8 m dan lebar 32,3 m yang didesain tanpa trotoar. Jembatan ini dibangun menggunakan metode konstruksi beton prategang. Penulis memodifikasi desain jembatan menjadi komposit.

Tugas akhir ini membahas tentang modifikasi desain struktur jembatan Kedung Galeng STA 28+200. Jembatan ini direncanakan menggunakan metode konstruksi baja komposit. Modifikasi desain ini meliputi desain struktur bangunan atas, desain struktur bangunan bawah, dan desain bangunan pelengkap. Perencanaan jembatan mengacu pada SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa, RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Jembatan.

Kata kunci : abutment, baja, beton prategang, bored pile, gelagar, jembatan Kedung Galeng, komposit

Halaman ini sengaja dikosongkan

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF KEDUNG
GALENG BRIDGE STA. 28+200 DIVISION IV
DEVELOPMENT PROJECT OF TOLL ROADS,
PASURUAN - PROBOLINGGO, CENTRAL JAVA**

1ST Student Name : Aditya Wahyu Prastowo
Registration number : 1011150000007
2nd Student Name : Nadya Wiji Novianti
Registration number : 1011150000050
Supervisor : Ir. Sungkono, CES
NIP : 19591130 198601 1 001

ABSTRACT

Kedung Galeng bridge is one part of Toll Road Pasuruan - Probolinggo as in Figure 1.1 precisely on STA 28 + 200 as in Figure 1.2 that cross the river in the village Kedung Galeng Probolinggo. Kedung Galeng bridge has a length of 45.8 m and width of 32.3 m which is designed without sidewalks. The bridge is built using a prestressed concrete construction method. The author modifies the design of the bridge into a composite.

This final project discuss about modification of bridge structure design of Kedung Galeng STA 28 + 200. The bridge is planned using a composite steel construction method. These design modifications include the design of the upper structure, the design of the lower structure, and the complementary building design. Bridge planning refers to SNI 1725-2016 Loading for Bridges, SNI 2833-2016 Bridge Design for Earthquake Load, RSNI T-12-2004 Concrete Structure Planning for Bridges, RSNI T-03-2005 Planning of Steel Bridge Structures.

Keywords: abutment, steel, prestressed concrete, bored pile, girder, bridge Kedung Galeng, composite

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir kami yang berjudul “Modifikasi Desain Struktur Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200 Divisi IV Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo, Jawa Timur” dapat tersusun serta terselesaikan dengan baik dan kami dapat mempresentasikan pada Sidang Proyek Akhir.

Proposal Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada program studi Diploma III Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari penulisan Proposal Tugas Akhir ini sebagai langkah awal untuk mengerjakan Tugas Akhir Terapan.

Tersusunnya Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan banyak pihak. Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, yaitu :

1. Bapak Ir. Sungkono, CES selaku dosen pembimbing dalam Tugas Akhir Terapan kami.
2. Orangtua dan keluarga kami yang telah memberi dorongan baik moral maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Rekan – rekan mahasiswa jurusan Diploma III Teknik Sipil ITS Surabaya yang telah banyak membantu penyelesaian Tugas Akhir Terapan ini.
4. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kami dalam menyelesaikan proposal Tugas Akhir Terapan kami, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Surabaya, 25 Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Dasar – Dasar Perencanaan.....	9
2.2 Bagian – Bagian Jembatan.....	9
2.3 Data Bahan.....	10
2.4 Analisis Pembebanan Struktur Jembatan.....	12
2.5 Data Tanah.....	29
2.6 Perencanaan Bangunan Atas.....	29
2.7 Perencanaan Bangunan Bawah.....	55
2.7.1 Perencanaan Kepala Jembatan.....	56
2.7.2 Perencanaan Pondasi.....	60
BAB III METODOLOGI.....	69

3.1	Uraian	69
3.2	Pengumpulan Data.....	69
3.3	Studi Literatur.....	69
3.4	Metode Perencanaan jembatan	70
3.4.1	Struktur Bangunan Atas.....	70
3.4.2	Struktur Bangunan Bawah.....	73
3.4.3	Struktur Bangunan Pelengkap	74
3.5	Penggambaran Hasil Rencana	74
3.6	Bagan Alir Metodologi.....	75
BAB IV BANGUNAN ATAS.....		79
4.1	Parapet Sketsa Parapet.....	79
4.2	Pelat Lantai Kendaraan.....	82
4.3	Girder.....	96
4.4	Diafragma	110
4.5	Shear connector	114
4.6	Sambungan	116
4.7	Elastomer.....	123
BAB V BANGUNAN BAWAH		131
5.1	Abutment	131
5.2	Pondasi	142
5.2.1	Perhitungan tiang bore (<i>Bored Pile</i>).....	142
5.2.2	Perhitungan tulangan bore(<i>Bored Pile</i>).....	148
5.2.3	Perhitungan pile cap	149

5.2.4	Perhitungan penulangan pile cap.....	151
5.2.5	Perhitungan dinding abutment.....	154
5.2.6	Perhitungan longitudinal stopper.....	159
5.2.7	Perhitungan korbel	164
5.2.8	Perhitungan Wing wall.....	168
5.2.9	Perhitungan plat injak.....	170
BAB VI KESIMPULAN		175
6.1	Kesimpulan.....	175
DAFTAR PUSTAKA		177

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta lokasi Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo	4
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	5
Gambar 1. 3. Kondisi Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA 28+200.....	5
Gambar 1. 4 Denah Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	6
Gambar 1. 5 Denah Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	6
Gambar 1. 6. Layout Memanjang Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	7
Gambar 1. 7 Layout Memanjang Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	7
Gambar 1. 8 Layout Melintang Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	8
Gambar 1. 9 Layout Melintang Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200.....	8
Gambar 2. 1 Beban lajur “ D ”.....	15
Gambar 2. 2 Momen lentur positif pada lapangan 1, 3, dan 5 ...	16
Gambar 2. 3 Momen lentur positif pada lapangan 2 dan 4.	16
Gambar 2. 4 Momen lentur negatif maksimum pada pilar 2	17
Gambar 2. 5 Distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur $\leq 5,5$ meter.....	17
Gambar 2. 6 Distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur $>5,5$ meter.....	18
Gambar 2. 7 Alternatif distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur > 5,5 meter.....	18
Gambar 2. 8 Pembebanan Truk “ T ” (500 kN).....	19

Gambar 2. 9 Faktor beban dinamis untuk beton T untuk pembebanan lajur “D”	20
Gambar 2. 10 Grafik Beban Rem.....	21
Gambar 2. 11 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah	25
Gambar 2. 12 Beban pada parapet	29
Gambar 2. 13 Faktor beban dinamis beban " T "	31
Gambar 2. 14 Tekanan gandar pada roda truk	31
Gambar 2. 15 Beban garis mendatar (TEW) pada bidang samping kendaraan	32
Gambar 2. 16 Momen akibat beban mati (berat sendiri)	33
Gambar 2. 17 Momen akibat beban mati tambahan	34
Gambar 2. 18 Momen akibat beban angin	34
Gambar 2. 19 Nilai momen lapangan dan tumpuan akibat beban terpusat PTT dan PEW	35
Gambar 2. 20 Momen tumpuan akibat temperatur	35
Gambar 2. 21 Momen lapangan akibat temperatur	36
Gambar 2. 22 Distribusi geser pada plat	37
Gambar 2. 23 Letak garis netral penampang komposit.....	40
Gambar 2. 24 Distribusi tegangan plastis	46
Gambar 2. 25 Bearing pad	53
Gambar 2. 26 Notasi untuk perhitungan tekanan aktif coulomb.....	57
Gambar 2. 27 Grafik beban rem.....	59
Gambar 2. 28 Pondasi bored pile	62
Gambar 2. 29 Jenis – jenis bored pile	63
Gambar 2. 30 korelasi antara q_p dan NSPT	64
Gambar 2. 31 Gambar baris kelompok tiang	66
Gambar 2. 32 Definisi jarak s dalam hitungan efisiensi tiang ...	67
Gambar 3. 1 Bagan alir metodologi	78

Gambar 4. 1 Sketsa parapet	79
Gambar 4. 2 Beban pada parapet	80
Gambar 4. 3 Faktor beban dinamis beban " T "	84
Gambar 4. 4 Tekanan gandar pada roda truk.....	84
Gambar 4. 5 Beban garis mendatar (T_{EW}) pada bidang samping kendaraan.	85
Gambar 4. 6 Geser pons di tengah plat.....	94
Gambar 4. 7 Geser pons di ujung pelat.....	95
Gambar 4. 8 Pelat simpul 1.....	119
Gambar 4. 9 Pelat simpul 2.....	121
Gambar 5. 1 Pembagian Segmen Abutment.....	132
Gambar 5. 2 Percepatan Puncak dan Spektrum Respons di Batuan Dasar	135
Gambar 5. 3 Grafik hasil input pCacol, hubungan antara momen dan gaya aksial	148

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat mekanis baja struktural	11
Tabel 2. 2 Berat jenis baja	11
Tabel 2. 3 Berat jenis beton	12
Tabel 2. 4 Selimut beton untuk acuan dan pemadatan standar ...	12
Tabel 2. 5 Faktor beban untuk berat sendiri.....	13
Tabel 2. 6 Faktor beban untuk beban mati tambahan	13
Tabel 2. 7 Faktor beban untuk beban lajur “D”	14
Tabel 2. 8 Jumlah lajur lalu lintas rencana	16
Tabel 2. 9 Faktor beban untuk beban lajur “ T ”	19
Tabel 2. 10 Kecepatan angin rencana (V_w).....	22
Tabel 2. 11 Koefisien seret (C_w).....	22
Tabel 2. 12 Temperatur jembatan rata – rata nominal	22
Tabel 2. 13 Sifat bahan rata – rata akibat pengaruh temperatur	23
Tabel 2. 14 Kelas Situs	24
Tabel 2. 15 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a).....	24
Tabel 2. 16 Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)	25
Tabel 2. 17 Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah	27
Tabel 2. 18 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur	27
Tabel 2. 19 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit	28
Tabel 2. 20 Kombinasi beban dan faktor beban	28
Tabel 2. 21 Kombinasi beban perencanaan tegangan kerja	29
Tabel 2. 22 Gaya tarik baut minimum	49
Tabel 2. 23 Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit	49

Tabel 2. 24 Luas baut.....	50
Tabel 2. 25 Faktor reduksi untuk sambungan lebih yang dibaut	51
Tabel 5. 1 Nilai panjang dan lebar segmen abutmen dalam m	132
Tabel 5. 2 Perhitungan beban sendiri abutment.....	132
Tabel 5. 3 Perhitungan Statis Momen Abutment.....	133
Tabel 5. 4 Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah	136
Tabel 5. 5 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur	136
Tabel 5. 6 Rekapitulasi momen penahan abutment	140
Tabel 5. 7 Rekapitulasi momen guling	140
Tabel 5. 8 Perhitungan Gaya dan Momen pada Center Poer Abutment	142
Tabel 5. 9 Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang	144
Tabel 5. 10 Rekapitulasi gaya dan momen pile cap.....	149
Tabel 5. 11 Perhitungan reaksi tiang bor	150
Tabel 5. 12 Perhitungan momen pilecap.....	150

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang dibangun untuk melintasi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api, jalan raya dll. Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Oleh sebab itu perencanaan, pembangunan dan perawatan serta pabrikan bahan suatu jembatan perlu diperhatikan dengan efektif dan efisien, sehingga pembangunan jembatan dapat mencapai mutu dan sasaran umur jembatan yang direncanakan.

Berdasarkan bentangnya, jembatan dikategorikan sebagai jembatan bentang pendek apabila memiliki panjang kurang dari 40 m, jembatan bentang menengah apabila memiliki panjang antara 40 m sampai 125 m dan jembatan bentang panjang apabila memiliki panjang lebih dari 125 m. Jembatan juga dikategorikan berdasarkan tipe bahan konstruksi yang digunakan, diantaranya adalah jembatan kayu (*log bridge*), Jembatan beton (*concrete bridge*), Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*), Jembatan baja (*steel bridge*), Jembatan komposit (*composite bridge*).

Balok komposit merupakan perpaduan antara beton dan baja profil, dimana perbedaannya dengan beton precast adalah untuk momen positif, pada beton precast gaya-gaya tarik yang terjadi pada elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, sedangkan pada struktur komposit gaya-gaya tarik yang terjadi dipikul oleh profil baja. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk, dan murah. (Dong Keon Kim, 2005)

Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah penghematan berat baja, penampang balok baja yang digunakan lebih kecil, kekakuan lantai meningkat, kapasitas menahan beban lebih besar, panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (Charles G. Salmon,1991).

Proses pemasangan beton precast di lapangan berlangsung agak lambat dibandingkan dengan baja komposit. Oleh sebab itu jika ditinjau dari segi kualitas dan efisiensi waktu pekerjaan jembatan dengan struktur baja komposit lebih menguntungkan daripada beton precast.

Jembatan Kedung Galeng merupakan salah satu bagian dari Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo seperti pada gambar 1.1 tepatnya pada STA 28+200 seperti pada gambar 1.2 yang melintasi sungai di desa Kedung Galeng Probolinggo. Jembatan Kedung Galeng ini memiliki panjang 45,8 m dan lebar 32,3 m dengan menggunakan metode konstruksi beton precast yang didesain tanpa trotoar, dan tergolong jembatan bentang menengah.

Dari latar belakang tersebut penulis mengangkatnya sebagai Tugas Akhir dengan Judul “ **Modifikasi Desain Struktur Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200 Divisi IV Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo, Jawa Timur** ”. Tugas akhir ini membahas tentang modifikasi desain struktur jembatan Kedung Galeng STA 28+200. Jembatan ini direncanakan menggunakan metode konstruksi baja komposit. Modifikasi desain ini meliputi desain struktur bangunan atas, desain struktur bangunan bawah, dan desain bangunan pelengkap.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan struktur bangunan atas jembatan tersebut?

2. Bagaimana merencanakan struktur bangunan bawah jembatan tersebut?
3. Bagaimana merencanakan bangunan pelengkap pada jembatan tersebut?
4. Bagaimana menggambarkan hasil modifikasi desain struktur pada jembatan tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Tidak menghitung RAB (Rencana Anggaran Biaya) jembatan.
2. Tidak merencanakan tebal lapisan perkerasan dan desain jalan pada jembatan tersebut.
3. Tidak membahas metode pelaksanaan dari konstruksi jembatan.
4. Tidak menghitung turap / sheet pile.
5. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk merencanakan struktur bangunan atas jembatan yang meliputi :
 - a. Sandaran atau parapet
 - b. Barrier
 - c. Pelat lantai kendaraan
 - d. Girder
 - e. Diafragma
 - f. Shear connector
 - g. Sambungan baja
 - h. Elastomer
2. Untuk merencanakan struktur bangunan bawah jembatan yang meliputi :
 - a. Abutment
 - b. Tembok sayap (*Wing wall*)

- c. Pile cap
 - d. Pondasi (*bored pile*)
3. Untuk merencanakan bangunan pelengkap pada jembatan yang meliputi :
 - a. Pelat injak
 4. Untuk menggambarkan hasil modifikasi desain struktur pada jembatan.

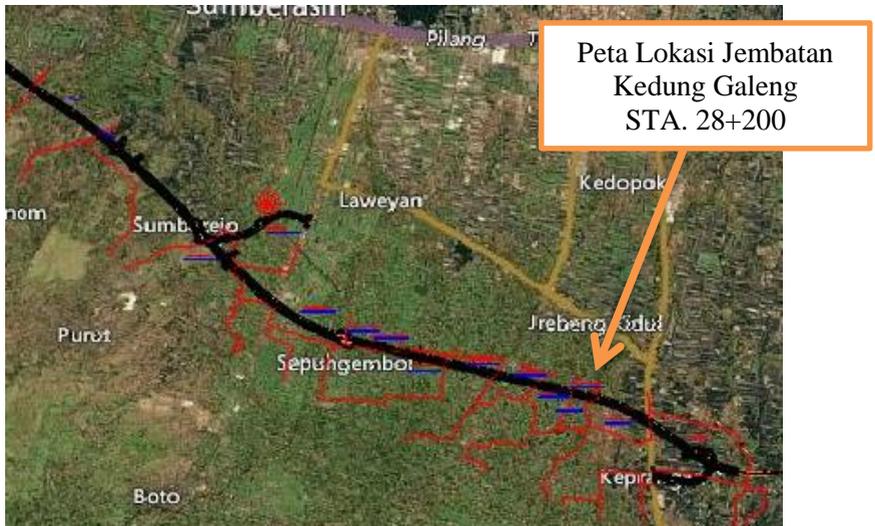
1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mampu mendesain struktur jembatan baja komposit secara mendetail.
2. Sebagai sarana pembelajaran bagi mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu yang telah di pelajari selama perkuliahan.



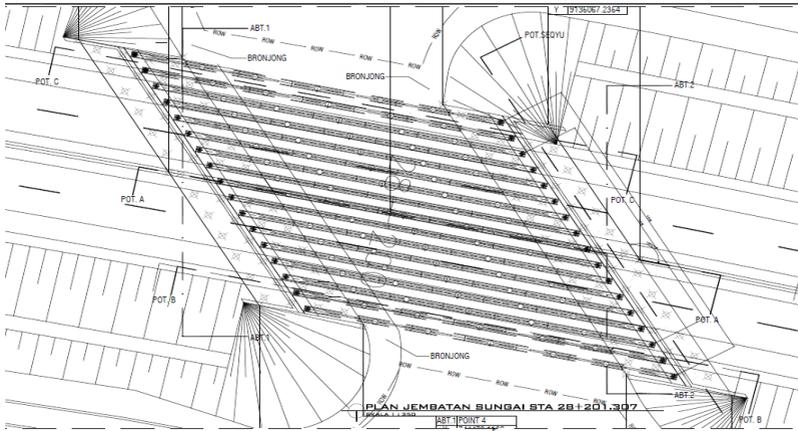
Gambar 1. 1 Peta lokasi Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo



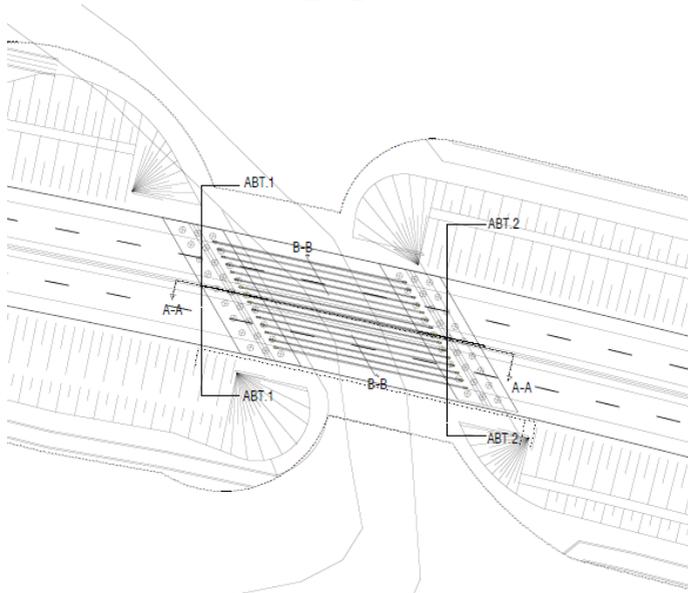
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



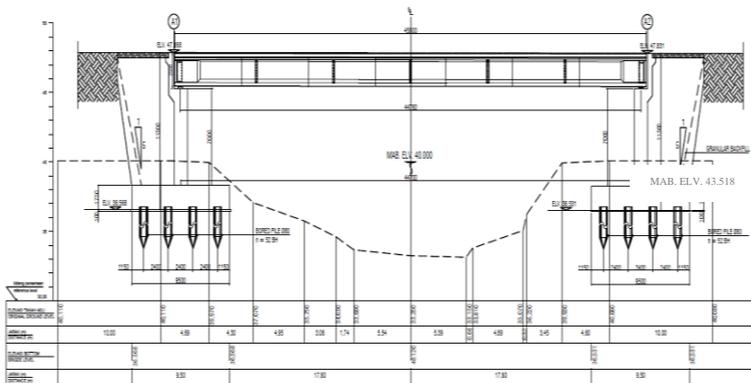
Gambar 1. 3. Kondisi Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



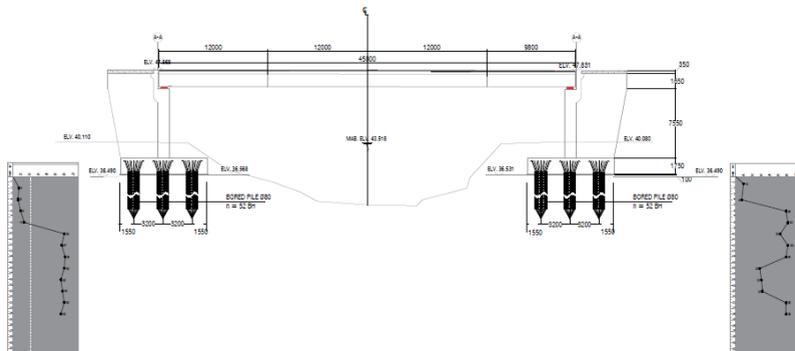
Gambar 1. 4 Denah Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



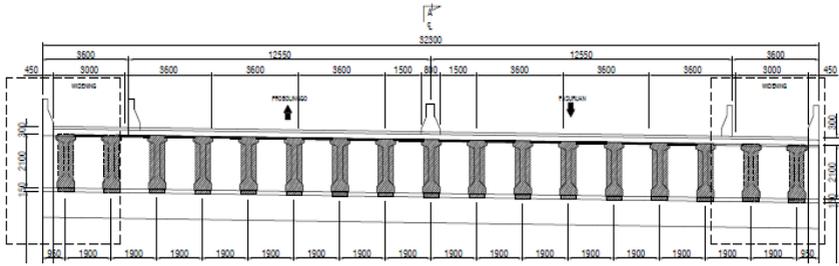
Gambar 1. 5 Denah Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



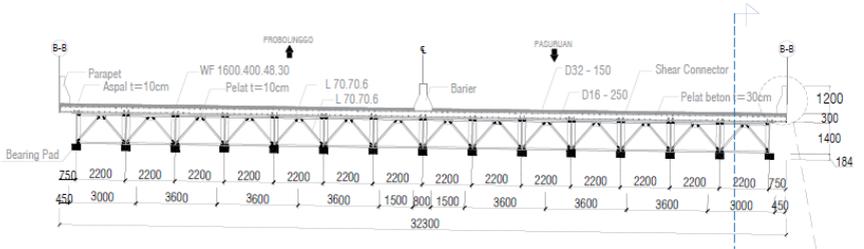
Gambar 1. 6. Layout Memanjang Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



Gambar 1. 7 Layout Memanjang Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



Gambar 1. 8 Layout Melintang Eksisting Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200



Gambar 1. 9 Layout Melintang Rencana Jembatan Kedung Galeng STA. 28+200

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar – Dasar Perencanaan

Pedoman yang digunakan untuk perencanaan ulang perhitungan Jembatan Kedung Galeng dengan gelagar baja adalah sebagai berikut :

1. SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan.
2. SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
3. RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.
4. RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Jembatan.
5. Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
6. BMS BDC 1992.
7. Ir. Thamrin Nasution. 2012. Modul Kuliah “ *Struktur Baja II* ” Departemen Teknik Sipil, FTSP ITM.
8. Agus Setiawan. 2008. “Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (berdasarkan SNI 03-1729-2002)”.

2.2 Bagian – Bagian Jembatan

Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur atas dan bawah.

2.2.1 Bangunan Atas

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung diantaranya berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dan lain-lain. Struktur atas jembatan terdiri atas :

- a. Sandaran atau parapet
- b. Pelat lantai kendaraan
- c. Girder

- d. Diafragma
- e. Barrier
- f. Shear connector
- g. Sambungan baja
- h. Elastomer

2.2.2 Bangunan Bawah

Struktur bawah jembatan merupakan bagian yang memikul seluruh beban struktur jembatan berupa beban hidup, beban mati, dan beban lain yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gaya rem, beban gempa, dan lain – lain untuk kemudian disalurkan oleh pondasi ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan terdiri atas :

- a. Abutment
 - Dinding Belakang (Back Wall)
 - Dinding Penahan (Longitudinal stopper)
 - Dinding sayap (Wing wall)
 - Pelat Injak (Approach Slab)
 - Tumpuan (Bearing pad)
 - Poer (Pile Cap)
 - Pondasi (Bored Pile)

2.3 Data Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada konstruksi Jembatan Kedung Galeng adalah baja dan beton.

2.3.1 Baja

Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan Jembatan Kedung Galeng ini harus memenuhi persyaratan minimum (*RSNI T – 03 - 2005 pasal 4.4.1*) seperti pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Tabel 2. 2 Berat jenis baja

γ Baja	78,5 kN/m ³
---------------	------------------------

Sifat-sifat bahan struktur yang paling penting dari baja menurut *RSNI T - 03- 2005 pasal 4.4.1* adalah sebagai berikut :

1. Modulus Elastisitas (E)
Nilai modulus elastisitas baja adalah 200000 MPa.
2. Modulus Geser (G)
Nilai modulus geser baja adalah 80000 MPa
3. Angka Poisson (μ)
Angka poisson baja adalah 0,3
4. Koefisien Ekspansi/Pemuaian Linier (α)
Koefisien ekspansi/pemuaian linier baja adalah 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$.

2.3.2 Beton

1. Berdasarkan *RSNI T-12-2004*, beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembeconan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan.
2. Berdasarkan *RSNI T-12-2004*, modulus elastisitas beton (E_c) nilainya tergantung pada mutu beton, yang terutama dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton.

Untuk beton normal dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c'} \dots\dots\dots (2.3.2.1)$$

Dimana :

$f'c'$ = Kuat tekan silinder beton 28 hari

Tabel 2. 3 Berat jenis beton

γ Be ton	25 kN /m ³
-----------------------	-----------------------------

- Berdasarkan RSNI T-12-2004, tebal selimut beton direncanakan menurut keadaan lingkungan jembatan dan mutu beton yang digunakan.

Tabel 2. 4 Selimut beton untuk acuan dan pemadatan standar

Klasifikasi lingkungan	Tebal selimut beton nominal [mm] untuk beton dengan kuat tekan $f'c'$ yang tidak kurang dari				
	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 MPa	40 MPa
A	35	30	25	25	25
B1	(65)	45	40	35	25
B2	-	(75)	55	45	35
C	-	-	(90)	70	60

- Berdasarkan RSNI T-12-2004, Angka poisson (μ) beton adalah 0,2.
- Berdasarkan RSNI T-12-2004, Koefisien muai panjang beton akibat panas (α) adalah 10×10^{-6} per ⁰C.

2.4 Analisis Pembebanan Struktur Jembatan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban – beban yang terjadi pada jembatan. Beban – beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyaknya tulangan yang diperlukan.

2.4.1 Beban Mati (Berat sendiri)

Beban mati merupakan semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya (SNI 1725-2016 pasal 3.8). Pada perencanaan ini faktor beban pada struktur jembatan juga perlu diperhatikan. Faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri yang tersedia dalam tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Faktor beban untuk berat 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

2.4.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan merupakan berat dari seluruh bahan nonstruktural pada jembatan dan besarnya bisa berubah-ubah setiap waktu. Pada penentuan berat mati tambahan, nilai faktor beban dapat berbeda dengan tabel 2.6 dengan persetujuan instansi yang berwenang (SNI 1725-2016 pasal 7.3).

Tabel 2. 6 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MM})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MM}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MM}^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

2.4.3 Beban Hidup

Beban hidup merupakan semua beban yang berasal dari berat kendaraan – kendaraan bergerak / lalu lintas dan/ atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan (SNI 1725-2016 pasal 3.5).

1. Beban Lalu lintas

Beban lalu lintas merupakan seluruh beban hidup, arah vertikal dan horizontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan (SNI 1725-2016 pasal 3.7).

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”.

a. Beban lajur “ D ”

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya.

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” seperti pada tabel 2.7

Tabel 2. 7 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_D)	
		Keadaan Batas Layan (γ_D^s)	Keadaan Batas Ultimit (γ_D^u)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Intensitas beban “D” untuk beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kN/m² dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut :

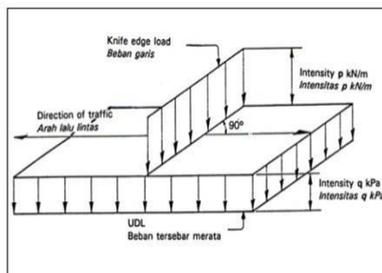
- Jika $L \leq 30$ m, $q = 9,0$ kN/m²

- Jika $L > 30$ m, $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kN/m²
Dimana :

q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kN/m²).

L = panjang total jembatan yang dibebani (m).

Intensitas beban “ D ” untuk beban garis terpusat (BGT) mempunyai intensitas p kN/m² yang harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Berdasarkan SNI 1725-2016, besarnya intensitas p adalah 49 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya. Ini bisa dilihat dalam gambar 2.1



Gambar 2. 1 Beban lajur “ D ”

Pada perencanaan jembatan, harus direncanakan jumlah jalur yang digunakan dengan lebar bersih (w) diambil 2750 mm. Perencana harus memperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan dimasa depan sehubungan dengan

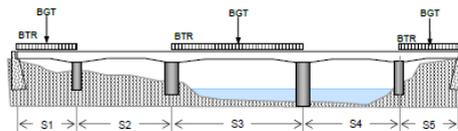
perubahan fungsi dari bagian jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam tabel 2.8

Tabel 2. 8 Jumlah lajur lalu lintas rencana

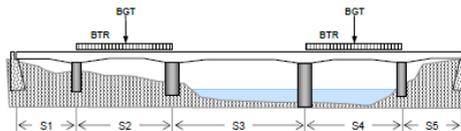
Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
	$5250 \leq w < 7500$	2
Dua Arah, tanpa Median	$7500 \leq w < 10,000$	3
	$10,000 \leq w < 12,500$	4
	$12,500 \leq w < 15,250$	5
	$w \geq 15,250$	6
	$5500 \leq w \leq 8000$	2
Dua Arah, dengan Median	$8250 \leq w \leq 10,750$	3
	$11,000 \leq w \leq 13,500$	4
	$13,750 \leq w \leq 16,250$	5
	$w \geq 16,500$	6

Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.
 Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerbrintangan/median dan median untuk banyak arah.

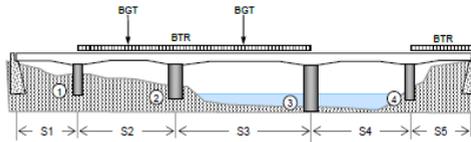
Distribusi beban “ D ” dalam arah memanjang dapat dilihat pada gambar 2.2, 2.3, dan 2.4.



Gambar 2. 2 Momen lentur positif pada lapangan 1, 3, dan 5.



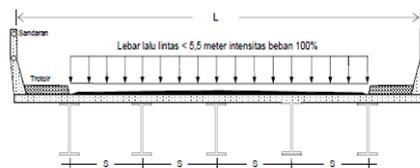
Gambar 2. 3 Momen lentur positif pada lapangan 2 dan 4.



Gambar 2. 4 Momen lentur negatif maksimum pada pilar 2

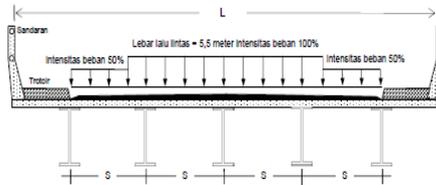
Selain distribusi beban “D” arah memanjang, terdapat juga distribusi beban “D” arah melintang yang menimbulkan momen maksimum dan gaya geser. Penempatan beban “D” tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk parapet, trotoar, dan kerb). Adapun ketentuan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Jika lebar jalur lalu lintas $\leq 5,5$ meter maka beban “ D ” ditempatkan pada seluruh jalur lalu lintas dengan intensitas 100 %.



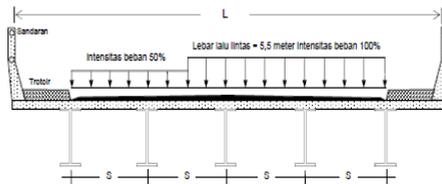
Gambar 2. 5 Distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur $\leq 5,5$ meter.

- b. Jika lebar jalur lalu lintas $> 5,5$ meter maka beban “ D ” ditempatkan pada seluruh jalur lalu lintas (nl) dengan intensitas 100 % pada jumlah lajur lalu lintas rencana. Di dapatkan ekuivalen $nl \times 2,75 \text{ q kN/m}$, beban terpusat ekuivalen sebesar $nl \times 2,75 \text{ q kN/m}$, dan keduanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar $nl \times 2,75 \text{ m}$.



Gambar 2. 6 Distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur $>5,5$ meter.

- c. Jika lebar jalur lalu lintas $> 5,5$ meter, lajur lalu lintas rencana yang membentuk *strip* dapat ditempatkan dimana saja. Beban “D” tambahan ditempatkan pada sisa jalur dengan intensitas sebesar 50 %.



Gambar 2. 7 Alternatif distribusi beban “ D ” dengan lebar jalur $> 5,5$ meter.

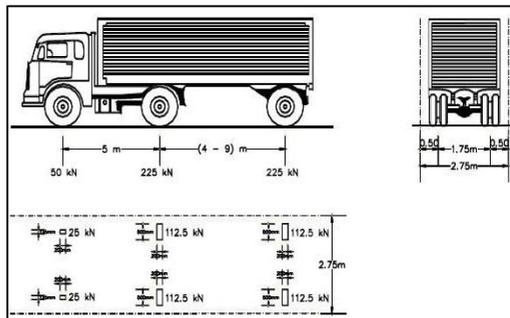
- b. Beban Truk “ T ”

Beban Truk “ T ” adalah satu kendaraan dengan berat 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “ T ” diterapkan per lajur lalu lintas rencana. (SNI 1725 - 2016 pasal 8.1).

Pembebanan Truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti pada gambar 2.8. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “T” seperti pada tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Faktor beban untuk beban lajur “ T ”

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



Gambar 2. 8 Pembebanan Truk “ T ” (500 kN)

c. Faktor Beban Dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis DLA (Dynamic Load Allowance) berlaku pada “KEL” lajur “D” dan truk “T” sebagai simulasi kejutan dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Besarnya FBD merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan

jembatan. Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari Pembebanan Truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan.

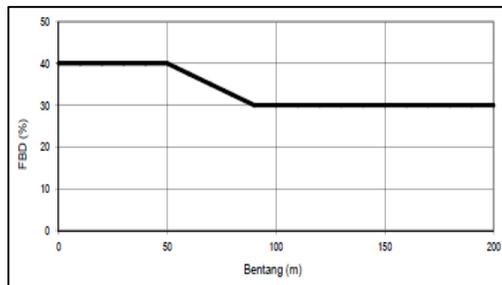
Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E dirumuskan sebagai berikut :

$$L_E = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \dots (2.4.3.1)$$

Dimana :

L_{av} = Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

L_{max} = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.



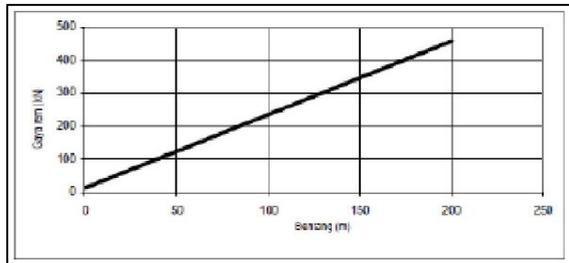
Gambar 2. 9 Faktor beban dinamis untuk beton T untuk pembebanan lajur “D”

2.4.4 Beban Sekunder

Beban sekunder merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan (SNI 1725-2016 pasal 3.13). Beban sekunder yang bekerja adalah sebagai berikut :

1. Gaya Rem (TB)

Berdasarkan *SNI 1725 – 2016*, gaya rem diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas atau bisa menggunakan grafik berikut :



Gambar 2. 10 Grafik Beban Rem

2. Beban Angin

Gaya angin nominal ultimit pada jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$TEW = 0,0006C_w(V_w)^2 A_b [kN] \dots (2.4.4.1)$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana
(m/dt) – lihat tabel 2.10.

C_w = Koefisien seret – lihat
tabel 2.11.

A_b = Luas ekuivalen bagian
samping jembatan ($h \times L$) (m^2)

Tabel 2. 10 Kecepatan angin rencana (V_w)

Keadaan batas	L o k a s i	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Tabel 2. 11 Koefisien seret (C_w)

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif (1), (2)	
$b/d = 1,0$	2,1 (3)
$b/d = 2,0$	1,5 (3)
$b/d \geq 6,0$	1,25 (3)
Bangunan atas rangka	1,2

CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran.
 d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif.

3. Pengaruh Temperatur

Gaya akibat perbedaan suhu disebabkan adanya perubahan bentuk pada bagian-bagian jembatan, baik yang menggunakan bahan yang sama ataupun berbeda seperti pada tabel 2.13. Perbedaan suhu juga ditentukan berdasarkan keadaan setempat jembatan itu dibangun seperti pada tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Temperatur jembatan rata – rata nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C

CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Tabel 2. 13 Sifat bahan rata – rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per °C	4700√fc'
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per °C	4700√fc'

4. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 2833-2016 Perancangan Gempa Terhadap Beban Jembatan, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum diperoleh dari serangkaian rumus berikut :

Penentuan kelas situs tanah

$$\bar{N} = \frac{\sum t_i}{\sum \frac{t}{n}} \dots\dots\dots (2.4.4.2)$$

Dimana :

t_i = tebal lapisan tanah ke – i

N_i = nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke-i

Hasil yang didapat dari perhitungan diatas dapat diplot kedalam tabel situs untuk menentukan kelas situs.

Tabel 2. 14 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah teresmentasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		
Catatan : N/A = tidak dapat digunakan			

a. Penentuan Faktor Situs

Untuk penentuan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik (FPGA), periode pendek $T=0,2$ detik (FA) dan periode 1 detik (Fv).

Tabel 2. 15 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linear

Keterangan:
 PGA adalah percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 1 atau Gambar 4).
 S_s adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 2 atau Gambar 5).
 SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

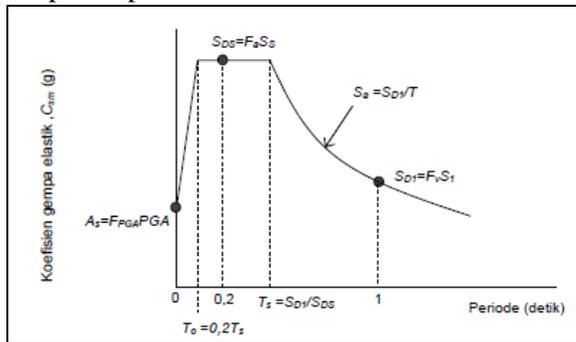
Tabel 2. 16 Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv)

Kelas situs	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:
 S₁ adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3 atau Gambar 8).
 SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

b. Respons Spektrum Rencana



Gambar 2. 11 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah

Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots (2.4.4.3)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots (2.4.4.4)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots (2.4.4.5)$$

c. Koefisien Respons Gempa Elastik

1. Untuk periode lebih kecil dari T₀, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{SM} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \dots\dots (2.4.4.6)$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{SM} = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.4.4.7)$$

Dimana :

S_{DS} = nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T = 0.2$ detik).

S_{D1} = nilai spektra permukaan tanah periode 1,0 detik.

T_0 = $0.2 T_s$.

T_s = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

d. Faktor modifikasi respons

Faktor modifikasi respons (R) adalah faktor yang digunakan untuk menghitung kuat butuh atau kuat rencana elemen struktur berdasarkan analisis akibat perilaku daktail (SNI 2833 - 2016 pasal 5.7).

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respons (R) sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2. 17 Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:
Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Tabel 2. 18 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

e. Gaya Gempa yang Diperkirakan

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R) dengan rumus sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \dots\dots\dots (2.4.4.8)$$

Dimana :

E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN).

C_{sm} = koefisien respons gempa elastik pada moda getar ke- m .

R = faktor modifikasi respons.

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

2.4.5 Kombinasi Beban

Kombinasi pembebanan didasarkan pada ketentuan dalam *SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan* yaitu :

Tabel 2. 19 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen :												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut rangkang	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pratekan												
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o	o	X	o	o	o	o	o
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o	o	X	o	o	o	o	o
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o	o	X	o	o	o	o	X	o	o	o	o
Beban angin			o	o	X	o			o	X	o	o
Aksi Khusus :												
Gempa												X
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X

(1) = aksi permanen "K" KBL = beban aktif
 "K" KBL = 1 beban "K" KBL
 (2) = aksi permanen "K" KBL = beban aktif
 "K" KBL = 1 beban "K" KBL + 0,7 beban "K" KBL
 (3) = aksi permanen "K" KBL = beban aktif
 "K" KBL = 1 beban "K" KBL + 0,5 beban "K" KBL + 0,5 beban "K" KBL

X = berarti beban yang selalu aktif
 o = berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.

Aksi permanen "K" KBL = beban aktif
 "K" KBL = 1 beban "K" KBL

Tabel 2. 20 Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW ₁	EW ₂	BF	EU _h	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	f_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	f_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	f_p	-	1,00	1,40	-	-	0,50(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	f_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50(1,20)	-	-	-	-	-
Kuat V	f_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	f_p	f_{ED}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,0	0	-
Ekstrem II	f_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,0	1,0
Daya I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Daya II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00(1,20)	-	-	-	-	-
Daya III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00(1,20)	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Daya IV	1,00	-	1,00	0,70	-	-	1,00(1,20)	-	1,00	-	-	-
Faktor TID dan TSD	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - γ_{TB} dapat berupa γ_{TB} , γ_{TB} , γ_{TB} , γ_{TB} , γ_{TB} bergantung beban yang ditinjau
 - γ_{ES} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Kombinasi beban – beban sekestrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

Tabel 2. 21 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi Tetap	x	x	x	x	x	x	X
Beban Lalu Lintas	x	x	x	x	-	-	X
Pengaruh Temperatur	-	x	-	x	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	x	x	x	x	x	-	-
Beban angin	-	-	x	x	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	x	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	x	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan	nol	25%	25%	40%	50%	30%	50%

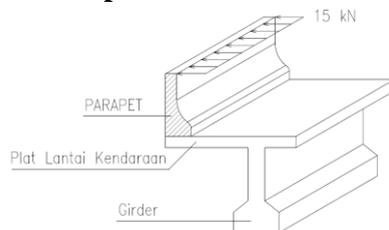
2.5 Data Tanah

Data tanah untuk pondasi borepile dapat di desain pada kedalaman tanah tertentu, pada saat nilai $N > 50$ (tanah keras).

2.6 Perencanaan Bangunan Atas

Seperti telah disebutkan diatas, yang termasuk pada bangunan atas jembatan adalah sandaran/parapet, pelat lantai kendaraan, balok girder, balok diafragma dan barrier. Bagian – bagian tersebut dijabarkan sebagai berikut :

2.6.1 Perencanaan Parapet



Gambar 2. 12 Beban pada parapet

Pada tugas akhir ini, sandaran jembatan menggunakan parapet sebagai dinding penahan kendaraan, karena Jembatan Sebalong merupakan

bagian dari Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo sehingga tidak terdapat kerb dan trotoar.

Parapet direncanakan untuk menahan benturan dan menjaga kendaraan agar tidak keluar dari jembatan (fungsi kerb) sehingga beban hidup yang digunakan dalam perencanaannya adalah memakai beban hidup kerb, yaitu sebesar 15 kN.m.

2.6.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

1. Preliminary Desain Pelat Lantai

Berdasarkan *SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan*, pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s sebagai berikut:

$$t_s \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.6.2.1)$$

$$t_s \geq (100 + 40l) \text{ mm} \dots\dots\dots (2.6.2.2)$$

Dimana :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m).

2. Pembebanan Pelat Lantai

Pembebanan pada pelat lantai direncanakan berdasarkan *SNI 1725 – 2016*.

a. Berat Sendiri (MS)

Berdasarkan *SNI 1725 – 2016 pasal 7.2*

Faktor beban layan $K_{sms} = 1$

Faktor beban ultimit $K_{ums} = 1,3$

$$MS = t_s \times b \times W_c \text{ (kN/m)} \dots\dots (2.6.2.3)$$

Dimana :

t_s = tebal minimum pelat lantai (m)

b = lebar yang ditinjau (m)

W_c = berat jenis beton (kN/m³)

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Berdasarkan *SNI 1725 – 2016 pasal 7.3*

Faktor beban layan $K_{sms} = 1$

Faktor beban ultimit $K_{ums} = 2$

$$MA = (t_a \times b \times W_a) + (t_h \times b \times W_w) \text{ (kN/m)}$$

..... (2.6.2.4)

Dimana :

t_a = tebal lapisan aspal+overlay (m)

t_h = tebal genangan air hujan (m)

b = lebar yang ditinjau (m)

W_a = berat jenis aspal (kN/m³)

W_w = berat jenis air (kN/m³)

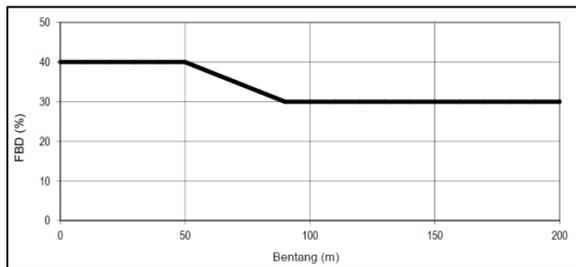
c. Beban Mati Truk “ T ” (TT)

Faktor beban layan $K_{stt} = 1$

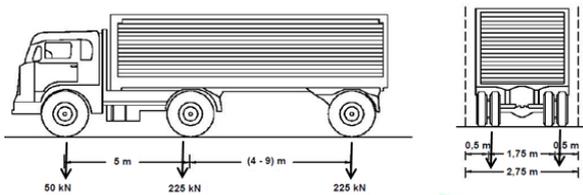
Faktor beban ultimit $K_{utt} = 1,3$

Berdasarkan SNI 1725 – 2016 pasal 8.4

Bentang Jembatan	= 45,8	m
Faktor beban dinamis	= 40%	(Karena L < 50 m)



Gambar 2.13 Faktor beban dinamis beban " T "



Gambar 2.14 Tekanan gandar pada roda truk

Beban hidup pada lantai jembatan berupa besarnya roda ganda oleh Truk "T" = 112,5 kN. Jadi, beban "T" menjadi,

$$P_{tt} = (1 + FBD) \times T \text{ (kN) (2.6.2.5)}$$

Dimana :

FBD = faktor beban dinamis beban "T"

T = beban roda ganda truk "T" (kN)

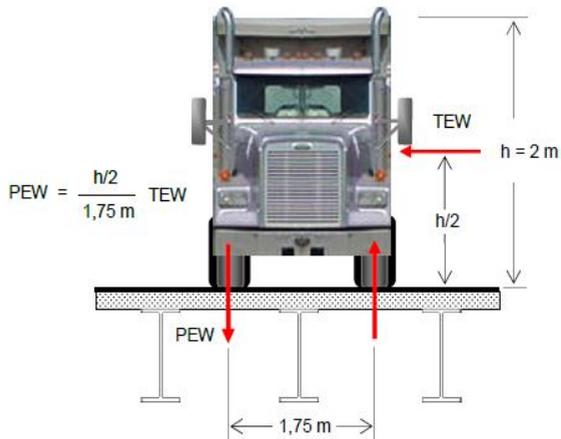
d. Beban Angin (EW)

Faktor beban layan $K_{sew} = 1$

Faktor beban ultimit $K_{uew} = 1,2$

Koefisien Seret $C_w = 1,2$

Kecepatan angin rencana untuk lokasi > 5 km dari pantai, $V_w = 30 \text{ m/s}$



Gambar 2. 15 Beban garis mendatar (TEW) pada bidang samping kendaraan

Beban garis mendatar (TEW) pada bidang samping kendaraan

$$TEW = 0,0012 C_w (V_w)^2 [\text{kN/m}'] \text{ (2.6.2.6)}$$

Beban garis pada lantai akibat angin

$$PEW = \frac{h/2}{1,75 \text{ m}} TEW [\text{kN/m}'] \dots \text{ (2.6.2.7)}$$

e. Pengaruh Temperature (ET)

Faktor beban layan $K_{stt} = 1$ Faktor beban ultimit $K_{utt} = 1,2$

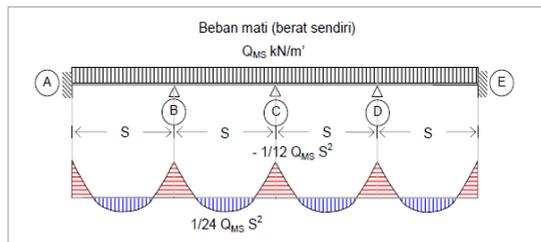
Temperature rata-rata maksimum

 $T_{max} = 40^{\circ}\text{C}$

Temperature rata-rata maksimum

 $T_{min} = 15^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = T_{max} - T_{min} (^{\circ}\text{C}) \dots\dots (2.6.2.8)$

3. Momen pada Lantai Jembatan

a. Akibat Berat Sendiri (Q_{ms})

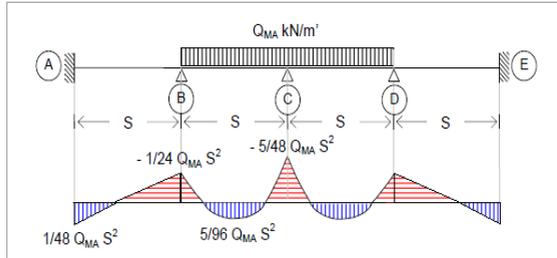
Gambar 2. 16 Momen akibat beban mati (berat sendiri)

$$M_{lap\ maks} = \frac{1}{24} Q_{ms} \times S^2 \dots\dots (2.6.2.9)$$

$$M_{tump\ maks} = \frac{1}{12} Q_{ms} \times S^2 (2.6.2.10)$$

Dimana :

 Q_{ms} = total seluruh beban (kN/m') S = jarak antara girder as ke as (m)b. Akibat Beban Mati Tambahan (Q_{ma})



Gambar 2. 17 Momen akibat beban mati tambahan

$$M_{lap} \text{ maks} = 5/96 Q_{\text{max}} S^2 \dots (2.6.2.11)$$

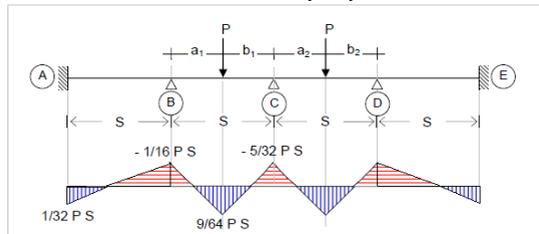
$$M_{tump} \text{ maks} = 5/48 Q_{\text{max}} S^2 (2.6.2.12)$$

Dimana :

Q_{ma} = total seluruh beban (kN/m')

S = jarak antara girder as ke as (m)

c. Akibat Beban Truk “ T ” (Ptt)



Gambar 2. 18 Momen akibat beban angin

$$M_{lap} \text{ maks} = 9/64 P T T \times S \dots (2.6.2.13)$$

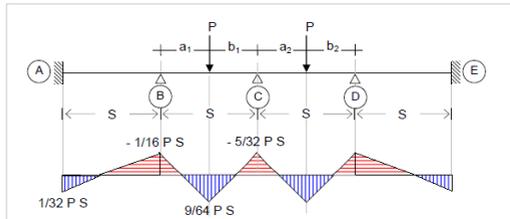
$$M_{tump} \text{ maks} = 5/32 P T T \times S \dots (2.6.2.14)$$

Dimana :

$P T T$ = total seluruh beban (kN)

S = jarak antara girder as ke as (m)

d. Akibat Beban Angin (EW)



Gambar 2. 19 Nilai momen lapangan dan tumpuan akibat beban terpusat PTT dan PEW

Mlap maks = $9/64PEW \times S$ (2.6.2.15)

Mtump maks = $5/32PEW \times S$.. (2.6.2.16)

Dimana :

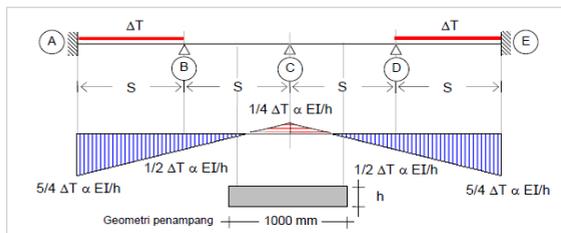
PEW = total seluruh beban (kN/m')

S = jarak antara girder as ke as (m)

e. Akibat Pengaruh Temperatur (T)

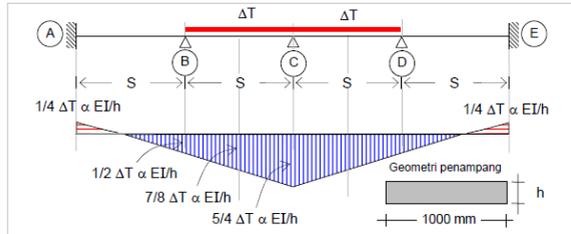
Momen Inersia Lantai beton

$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$ (2.6.2.17)



Gambar 2. 20 Momen tumpuan akibat temperatur

MET = $1/4 \times \Delta T \times \alpha \times (EcI)/h$.. (2.6.2.18)



Gambar 2. 21 Momen lapangan akibat temperatur

$$MET = 7/8\Delta T \alpha x((Ecl)/h) \dots (2.6.2.19)$$

4. Penulangan Pelat Lantai

- Penulangan Lentur pada Pelat Lantai

Mu = dari hasil M kombinasi (T.m)

$$Mn \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi} \text{ (T.m)} \dots\dots\dots (2.6.2.20)$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots (2.6.2.21)$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} \dots\dots\dots (2.6.2.22)$$

$$\rho b = \beta_1 \times \frac{0,85 fc'}{fy} \times \left(\frac{600}{600+fy} \right) \dots\dots (2.6.2.23)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho b \dots\dots\dots (2.6.2.24)$$

$$Rn \text{ max} = \rho \text{ max} \times fy \times 1 - \frac{\frac{1}{2} \rho \text{ max} \times fy}{0,85 \times fc'} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.6.2.25)$$

Syarat, Rn < Rn maks OK

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} \dots\dots\dots (2.6.2.26)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \dots\dots (2.6.2.27)$$

Kontrol, ρ min < ρ < ρ max

Jika ρ berada diantara ρ min dan ρ maks, maka yang digunakan adalah ρ. Merencanakan

tulangan yang akan digunakan (diameter = mm)

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \text{ (mm}^2\text{) (2.6.2.28)}$$

Merencanakan jarak antar tulangan yang akan digunakan

$$S = \frac{\frac{\pi}{4} D \text{ Tul.lentur}^2 \times b}{A_s} \text{ (mm) (2.6.2.29)}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = \frac{\frac{\pi}{4} D \text{ Tul.lentur}^2 \times b}{S} \text{ (mm}^2\text{) (2.6.2.30)}$$

Syarat, $A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$ OK

- Penulangan Bagi pada Pelat Lantai

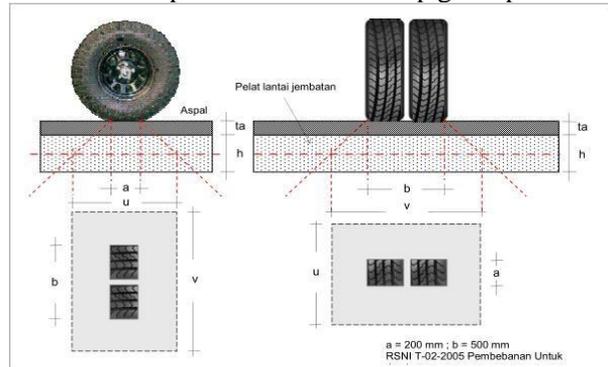
$$A_s' = \frac{1}{2} \times A_s \text{ pasang} \times D \text{ Tul. bagi (mm}^2\text{)}$$

$$\text{..... (2.6.2.31)}$$

Merencanakan jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{\pi}{4} D \text{ Tul.bagi}^2 \times b}{A_s} \text{ (mm) (2.6.2.32)}$$

5. Kontrol tebal pelat rencana terhadap geser pons



Gambar 2. 22 Distribusi geser pons pada plat

Distribusi Geser Pons

Geser pons tumpuan (gaya geser yang terjadi di atas girder) :

$$K_{uTT} = 1,8$$

$$P_{roda} = 11,25 \text{ T}$$

$$DLA = 0,3 \text{ (karena } L < 50 \text{ m)}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset = 0,75 \text{ (untuk geser)}$$

$$P_{max} = K_{uTT} \times (P_{roda} + (1 + DLA)) \dots (2.6.2.33)$$

$$u = b_{roda} + 2t_a + h \dots (2.6.2.34)$$

$$v = a_{roda} + 2t_a + h \dots (2.6.2.35)$$

$$b' = 2u + 2v \dots (2.6.2.36)$$

$$A_{pons} = b' \times d \dots (2.6.2.37)$$

$$d = t_s - d' - \frac{1}{2} \emptyset \text{ Tul.lentur} - \emptyset \text{ Tul.geser} \dots (2.6.2.38)$$

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b' \times d \dots (2.6.2.39)$$

$$V_u = \emptyset \times V_c \dots (2.6.2.40)$$

Kontrol, $V_u > P_{max}$

OK

Dimana :

u = panjang efektif dari keliling kritis (mm).

v = lebar efektif dari keliling kritis (mm).

t_s = tebal plat lantai kendaraan (mm).

t_a = tebal lapisan aspal dan overlay (mm).

A_{pons} = luas penampang kritis (mm).

d = tebal efektif lantai (mm).

d' = tebal selimut beton (mm).

\emptyset = faktor reduksi kekuatan.

V_c = kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser.

V_u = kekuatan geser terfaktor.

2.6.3 Perencanaan Girder

Unsur komposit terbentuk dari gelagar baja dan lantai beton yang digabungkan agar menghasilkan ketahanan kombinasi yang melebihi jumlah dari bagian tersendiri tanpa digabungkan.

1. Dimensi Efektif Penampang Komposit

Berdasarkan *RSNI T-03-2005 pasal 8.2.1*, lebar lantai yang dicakup oleh balok baja dalam menghitung besaran penampang komposit adalah nilai terkecil dari :

- $\frac{1}{5}$ panjang bentang gelagar.
- Jarak pusat ke pusat antara badan gelagar.
- 12 kali tebal minimum pelat lantai.

2. Pembebanan dan Analisa Gelagar Sesudah dan Sebelum Komposit

- Tahap 1 Sebelum komposit

a. Beban mati

Berat sendiri profil qs (kN/m)
 (2.6.3.1)

Pelat lantai beton = tsx S x BJ (kN/m)
 (2.6.3.2)

Berat sambungan = 10% x qs (kN/m)
 (2.6.3.3)

Berat bekisting = Wbekisting x S
 (kN.m) (2.6.3.4)

b. Momen lentur

Momen maksimum terjadi di tengah bentang

$M_{maks} = 1/8 \times q \times L^2$ (kN.m)

c. Tegangan yang terjadi pada gelagar baja

- Pada tepi atas profil baja

$F_{sa} = \frac{M_{maks} \times \frac{hs}{2}}{I_x}$ (MPa)
 (2.6.3.5)

- Pada tepi bawah profil gelagar baja

$F_{sa} = F_{sb}$ (MPa)

d. Lendutan

Lendutan maksimum ditengah bentang dipikul oleh gelagar

$$\delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_x \times I_x} \dots\dots\dots (2.6.3.6)$$

• Tahap 2 Kondisi komposit

a. Berat pekerja

Berat pekerja kondisi komposit (beton sudah mengeras) sebesar 500kg/m² yang dipikul penampang komposit.

$$Q_p = q \times S \text{ (kN/m)} \dots\dots\dots (2.6.3.7)$$

b. Momen lentur

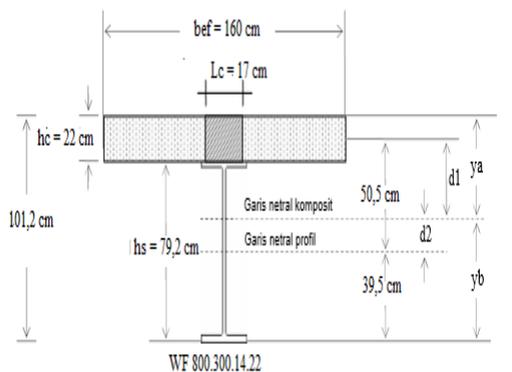
Momen maksimum terjadi di tengah bentang

$$M_{maks} = 1/8 \times q \times L^2 \text{ (kN.m)} \dots\dots\dots (2.6.3.8)$$

M total = M sebelum komposit + M kondisi komposit (kN.m)

c. Garis netral penampang komposit

Untuk perhitungan lebar efektif mengacu pada RSNI T-03-2005.



Gambar 2. 23 Letak garis netral penampang komposit

Lebar efektif berdasarkan *RSNI T-03-2005* diambil yang terkecil dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. $b_{eff} = L / 5$
2. $b_{eff} = S$
3. $b_{eff} = 12hc$

- Modulus ratio

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots (2.6.3.9)$$

Dimana :

E_s = modulus elastis baja (MPa)

E_c = modulus elastis beton (MPa)

- Lebar ekuivalen baja (L_c)

$$L_c = \frac{b_{eff}}{n} \dots\dots\dots (2.6.3.10)$$

Dimana :

b_{eff} = lebar efektif (m)

n = modulus ratio

- Letak garis netral penampang komposit
Luas total (A_{total}) = Luas penampang baja ekuivalen (A_c) + Luas Profil(A_s) (cm^2)
(2.6.3.11)

- Statis momen terhadap sisi atas pelat beton

$$A_{total} \cdot y_a = A_c \cdot (hc/2) + A_s \cdot (hs/2 + hc) \quad (2.6.3.12)$$

Statis momen terhadap sisi bawah pelat beton

$$A_{total} \cdot y_b = A_c \cdot (hs + hc/2) + A_s \cdot (hs/2) \quad (2.6.3.13)$$

$$y_a + y_b = h_s + h_c$$

Kontrol,

- Momen inersia penampang komposit

- a. Penampang baja ekivalen

$$I_{oc} = \frac{1}{12} \times L_c \times hc^3 \dots (2.6.3.14)$$

Letak pusat berat penampang baja ekivalen terhadap garis netral komposit.

$$d_1 = Y_a - \frac{hc}{2} \dots\dots\dots (2.6.3.15)$$

Momen inersia penampang baja ekuivalen terhadap garis netral komposit.

$$I_c = I_{oc} + A_c \times d_1^2 \dots\dots\dots (2.6.3.16)$$

b. Penampang profil

Momen inersia terhadap baja sendiri $I_{os} = I_x$
 Letak pusat berat penampang baja ekuivalen terhadap garis netral komposit.

$$d_1 = Y_a - \frac{hc}{2} \dots y_b \dots \left(\frac{hs}{2} \right)$$

Momen inersia penampang baja ekuivalen terhadap garis netral komposit.

$$I_s = I_{os} + A_s \times d^2 \dots\dots\dots (2.6.3.18)$$

c. Momen inersia penampang komposit

$$I = I_c + I_s \dots\dots\dots (2.6.3.19)$$

• Tegangan yang terjadi pada penampang komposit

a. Pada tepi atas plat beton

$$\dots\dots\dots (2.6.3.20) \quad f_{sa} = \frac{M_{max} \times Y_a}{n \times I}$$

b. Pada tepi bawah profil gelagar

$$\dots\dots\dots f_{sb} = \frac{M_{max} \times (Y_a - hc)}{n \times I}$$

c. Pada tepi atas profil WF

$$f_{sa} = \frac{M \cdot (y_a - 200 \text{ mm})}{I} \dots \dots \dots (2.6.3.22)$$

d. Pada tepi atas plat beton

$$\dots\dots\dots (2.6.3.21) \quad f_{sb} = \frac{M \cdot (y_b)}{I}$$

- Jumlah tegangan yang terjadi pada penampang komposit

a. Pada tepi atas flens profil WF

$$f_{sa} = f_{sa \text{ sebelum komposit}} + f_{sa \text{ komposit}}$$

b. Pada tepi bawah flens profil WF

$$f_{sb} = f_{sb \text{ sebelum komposit}} + f_{sb \text{ komposit}}$$

- Lendutan

Lendutan maksimum ketika kondisi penampang komposit

$$\delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_x \times I_x} \dots\dots\dots (2.6.3.24)$$

3. Kekuatan Lentur Balok Komposit Tanpa Penyangga

Untuk pelaksanaan tanpa penyangga selama beton masih basah, gelagar baja tidak komposit direncanakan mendukung berat sendiri dan beban pelaksanaan. Setelah beton mengeras, aksi komposit terjadi dan flens atas dianggap tertahan penuh. Gelagar komposit harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$M_u \leq \phi M_n \dots\dots\dots (2.6.3.25)$$

Dimana :

M_u = momen lentur ultimit.

ϕ = faktor reduksi kekuatan = 0,9
(RSNI T-03-2005, Tabel 3).

M_n = kuat lentur nominal.

a. Penampang Kompak

Berdasarkan *RSNI T-03-2005 pasal 8.3.1.2*, untuk penampang komposit dalam daerah momen positif (lantai beton dalam keadaan tekan) dengan gelagar tanpa menggunakan pengaku badan memanjang dan tanpa lubang pada pelat sayap profil baja yang tertarik serta sumbu garis netral momen plastis berada di atas bagian sayap, harus direncanakan memenuhi persyaratan pada

persamaan dibawah ini: $\frac{2h}{tw} \leq 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$

..... (2.6.3.26)

Dimana :

h = tinggi badan profil baja yang tertekan pada keadaan plastis (mm).

tw = tebal pelat badan profil baja (mm).

Es = modulus elastisitas baja = 200000 MPa.

Fy = tegangan leleh baja (MPa).

$\frac{h}{h'} \leq 5$ (2.6.3.27)

$h' = \alpha \frac{(hs+hc+th)}{7,5}$ (2.6.3.28)

Dimana :

$\alpha = 0,9$ untuk $fy \leq 250$ MPa

$0,7$ untuk $fy > 250$ Mpa.

hs = tinggi total girder, dari serat atas sampai serat bawah (mm).

hc = tebal pelat lantai (mm).

th = tebal bantalan antara pelat lantai dengan serat atas profil baja (mm).

Untuk distribusi tekanan plastis dihitung sebagai berikut :

1. Kekuatan tekanan pada pelat lantai “ C ” sama dengan yang paling kecil untuk nilai-nilai yang diberi oleh persamaan berikut :

$C = 0,85 fc' bp tp + (A \times fy)c$
..... (2.6.3.29)

Dimana :

b_p = lebar pelat lantai efektif.

t_p = tebal pelat lantai (mm).

A = luas daerah pelat lantai beton

dyang tertekan (mm^2).

F_y = tegangan leleh baja tulangan
yang tertekan pada pelat lantai
(MPa).

$$C = (A \times f_y)_{bf} + (A \times f_y)_{if} + (A \times f_y)_w$$

..... (2.6.3.30)

Dimana :

$(A \times f_y)_{bf}$ = A adalah luas daerah pelat baja
serat bawah (mm^2) dan f_y
adalah tegangan leleh pelat
baja serat bawah (MPa).

$(A \times f_y)_{if}$ = A adalah luas daerah pelat baja
serat atas (mm^2) dan f_y adalah
tegangan leleh pelat baja serat
atas (MPa).

$(A \times f_y)_w$ = A adalah luas daerah badan
(mm^2) dan f_y adalah tegangan
leleh pelat baja serat atas
(MPa).

2. Kedalaman daerah tekan pada pelat lantai “a”
dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{C - (A \times F_y)c}{0,85 \times F_c' \times b_e} \dots \dots \dots (2.6.3.31)$$

Dimana :

b_e = lebar efektif pelat lantai.

3. Ketika kekuatan tekan pada pelat lantai kurang
dari nilai yang diberi oleh persamaan
(2.6.3.31), maka bagian serat atas profil baja
akan tertekan dengan nilai yang diberi oleh
persamaan yang berikut :

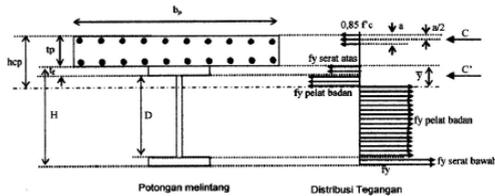
$$C' = \frac{\Sigma(A \times F_y) - C}{2} \dots \dots \dots (2.6.3.32)$$

4. Penempatan garis netral, di dalam profil baja
yang diukur dari puncak profil baja adalah
ditentukan sebagai berikut :

- Untuk $C' < (A \times Fy)_{tf}$
maka,
$$\bar{y} = \frac{C''}{(A \times Fy)_{tf}} \dots \dots \dots (2.6.3.33)$$
- Untuk $C' \geq (A \times Fy)_{tf}$
maka,
$$\bar{y} = tf \frac{C'' - (A \times Fy)_{tf}}{(A \times Fy)_w} D \dots \dots \dots (2.6.3.34)$$

Dimana :

- \bar{y} = garis netral dari serat atas profil pelat baja (mm).
- t_f = ketebalan profil pelat baja pada daerah serat atas (mm)
- D = tinggi bersih badan profil baja (mm).



Gambar 2. 24 Distribusi tegangan plastis

Untuk kekuatan lentur nominal penampang M_n harus ditentukan dari rumus sebagai berikut :

1. Untuk $h_{cp} \leq h'$
$$M_n = M_p \dots (2.6.3.35)$$

Dimana :

M_p = kekuatan lentur nominal penampang yang ditentukan dengan teori plastis sederhana.

2. Untuk $h' \leq h_{cp} \leq 5h'$
$$Z = F \times S \dots \dots \dots (2.6.3.36)$$

$$M_y = F_y \times Z \dots \dots \dots (2.6.3.37)$$

$$M_n =$$

$$\frac{5 M_p - 0,85 M_y}{4} + \frac{0,85 M_y - M_p}{4} \left(\frac{h_{cp}}{h'} \right)$$

..... (2.6.3.38)

Dimana :

M_p = kekuatan lentur nominal penampang yang ditentukan dengan teori plastis sederhana (N-m).

M_y = kapasitas pada saat terjadi leleh pertama pada gelagar baja komposit akibat momen positif (N-m).

Z = modulus penampang bagian profil gelagar yang tertarik, dan untuk transformasi penampang beton menjadi baja dapat digunakan modulus rasio (n).

H = tinggi total girder (dari serat atas sampai serat bawah) (mm).

t_p = tebal pelat lantai (mm).

t_h = tebal bantalan antara pelat lantai dengan serat atas profil baja (mm).

F = faktor bentuk penampang (penampang I, $f = 1,12$).

S = modulus elastis penampang.

2.6.4 Perencanaan Diafragma

Gelagar jembatan berfungsi untuk menerima beban-beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkannya ke bangunan dibawahnya.

1. Pembebanan pada Diafragma

- Diasumsikan deformasi diafragma akibat beban sendiri

$$\Delta = \Delta_{ijin}/4 \text{ (mm) (2.6.4.1)}$$

- Diakibatkan deformasi beban roda

$$\Delta = \Delta_{ijin}/4 \text{ (mm) (2.6.4.2)}$$

- $\Delta_{total} = \Delta_{akibat \text{ beban sendiri}} + \Delta_{akibat \text{ beban roda}}$ (mm) (2.6.4.3)

- $M_{total} = \frac{\Delta \times EI \times k}{L^2}$ (N.mm) (2.6.4.4)

2.6.5 Shear Connector (Penghubung Geser)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser agar tidak terjadi slip pada masa layan. (Agus Setiawan “ Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD ” pasal 12.6). Menurut *AISC - LRFD* kekuatan nominal paku/stud (Q_n) adalah :

$$Q_n = \frac{0,5 \times A_s \times \sqrt{F_c' \times E_c}}{SF} \dots\dots\dots (2.6.5.1)$$

Dimana :

Q_n = kuat nominal geser untuk penghubung geser (kN)

A_s = luas penampang penghubung geser jenis paku/konektor stud (mm^2).

F_c' = kuat tekan beton (MPa).

E_c = modulus elastis beton (MPa).

SF = safety factor.

Untuk perencanaan struktur komposit penuh, maka gaya geser horizontal ditentukan oleh kapasitas tekan beton (V_{hc}) atau kapasitas tarik baja (V_{hs}), diambil yang terkecil :

$$V_{hc} = \frac{0,085 \times F_c \times b_e \times t_b}{SF} \dots\dots\dots (2.6.5.2)$$

$$V_{hs} = \frac{A_s \times F_y}{SF} \dots\dots\dots (2.6.5.3)$$

2.6.6 Sambungan Baja

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. (Agus Setiawan “ Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD ” bab 6).

1. Luas Baut dan Tarikan minimum

Berdasarkan *RSNI T-03-2005 pasal 4.4.3.2*, Alat sambung mutu tinggi boleh digunakan bila memenuhi ketentuan berikut :

- a. Komposisi kimiawi dan sifat mekanisnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- b. Diameter batang, luas tumpu kepala baut, dan mur atau penggantinya, harus lebih besar dari nilai nominal yang ditetapkan dalam ketentuan yang berlaku. Ukuran lainnya boleh berbeda.
- c. Persyaratan gaya tarik minimum alat sambung ditentukan pada **tabel 2.22** di bawah ini :

Tabel 2. 22 Gaya tarik baut minimum

Diameter nominal baut [mm]	Gaya tarik minimum [kN]
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

Faktor reduksi kekuatan \emptyset diambil dari nilai-nilai yang dapat dilihat pada tabel 2.23.

Tabel 2. 23 Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ
a. Lentur	0,90
b. Geser	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

Luas baut metrik umum diberikan dalam tabel 2.24. Tarikan baut minimum diperlukan untuk baut metrik dalam sambungan, geser diberikan dalam tabel 2.22.

Tabel 2. 24 Luas baut

Diameter Nominal Baut d_r (1)	Luas Baut mm ²		
	A_n (2)	A_s (3)	A_b (4)
M16	144	157	201
M20	225	245	314
M24	324	353	452
M30	519	561	706
M36	759	817	1016

Catatan :
 A_n (2) = Luas inti baut, diukur pada diameter lebih kecil dari benang.
 A_s (3) = Luas untuk menghitung kekuatan tarik.
 A_b (4) = Luas bagian polos nominal baut berdasarkan diameter nominal baut.

2. Kekuatan Geser Nominal Baut

Berdasarkan *RSNI T-03-2005 pasal 11.2.4.1*, Kekuatan geser V_f , dari baut harus dihitung sebagai berikut:

$$V_f = 0,62 \times F_{uf} \times K_R \times (n_n \times A_e + n_x \times A_o) \dots\dots\dots (2.6.3.18)$$

Dimana :

F_{uf} = kekuatan tarik minimum baut (MPa)
 – lihat tabel 2.21.

K_R = faktor reduksi, untuk memperhitungkan panjang sambungan lebih yang dibaut dapat dilihat pada **tabel 2.25**, untuk semua sambungan lain, $k_r = 1.0$.

n_n = jumlah bidang geser melalui bagian baut.

A_e = luas diameter lebih kecil pada baut (mm^2).

n_x = jumlah bidang geser melalui bagian baut.

A_o = luas batang polos nominal pada baut (mm^2).

Tabel 2. 25 Faktor reduksi untuk sambungan lebih yang dibaut

Panjang	Faktor Reduksi, Kr
$L_t < 300$	1,0
$300 < L_t < 1300$	$1,075 - L_t/4000$
$L_t > 1300$	0,75

3. Kekuatan Tarik Nominal Baut

Berdasarkan *RSNI T-03-2005 pasal 11.2.4.2*, Kekuatan tarik nominal baut (N_{tf}) harus dihitung sebagai berikut:

$$N_{tf} = A_s \times F_{uf} \dots\dots\dots (2.6.3.19)$$

Dimana :

A_s = luas tegangan tarik baut (mm^2) – lihat tabel 2.24.

2.6.7 Perencanaan Perletakan

2.6.7.1 Dasar Perencanaan

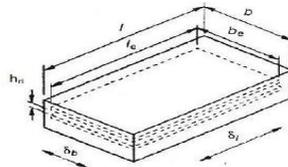
Berdasarkan pedoman yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang berjudul *Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan*, perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban antara bangunan atas

dan bangunan bawah. Oleh karena itu, perletakan harus dirancang untuk mengakomodasi perputaran dan dapat memberikan perpindahan tertentu. Perletakan yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah perletakan bearing pad.

2.6.7.2 Perencanaan Bantalan Elastomer

Berlapis

1. Luas area elastomer yang diperlukan.
 $A = L \times W \dots\dots\dots (2.6.7.2.1)$
 Dimana :
 $A =$ luas keseluruhan / bonded surface area (mm^2).
 $L =$ panjang efektif keseluruhan elastomer (mm).
 $W =$ lebar efektif keseluruhan elastomer (mm).
2. Asumsikan dimensi-dimensi dalam perletakan elastomer berdasarkan perhitungan luas yang telah dihitung di no 1.
3. Hitung shape faktor / faktor bentuk
 $I_p = 2(L + W) \dots\dots\dots (2.6.7.2.2)$
 $S = \frac{A}{I_p h_{ri}} \dots\dots\dots (2.6.7.2.3)$
 Dimana :
 $S =$ faktor bentuk.
 $I_p =$ keliling elastomer, termasuk lubang/bonded surface perimeter (mm).
 $h_{ri} =$ ketebalan efektif karet pada lapisan antara/internal layer (mm).



Gambar 2. 25 Bearing pad

Faktor bentuk (S) harus berada dalam batas berikut ini:

- Untuk bantalan polos $1 < S < 4$.
- Untuk bantalan tipe berlapis $4 < S < 12$.

4. Cek Tegangan Izin

$$\sigma_s = \frac{(P_{DL} + P_{LL})}{A} \dots\dots\dots (2.6.7.2.4)$$

$$\sigma_L = \frac{(P_{LL})}{A} \dots\dots\dots (2.6.7.2.5)$$

Dimana :

A = luas keseluruhan (*bonded surface area*) (mm^2).

P_{DL} = beban mati rencana (N).

P_{LL} = beban hidup rencana (N).

σ_s = tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa).

σ_L = tegangan rata-rata akibat beban hidup (Mpa).

Terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya dapat dicegah dengan menggabungkan batasan tekan yang dipenuhi berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma_s \leq 7 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (2.6.7.2.6)$$

$$\sigma_s \leq 1,0 \text{ GS} \dots\dots\dots (2.6.7.2.7)$$

Dimana :

G = modulus geser elastomer (MPa).

S = faktor bentuk.

σ_s = tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa).

5. Cek Deformasi Geser

h_{ri} = jumlah tebal lapisan internal + jumlah tebal cover

$$h_{ri} = 2 \Delta s \dots\dots\dots (2.6.7.2.8)$$

Dimana :

h_{ri} = ketebalan total elastomer (mm).

Δs = deformasi geser rencana (mm).

6. Cek Rotasi

$$\sigma_s = 0,5 G S \left(\frac{L}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \dots\dots (2.6.7.2.9)$$

$$\sigma_s = 0,5 G S \left(\frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} \dots\dots (2.6.7.2.10)$$

Dimana :

n = jumlah lapisan internal karet.

G = modulus geser elastomer (Mpa).

$\theta_{s,x}$ = maksimum perputaran pada setiap sumbu (rad).

S = faktor bentuk.

h_{ri} = ketebalan lapisan internal (mm).

W = lebar dari bantalan elastomer (tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan) (mm).

L = panjang dari bantalan elastomer (sejajar dengan sumbu memanjang jembatan) (mm).

7. Cek Stabilitas

$$H \leq \frac{L}{3} \dots\dots\dots (2.6.7.2.11)$$

$$H \leq \frac{W}{3} \dots\dots\dots (2.6.7.2.12)$$

$$h_{cover} < 0,7 h_{ri} \dots\dots\dots (2.6.7.2.13)$$

Dimana :

H = tinggi dari bantalan elastomer
(mm).

L = panjang dari bantalan elastomer
(sejajar dengan sumbu) (mm)

W = lebar dari bantalan elastomer
(tegak lurus terhadap sumbu
memanjang jembatan) (mm).

h_{ri} = ketebalan lapisan internal (mm).

8. Menentukan Tebal Pelat

- Kondisi Layan

$$h_s \geq \frac{3 h_{rmax} \sigma_s}{f_y} \dots\dots\dots (2.6.7.2.14)$$

- Kondisi Fatik

$$h_s \geq \frac{2 h_{rmax} \sigma_L}{\Delta F_{TH}} \dots\dots\dots (2.6.7.2.15)$$

Dimana :

h_{rmax} = ketebalan maks lapisan
elastomer pada bantalan
elastomer (mm).

h_s = ketebalan lapisan plat pada
elastomer berlapis plat (mm).

F_y = batas ulur dari pelat baja yang
digunakan (MPa).

F_{TH} = batas fatik (*constant amplitude
fatigue threshold*) yang
digunakan (MPa).

σ_s = tegangan rata-rata akibat beban
total (MPa).

σ_L = tegangan rata-rata akibat beban
hidup (MPa).

2.7 Perencanaan Bangunan Bawah

Yang termasuk bangunan bawah jembatan adalah abutment, dan pilar. Dimana setiap bagian tersebut akan dijelaskan sebagai :

2.7.1 Perencanaan Kepala Jembatan

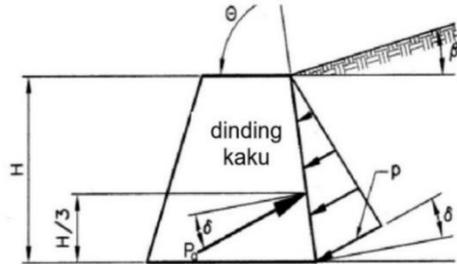
Kepala jembatan (abutment) merupakan suatu bangunan / bagian dari konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. Tekanan tanah dapat berupa tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal di bagian belakang abutment dan besar tekanan dapat meningkat perlahan – lahan sampai mencapai harga tetap. Sedangkan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif. Beban yang bekerja pada abutment yaitu:

Beban yang bekerja pada abutment yaitu :

- **Beban Vertikal.**
 - Beban dari bangunan atas (tercantum pada perhitungan girder).
 - **Beban mati merata.**
 - Berat sendiri girder.
 - Beban pelat lantai kendaraan.
 - **Beban mati terpusat.**
 - Beban parapet.
 - Beban diafragma.
 - **Beban hidup merata**
 - Beban UDL.
 - Beban air hujan.
 - **Beban hidup terpusat**
 - Beban KEL.
 - Berat sendiri abutment.
 - Berat pelat injak.
 - Berat tanah.
- **Beban Horizontal**

- Tekanan Tanah Aktif

Berdasarkan SNI 1725–2016 pasal 7.4.4.7, Arah gaya dari tekanan tanah aktif adalah horizontal ke arah dalam jembatan, tepatnya tanah aktif berada di belakang abutment.



Gambar 2. 26 Notasi untuk perhitungan tekanan aktif coulomb

Nilai-nilai untuk koefisien tekanan tanah lateral aktif dapat diambil sebagai berikut:

$$K_a = \frac{\sin^2(\theta + \phi'_i)}{\Gamma [\sin^2 \theta \sin(\theta - \delta)]} \dots\dots\dots (2.7.1.1)$$

Dengan,

$$\Gamma = 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_i + \delta) \sin(\phi'_i - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \sin(\theta + \beta)}}^2 \dots\dots\dots (2.7.1.2)$$

Dimana :

δ = sudut geser antara ukuran dan dinding ($^\circ$), nilai δ diambil melalui pengujian laboratorium.

β = sudut pada ukuran terhadap garis horizontal ($^\circ$).

Θ = sudut dinding belakang terhadap garis horizontal ($^{\circ}$).

ϕ_f = sudut geser efektif tanah.

- Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif pada kepala jembatan direncanakan setinggi poer. Untuk menghitung tekanan tanah pasif digunakan rumus :

$$p_p = k_p \gamma_s Z + 2c \sqrt{k_p} \dots\dots\dots (2.7.1.3)$$

Dimana :

P = tekanan tanah lateral pasif (kPa).

γ_s = berat jenis tanah (kN/m³).

Z = kedalaman diukur dari permukaan tanah (m).

c = kohesi tanah (kPa).

k_p = koefisien tekanan tanah lateral pasif.

- Tekanan Tanah Dinamik Akibat Beban Gempa

Jika diasumsikan abutment sebagai tembok fleksibel (BMS BDC 1992 Lampiran A-21) maka sudut kemiringan tepi belakang tembok diukur terhadap vertical (β).

$$\emptyset = \tan^{-1}(Kcr \times \tan \emptyset) \dots (2.7.1.4)$$

$$\Delta = 2/3 \emptyset \dots\dots\dots (2.7.1.5)$$

$$KAG = \frac{\cos^2(\theta^0 - \beta - \theta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta^0 + \beta + \theta) \left(1 + \frac{\sin(\theta^0 + \delta^0) \cdot \sin(\theta^0 - \alpha - \theta)}{\cos(\delta^0 + \beta + \theta) \cdot \cos(\beta - \alpha)} \right)} \dots\dots\dots (2.7.1.6)$$

$$\Delta Kag = KaG - Ka \dots\dots\dots (2.7.1.7)$$

$$\Delta PG = (\gamma t H^2) / 2 \times \Delta Kag \times H. (2.7.1.8)$$

Dimana :

KAG = koefisien tekanan tanah aktif

dinamik.

Δ KAG = tambahan koefisien tekanan tanah dinamik.

Δ PG = tekanan tanah dinamik.

β = sudut geser tepi belakang tembok (0).

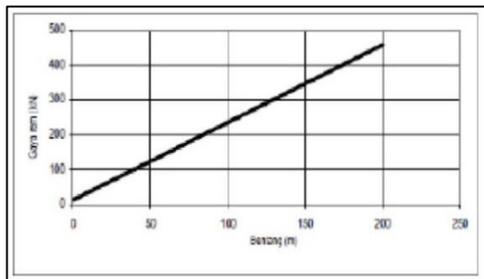
a = sudut kemiringan jurugan (0,83).

δ = rencana sudut geser tembok.

\emptyset = sudut geser tanah nominal.

- **Beban Rem**

Berdasarkan *SNI 1725 - 2016 Pembebanan Untuk Jembatan*, gaya rem diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas atau bisa menggunakan grafik berikut :



Gambar 2. 27 Grafik beban rem

- **Gaya Gempa Bumi**

Berdasarkan *SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Analisis beban gempa direncanakan dengan metode beban horizontal statis ekuivalen. Beban gempa bangunan atas yang masuk pada

abutment direncanakan 50% dari total beban.

- **Beban Angin**

Gaya angin (TEW)

$$TEW = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [kN]}$$

..... (2.7.1.9)

$$A_b = L \times d \text{ (2.7.1.10)}$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin

rencana (m/dt) – lihat
tabel 2.10.

C_w = Koefisien seret – lihat

tabel 2.11.

A_b = Luas ekuivalen

bagian samping

jembatan ($h \times L$) (m^2).

L = Panjang jembatan (m).

d = Tinggi samping jembatan yang
terkena angin, dimana hal ini
adalah jarak dari antar gelagar
sampai tinggi truk (m).

2.7.2 Perencanaan Pondasi

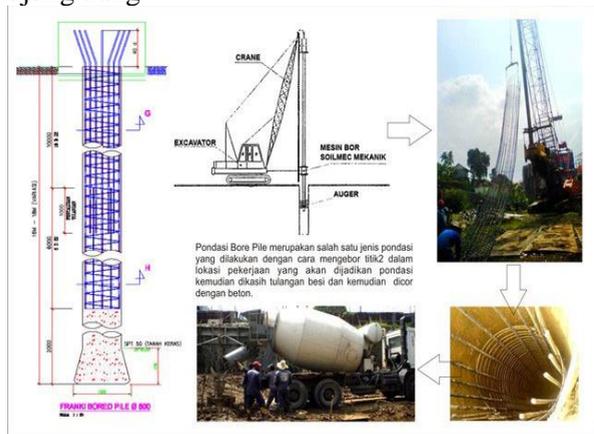
Pemilihan pondasi yang akan digunakan harus bersumber pada data hasil penyelidikan tanah dengan tujuan untuk mengetahui letak tanah keras yang ada di lokasi tersebut. Data hasil penyelidikan tanah yang didapat berupa data SPT. Setelah mengetahui letak tanah keras tersebut, maka bisa dipilih tipe pondasi yang akan digunakan. Untuk letak tanah keras yang lebih dari 10 meter maka dipilih jenis pondasi dalam sehingga beban dapat disalurkan ke tanah keras.

Pondasi berfungsi untuk meneruskan atau mendistribusikan beban dari super struktur ke

tanah agar keseluruhan bangunan dapat berdiri kokoh di atas tanah. Sedangkan pondasi bored pile digunakan untuk menjaga kestabilan lereng dinding penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar. Pondasi bored pile digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m. Pondasi tiang suatu konstruksi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolitik dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi (Nakazawa. K, 1983). Perencanaan pondasi bored pile mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahap yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman serta ekonomis.

Daya dukung bored pile diperoleh dari daya dukung ujung (end bearing capacity) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya. Bored pile berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung bored pile yaitu dengan menggunakan

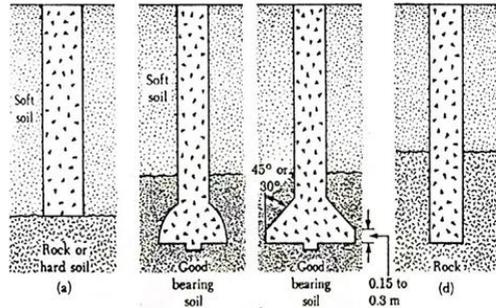
metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang.



Gambar 2. 28 Pondasi bored pile

Ada berbagai jenis pondasi bored pile yaitu:

1. Bore pile lurus untuk tanah keras.
2. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
3. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
4. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2. 29 Jenis – jenis bored pile

2.7.2.1 Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Untuk menentukan daya dukung suatu tiang pancang berdasarkan hasil data SPT maka dapat menggunakan rumus:

- a. Daya Dukung Ujung Tiang Pancang
Daya dukung ultimit pada ujung bored pile dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_p = q_p \times A \dots\dots\dots (2.7.2.1.1)$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ultimit ujung tiang (ton).

q_p = tahanan ujung per satuan luas (ton/m²).

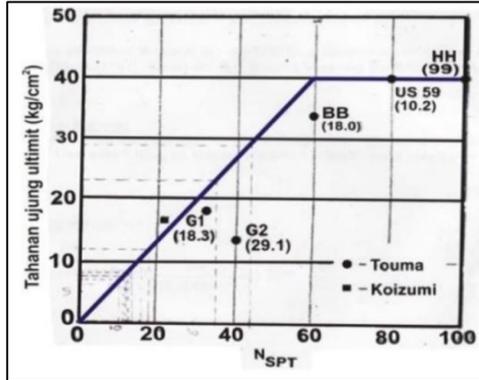
A = luas penampang bored pile (m²).

Pada tanah kohesif besar tahanan ujung per satuan luas (q_p) dapat diambil sebesar 9 kali kuat geser tanah. Sedangkan pada tanah non kohesif, Reese mengusulkan korelasi antara q_p dengan NSPT. Untuk tanah kohesif :

$$q_p = 9 \times C_u \dots\dots\dots (2.7.2.1.2)$$

$$C_u = 2/3 \cdot N - SPT.10 \dots\dots\dots (2.7.2.1.3)$$

Reese & Wright mengusulkan korelasi antara q_p dan NSPT seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2. 30 korelasi antara q_p dan NSPT

Daya dukung ujung batas bored pile pada tanah pasiran :

- Untuk $N < 60$ maka $q_p = 7N$ (t/m^2) < 400 (t/m^2).
- Untuk $N > 60$ maka $q_p = 400$ (t/m^2)
N adalah nilai rata – rata SPT.

Untuk tanah non kohesif rumus yang digunakan adalah

$$Q_p = q_p \cdot A_p = 7N \cdot A_p \dots\dots\dots (2.7.2.1.4)$$

$$N = (N_1 + N_2) / 2 \dots\dots\dots (2.7.2.1.5)$$

b. Daya Dukung Selimut Tiang

Perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah homogen dapat dituliskan dalam bentuk :

$$Q_s = f_s \cdot L \cdot p \dots\dots\dots (2.7.2.1.6)$$

Dimana :

Q_s = daya dukung ultimit selimut

- tiang (ton).
- f_s = gesekan selimut tiang (ton/m²).
- L = panjang tiang (m).
- p = keliling penampang tiang (m).

Bila bored pile terletak pada tanah yang berlapis, maka formula tersebut dapat dimodifikasi sebagai berikut :

$$Q_s = \sum f_s \cdot L \cdot p \dots\dots\dots (2.7.2.1.7)$$

Dimana :

- Q = daya dukung ultimit selimut tiang (ton).
- f_s = gesekan selimut tiang (ton/m²).
- L = panjang tiang (m).
- p = keliling penampang tiang (m).

Nilai L dan p untuk perhitungan diatas diperoleh dari data tiang yang akan digunakan, sedangkan nilai f dari perhitungan menggunakan metode Reese & Wright (1977). Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah. Untuk tanah kohesif dan non kohesif dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$f = \alpha \cdot C_u \dots\dots\dots (2.7.2.1.8)$$

Dimana :

- α = Faktor adhesi, berdasarkan penelitian Resse & Wright(1977).
= 0,55.
- C_u = Kohesi tanah (ton/m).

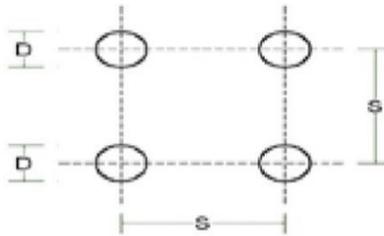
Pada tanah non kohesif :

- Untuk $N < 53$ maka $f = 0,32 N$ (ton/m)
- Untuk $53 < N < 100$ maka f diperoleh dari korelasi langsung dengan NSPT (Resse & Wright).

2.7.2.1 Efisiensi Kelompok Tiang (Group)

Berikut adalah metode - metode dalam perhitungan efisiensi tiang :

1. Metode Converse Labarre



Gambar 2. 31 Gambar baris kelompok tiang

Dimana :

D = diameter tiang.

S = jarak pusat ke pusat antar tiang.

Maka persamaannya adalah :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad \dots (2.7.2.2.1)$$

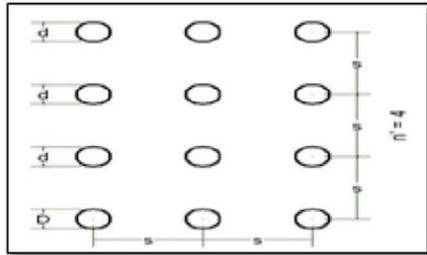
Dimana :

E_g = efisiensi kelompok tiang (%).

M = jumlah baris tiang.

N = jumlah tiang dalam satu baris.

Θ = Arc tg D/S , dalam derajat.



Gambar 2. 32 Definisi jarak s dalam hitungan efisiensi tiang

2. Metode Seiler Keeney

Perhitungan daya dukung tiang kelompok direncanakan konfigurasi dan efisiensi. Efisiensi tiang kelompok ini dihitung dengan menggunakan rumus *Seiler Keeney* :

$$E_g = \left(1 - \frac{36s \cdot (m+n-2)}{(75s^2 - 7) \cdot (m+n-1)}\right) + \frac{0,3}{m+n} \quad (2.7.2.2.2)$$

Dimana :

- E_g = koefisien kelompok tiang pancang.
- m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah).
- n = jumlah tiang dalam satu baris (buah).
- s = jarak tiang ke sumbu x (m).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Uraian

Metodologi suatu perencanaan adalah tata cara atau urusan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan jembatan. Persoalan awal yang dihadapi dalam perencanaan jembatan adalah penetapan panjang, bentang efektif, posisi pangkal dan pilar jembatan, arah lintasan, kebebasan ruang, dan penurunan pondasi. Faktor-faktor ini dipengaruhi oleh kondisi topografi, kekuatan dasar tanah, karakteristik perlintasan, dan kondisi lingkungan pada lokasi perencanaan. Sehingga diperlukan survey yang memadai sesuai dengan faktor-faktor yang dipertimbangkan tersebut.

3.2 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam memodifikasi Jembatan Kedung Galeng sebagai berikut :

1. Data gambar jembatan, meliputi :
 - Potongan memanjang.
 - Potongan melintang.
 - Penampang sungai.
2. Data penyelidikan tanah.
3. Data topografi.

3.3 Studi Literatur

Dalam memodifikasi Jembatan Kedung Galeng digunakan studi literatur sebagai berikut:

1. SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan.
2. SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
3. RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.
4. RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Jembatan.

5. Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
6. BMS BDC 1992.
7. Ir. Thamrin Nasution. 2012. Modul Kuliah “ *Struktur Baja II* ” Departemen Teknik Sipil, FTSP ITM.
8. Agus Setiawan. 2008. “ Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (berdasarkan SNI 03-1729-2002) ”.

3.4 Metode Perencanaan jembatan

3.4.1 Struktur Bangunan Atas

3.4.1.1 Sandaran atau Parapet

1. Pembebanan pada parapet.
 - a. Beban mati.
 - Berat sendiri.
 - b. Beban hidup.
 - c. Analisa gaya dalam (M_u).
2. Penulangan pada parapet.
 - a. Perhitungan tulangan lentur dengan menentukan dimensi penampang .
 - b. Menentukan nilai momen ultimate (M_u).
 - c. Menentukan nilai momen nominal (M_n).
 - d. Menentukan rasio tulangan berdasarkan *SNI T-12-2004*.
 - e. Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.
 - f. Lakukan kontrol kekuatan penampang dan bandingkan dengan momen ultimate yang akan dipikul oleh penampang.
 - g. Perhitungan tulangan pembagi.

3.4.1.2 Pelat Lantai Kendaraan

1. Preliminary desain.
2. Pembebanan pada pelat lantai kendaraan.
 - a. Berat sendiri pelat (M_S).

- b. Beban mati tambahan (MA).
 - c. Beban Truk “ T ” (TT).
 - d. Beban Angin (EW).
 - e. Pengaruh Temperatur (ET).
 - f. Analisa momen tumpuan maksimum dan lapangan maksimum pada pelat lantai kendaraan.
3. Kombinasi pembebanan berdasarkan *SNI 1725 – 2016*.
 4. Penulangan pada pelat lantai kendaraan
 - a. Tulangan lapangan.
 - Menentukan rasio tulangan berdasarkan *SNI T-12-2004*.
 - Menghitung luas tulangan perlu (Ast) dan memilih tulangan yang diperlukan.
 - b. Tulangan tumpuan
 - Menentukan rasio tulangan berdasarkan *SNI T-12-2004*.
 - Menghitung luas tulangan perlu (Ast) dan memilih tulangan yang diperlukan.
 5. Perhitungan geser pons.

3.4.1.3 Girder

1. Preliminary desain
2. Pembebanan dan analisa girder sesudah dan sebelum komposit.
 - Tahap 1 sebelum komposit.
 - a. Beban mati meliputi :
 1. Berat sendiri profil.
 2. Berat lantai beton.
 3. Berat sambungan.
 4. Berat bekisting.
 - b. Momen lentur.
 - c. Tegangan yang terjadi pada girder.
 - d. Lendutan.
 - Tahap 2 kondisi komposit.

- a. Berat pekerja.
- b. Momen lentur.
- c. Garis netral penampang komposit.
- d. Momen inersia
- e. Tegangan yang terjadi pada girder.
- f. Lendutan
- Analisa kekuatan Geser
 - a. Kontrol penampang
 - b. Garis netral plastis
- Analisa pembebanan
 - a. Berat sendiri
 - 1. Berat sendiri profil
 - 2. Berat lantai beton
 - b. Beban mati tambahan
 - 1. Berat aspal
 - 2. Berat air hujan
 - c. Beban lalu lintas
 - 1. Beban truk “ T ”
 - 2. Beban lajur “ D ” (BGT dan BTR)
 - d. Kontrol momen yang terjadi pada girder

3.4.1.4 Diafragma

1. Pembebanan pada diafragma.
 - a. Deformasi akibat berat sendiri.
 - b. Deformasi akibat beban roda.
 - c. Deformasi total.
 - d. Momen total.
2. Penulangan diafragma.
 - a. Perhitungan tulangan lentur dengan menentukan dimensi penampang.
 - b. Menentukan nilai momen ultimate (M_u).
 - c. Menentukan nilai momen nominal (M_n).
 - d. Menentukan rasio tulangan berdasarkan *RSNI T-12-2004*.

- e. Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.
- f. Lakukan kontrol kekuatan penampang dan bandingkan dengan momen ultimate yang akan dipikul oleh penampang.
- g. Perhitungan tulangan pembagi.

3.4.1.5 Shear Connector

1. Perhitungan gaya geser memanjang pada girder komposit dalam keadaan batas (ultimit).
2. Perhitungan gaya geser memanjang rencana berdasarkan *RSNI T-03-2005*.
3. Perhitungan kekuatan nominal paku/stud (Q_n) berdasarkan *AISC-LRFD*.
4. Perhitungan gaya geser horizontal oleh kapasitas tekan beton (V_{hc}) atau kapasitas tarik baja (V_{hs}) berdasarkan *AISC-LRFD*.

3.4.1.6 Sambungan Baja

Untuk menentukan perhitungan sambungan baja berdasarkan pada ***BAB II TINJAUAN PUSTAKA***.

3.4.1.7 Elastomer

1. Preliminary desain.
2. Pembebanan pada elastomer.

Untuk perhitungan pembebanan pada elastomer berdasarkan pada ***BAB II TINJAUAN PUSTAKA***.

3.4.2 Struktur Bangunan Bawah

3.4.2.1 Abutment

1. Preliminary desain.
2. Pembebanan pada abutment.
3. Analisa gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja pada abutment.
4. Perencanaan tulangan pada abutment.

3.4.2.2 Pondasi

1. Perencanaan daya dukung tanah.
2. Perencanaan kebutuhan bored pile dan konfigurasi bored pile.

3.4.3 Struktur Bangunan Pelengkap

3.4.3.1 Pelat Injak

1. Preliminary desain.
2. Pembebanan pada pelat injak.
 - a. Beban mati.
 - Aspal.
 - Tanah.
 - Pelat.
 - Air hujan.
 - b. Beban hidup.
 - $BTR = qLL$
 - $qu LL$
3. Penulangan pada pelat injak.

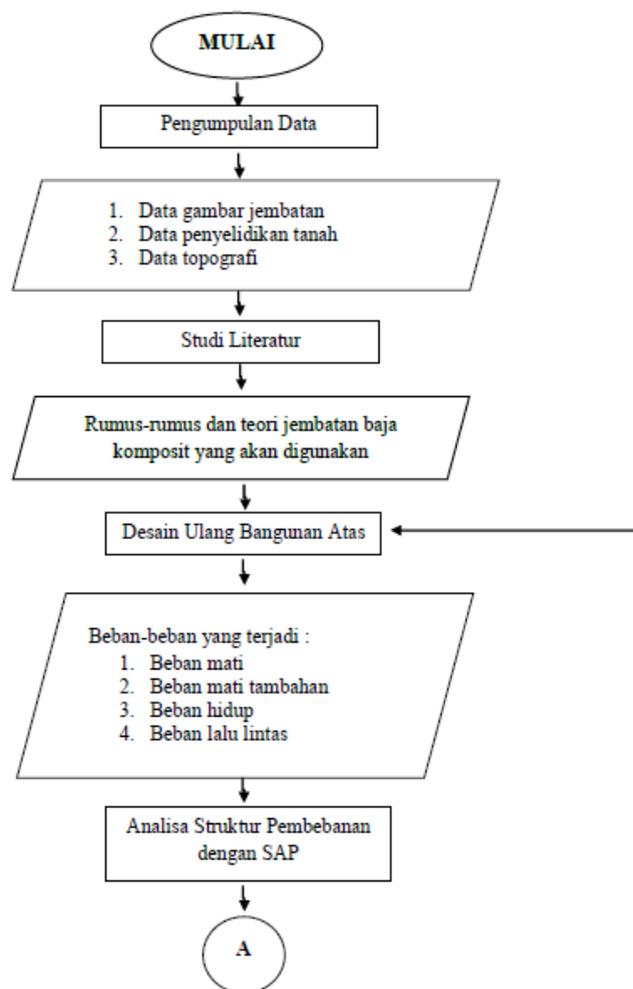
Untuk perhitungan penulangan pada pelat injak sama halnya dengan perhitungan pada parapet yang terdiri dari penulangan lentur dan penulangan geser/pembagi yang dapat disesuaikan dengan **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**.

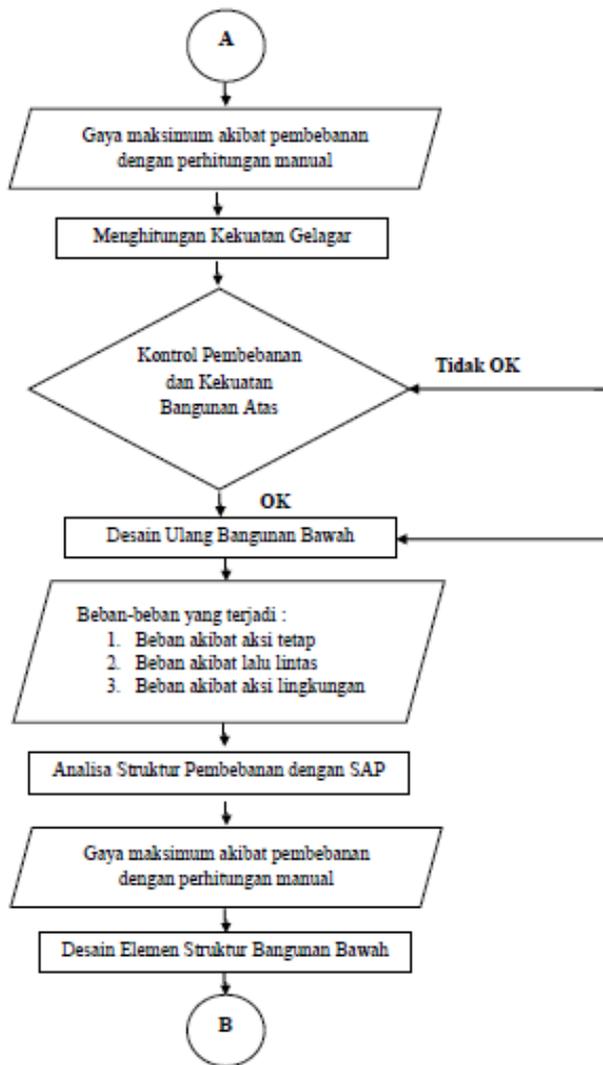
3.5 Penggambaran Hasil Rencana

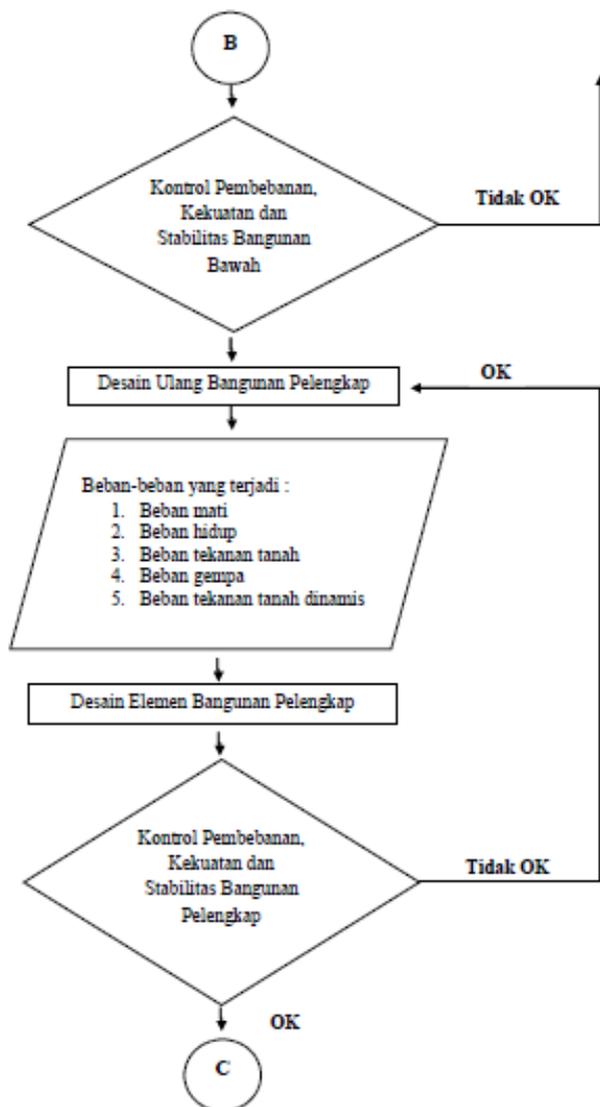
Hasil penggambaran rencana yang dilakukan berupa :

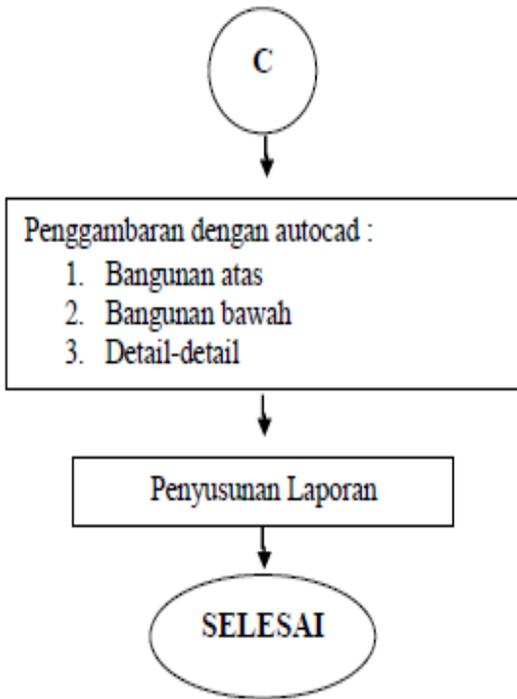
1. Gambar denah jembatan.
2. Gambar tampak jembatan.
3. Gambar potongan.
4. Gambar detail.

3.6 Bagan Alir Metodologi





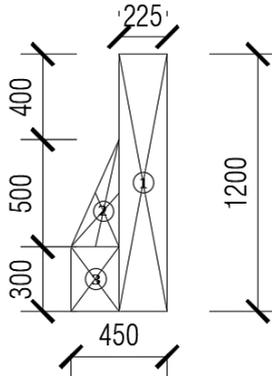




Gambar 3. 1 Bagan alir metodologi

BAB IV BANGUNAN ATAS

4.1 Parapet Sketsa Parapet



Gambar 4. 1 Sketsa parapet

Perencanaan Parapet

a. Data Perencanaan Parapet

Dimensi Parapet :

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$b1 = 0,450 \text{ m}$$

$$b2 = 0,225 \text{ m}$$

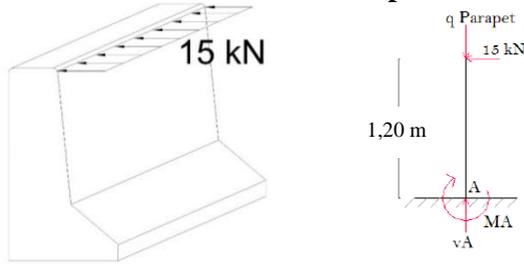
b. Pembebanan Parapet

No.	Dimensi	Volume	Beban Mati	
		b x h x l	Vol x BJ	KuMS
V1	h = 1,200 m b = 0,225 m	0,270 m ³	8,775	kN/m
V2	h = 0,500 m b = 0,225 m	0,113 m ³	3,656	kN/m
V3	h = 0,294 m b = 0,225 m	0,066 m ³	2,150	kN/m

$$\text{Total volume parapet} = 0,449 \text{ m}^3$$

$$\text{Total beban mati parapet} = 14,581 \text{ kN/m}$$

Permodelan Pembebanan Parapet



Gambar 4. 2 Beban pada parapet

Perhitungan Gaya Dalam

$$M_a = 15 \text{ kN} \times 1,20 \text{ m} = 18 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 18 \text{ kN.m} \times 1,8 = 32,4 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 15 \text{ kN} \times 1,8 = 27 \text{ kN}$$

c. Penulangan Parapet

Mutu beton	f_c'	25	Mpa
Mutu baja tulangan	f_y	400	Mpa
Decking	d'	30	mm
Tebal efektif	d	176	mm
Lebar yang ditinjau	b	1000	mm
Faktor reduksi lentur	ϕ	0,8	
Diameter tulangan lentur	D	19	mm
Diameter tulangan bagi	\emptyset	10	mm

$$\begin{aligned} d &= b_2 - d' - \emptyset \text{ tul bagi} - 0,5 \emptyset \text{ tul utama} \\ &= 225 - 30 - 10 - 9,5 \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32,4 \text{ kN.m}}{0,8} = 40,500 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{40,500 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 1000000}{1000 \text{ mm} \times 176^2 \text{ mm}} = 1,315 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,027 \end{aligned}$$

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

$$P_{\max} = 0,75 \times P_b = 0,75 \times 0,027 = 0,020$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}} = 18,824$$

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

$$= \frac{1}{18,824} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,824 \times 1,315 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}}} \right)$$

$$= 0,003$$

$$\text{Cek, } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 > 0,003 < 0,020$$

Dikarenakan nilai ρ lebih kecil dari ρ_{\min} maka yang dipakai adalah nilai ρ_{\min} .

a. Tulangan Pokok

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0,004 \times 1000 \text{ mm} \times 176 \text{ mm}$$

$$= 614 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan pokok D19

$$A_s \text{ pasang} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan

$$S = \frac{A_s \text{ pasang}}{A_s} \times b$$

$$= \frac{283 \text{ mm}^2}{614 \text{ mm}^2} \times 1000 \text{ mm}$$

$$= 461 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan utama D19-450

b. Tulangan Bagi

$$A_s \text{ geser} = 50 \% \times A_s$$

$$= 50 \% \times 614 \text{ mm}^2$$

$$= 307,125 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan bagi Ø10

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,500 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jarak minimum antar tulangan} \\
 n &= \frac{\text{As geser}}{\text{As tulangan}} \\
 &= \frac{307,125 \text{ mm}^2}{78,500 \text{ mm}^2} \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

Jadi menggunakan tulangan bagi 5Ø10

4.2 Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

a. Data Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Berdasarkan **RSNI T-12-2004 pasal.5.5.2** tentang tebal minimum pelat lantai kendaraan jembatan, tebal pelat lantai kendaraan harus memenuhi persyaratan berikut:

$$\begin{aligned}
 t_s &\geq 200 \text{ mm} \\
 t_s &\geq 100 + 0,04 \times L \\
 t_s &\geq 100 + 0,04 \times 4850 \\
 t_s &\geq 294 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 300 mm

Tebal Slab Jembatan	$t_s =$	0,3	m
Tebal Lapisan Aspal + overlay	$t_a =$	0,1	m
Tebal genangan air hujan	$t_h =$	0,05	m
Jarak antar girder	$S =$	2,2	m
Lebar jalur lalu lintas	$B =$	30,5	m
Lebar total jembatan	$b \text{ total} =$	32,3	m
Panjang bentang jembatan	$L =$	45,8	m

Mutu Beton

Kuat tekan beton	$f_c' = 0.83 K/10 =$	25	MPa
Modulus elastisitas	$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} =$	23500	MPa
Angka poisson	$\mu =$	0,2	
Modulus geser	$G = E_c/[2*(1+\mu)] =$	9791,667	MPa

Koef. muai panjang
beton

$$\alpha = 10^{-5} \quad /^{\circ}\text{C}$$

Mutu Baja

Mutu Baja Tulangan $D > 12$ mm	U	40	
Tegangan leleh baja	$f_y = U \cdot 10$	400	MPa
Mutu Baja Tulangan $D \leq 12$ mm	U	24	
Tegangan leleh baja	$f_y = U \cdot 10$	240	MPa

Berat Jenis

Berat beton bertulang	$W_c =$	25	kN/m ³
Berat beton tidak bertulang	$W'_c =$	22	kN/m ³
Berat aspal	$W_a =$	22	kN/m ³
Berat air	$W_w =$	9,8	kN/m ³
Berat baja	$W_s =$	77	kN/m ³

b. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Ditinjau lantai selebar 1 meter pada arah memanjang jembatan.

1. Berat Sendiri (MS)

Faktor beban

$$\text{Layan, } \gamma_{MS}^S = 1$$

$$\text{Ultimit, } \gamma_{MS}^U = 1,3$$

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 7.2

no.	Jenis Beban	Tebal (m)	Lebar (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m')
1	Lantai jembatan	0,30	1	25	7,5
Berat sendiri		Q _{MS}			7,5

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Faktor beban

$$\text{Layan, } \gamma_{MA}^S = 1$$

$$\text{Ultimit, } \gamma_{MA}^U = 2$$

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 7.3

no.	Jenis Beban	Tebal (m)	Lebar (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m')
1	Lapisan aspal + overlay	0,1	1	22	2,2
2	Air hujan	0,05	1	9,8	0,49
Beban mati tambahan		Q _{MA}			2,690

3. Beban Truk "T" (TT)

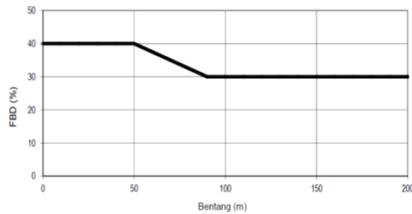
Faktor beban

$$\text{Layan, } \gamma_{TT}^S = 1$$

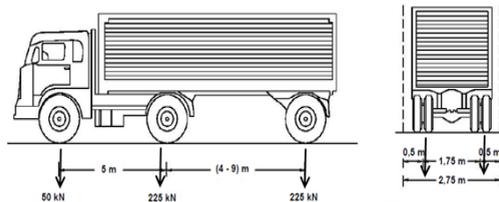
$$\text{Ultimit, } \gamma_{TT}^U = 2$$

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 8.6

Bentang Jembatan	=	45,8 m
Faktor beban dinamis	=	40% (Karena L < 50 m)



Gambar 4.3 Faktor beban dinamis beban " T "



Gambar 4.4 Tekanan gandar pada roda truk

Beban hidup pada lantai jembatan berupa besarnya roda ganda Truk (beban T) = 112,5 kN

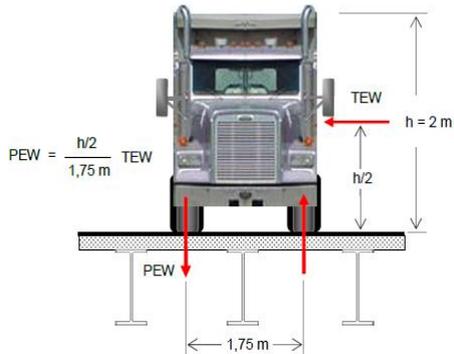
$$\begin{aligned} \text{Beban Truk menjadi PTT,} &= (1 + 0,40) \times 112,5 \text{ kN} \\ &= 157,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Beban Angin (EW)

$$\text{Koef Seret, } C_w = 1,2$$

Keterangan	Notasi	Layan	Ultimit	Satuan
Faktor beban	K_{EW}	1	1,2	
Kec. Angin untuk lokasi > 5 km dari pantai	V_w	25	30	m/det

Rumus,



Gambar 4. 5 Beban garis mendatar (T_{EW}) pada bidang samping kendaraan.

Beban garis mendatar (T_{EW}) pada bidang samping kendaraan.

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ [kN/m]}$$

Beban garis pada lantai akibat angina.

$$P_{EW} = \frac{h/2}{1,75 \text{ m}} T_{EW} \text{ [kN/m]}$$

a. Beban angin layan

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0012 C_w (V_w)^2 \\ &= 0,0012 \times 1,2 \times (25 \text{ m/det})^2 \end{aligned}$$

$$= 0,900 \text{ kN/m'}$$

$$P_{EW} = \frac{\frac{h}{2}}{1,75 \text{ m}} \times T_{EW}$$

$$= \frac{\frac{2 \text{ m}}{2}}{1,75 \text{ m}} \times 0,900 \text{ kN/m'}$$

$$= 0,514 \text{ kN/m'}$$

b. Beban angin ultimit

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2$$

$$= 0,0012 \times 1,2 \times (30 \text{ m/det})^2$$

$$= 1,296 \text{ kN/m'}$$

$$P_{EW} = \frac{\frac{h}{2}}{1,75 \text{ m}} \times T_{EW}$$

$$= \frac{\frac{2 \text{ m}}{2}}{1,75 \text{ m}} \times 1,296 \text{ kN/m'}$$

$$= 0,741 \text{ kN/m'}$$

5. Pengaruh Temperatur (ET)

Faktor beban

Layan	$K_{STE} = 1$
Ultimit	$K_{UTE} = 1,2$
Temp. Rata-rata minimum	$T_{min} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$
Temp. Rata-rata maksimum	$T_{maks} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$
Selisih temperatur	$\Delta T = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

c. **Momen Pelat Lantai Kendaraan**

1. Akibat Berat Sendiri (Q_{ms})

Momen Tumpuan Maksimum

$$M_{MS^T} = 1/12 \times Q_{ms} \times S^2$$

$$= 1/12 \times 7,5 \text{ kN/m} \times (2,2\text{m})^2$$

$$= 3,025 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M_{MS^L} = 1/24 \times Q_{ms} \times S^2$$

$$= 1/24 \times 7,5 \text{ kN/m} \times (2,2\text{m})^2$$

$$= 1,513 \text{ kN.m}$$

2. Akibat Beban Mati Tambahan (Q_{ma})

Momen Tumpuan Maksimum

$$M_{MA^T} = 5/48 \times Q_{ma} \times S^2$$

$$= 5/48 \times 2,690 \text{ kN/m} \times (2,2\text{m})^2$$

$$= 1,035 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M MA^L = 5/96 \times Q_{ma} \times S^2$$

$$= 5/96 \times 2,690 \text{ kN/m} \times (2,2\text{m})^2$$

$$= 0,678 \text{ kN.m}$$

3. Akibat Beban Truk T (P_{tt})

Momen Tumpuan Maksimum

$$M TT^T = 5/32 \times P_{tt} \times S$$

$$= 5/32 \times 157,5 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 54,141 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M TT^L = 5/64 \times P_{tt} \times S$$

$$= 5/64 \times 157,5 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 48,727 \text{ kN.m}$$

4. Akibat Beban Angin (P_{EW})

Kondisi Layan

Momen Tumpuan Maksimum

$$M EW^{Ts} = 5/32 \times P_{ew^s} \times S$$

$$= 5/32 \times 0,514 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 0,177 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M EW^{Ls} = 9/64 \times P_{ew^s} \times S$$

$$= 9/64 \times 0,514 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 0,159 \text{ kN.m}$$

Kondisi Ultimit

Momen Tumpuan Maksimum

$$M EW^{Tu} = 5/32 \times P_{ew^u} \times S$$

$$= 5/32 \times 0,741 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 0,255 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M EW^{Lu} = 9/64 \times P_{ew^u} \times S$$

$$= 9/64 \times 0,741 \text{ kN} \times 2,2\text{m}$$

$$= 0,229 \text{ kN.m}$$

5. Akibat Temperatur (P_{ET})

Momen Inersia lantai beton

$$I = 1/12 \times b \times ts^3 = 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (300\text{mm})^3 \\ = 2250000000 \text{ mm}^4 = 0,00225 \text{ m}^4$$

Momen Tumpuan Maksimum

$$M_{ET}^T = 1/4 \times \Delta T \times \alpha \times \left(\frac{E_c \times I}{ts} \right) \\ = 1/4 \times 25^\circ\text{C} \times 10^{-5} \times \left(\frac{23500 \text{ MPa} \times 0,00225 \text{ m}^4}{0,3 \text{ m}} \right) \\ = 0,011 \text{ N.m} = 11,016 \text{ kN.m}$$

Momen Lapangan Maksimum

$$M_{ET}^T = 7/8 \times \Delta T \times \alpha \times \left(\frac{E_c \times I}{ts} \right) \\ = 7/8 \times 25^\circ\text{C} \times 10^{-5} \times \left(\frac{23500 \text{ MPa} \times 0,00225 \text{ m}^4}{0,3 \text{ m}} \right) \\ = 0,039 \text{ N.m} = 38,555 \text{ kN.m}$$

6. Kombinasi Momen

Rekapitulasi momen

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimit	M. Lapangan	M. Tumpuan
					kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri	Kms	1,00	1,30	1,513	3,025
2	Beban Mati Tambahan	Kma	1,00	2,00	0,678	1,356
3	Beban Truck T	Ktt	1,00	2,00	48,727	54,141
	Beban Truck T khusus	Ktt	1,00	1,40	60,638	67,375
4	Pengaruh Temperatur	Ket	1,00	1,20	38,555	11,016
5a	Beban Angin kendaraan	Kew	1,00		0,159	0,177
	Beban Angin kendaraan	Kew		1,20	0,229	0,255
5b	Beban Angin struktur	Kew	1,00	1,40	22,585	45,171

Kombinasi 1

No.	Jenis Beban		Kondisi Layan	Kondisi Layan
			Ms. Lapangan	Ms. Tumpuan
			kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri		1,513	3,025
2	Beban Mati Tambahan		0,678	1,356
3	Beban Truck T		48,727	54,141
	Beban Truck T khusus			
4	Pengaruh Temperatur		38,555	11,016
5a	Beban Angin kendaraan			
	Beban Angin kendaraan			
5b	Beban Angin struktur			
		Σ	89,472	69,537

No.	Jenis Beban	Kondisi Ultimit	Kondisi Ultimit
		Mu. Lapangan	Mu. Tumpuan
		kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri	1,966	3,933
2	Beban Mati Tambahan	1,356	2,712
3	Beban Truck T	97,453	108,281
	Beban Truck T khusus		
4	Pengaruh Temperatur	46,266	13,219
5a	Beban Angin kendaraan		
	Beban Angin kendaraan		
5b	Beban Angin struktur		
	Σ	147,041	128,145

Kombinasi 2

No.	Jenis Beban	Kondisi Layan	Kondisi Layan
		Ms. Lapangan	Ms. Tumpuan
		kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri	1,513	3,025
2	Beban Mati Tambahan	0,678	1,356
3	Beban Truck T		
	Beban Truck T khusus	60,638	67,375
4	Pengaruh Temperatur	38,555	11,016
5a	Beban Angin kendaraan		
	Beban Angin kendaraan		
5b	Beban Angin struktur		
	Σ	101,383	82,772

No.	Jenis Beban	Kondisi Ultimit	Kondisi Ultimit
		Mu. Lapangan	Mu. Tumpuan
		kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri	1,966	3,933
2	Beban Mati Tambahan	1,356	2,712
3	Beban Truck T		
	Beban Truck T khusus	84,893	94,325
4	Pengaruh Temperatur	46,266	13,219
5a	Beban Angin		
5b	Beban Angin		
	Σ	134,481	114,189

Kombinasi 3

No.	Jenis Beban		Kondisi Layan	Kondisi Layan
			Ms. Lapangan	Ms. Tumpuan
			kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri		1,513	3,025
2	Beban Mati Tambahan		0,678	1,356
3	Beban Truck T			
	Beban Truck T khusus			
4	Pengaruh Temperatur		38,555	11,016
5a	Beban Angin kendaraan			
	Beban Angin kendaraan			
5b	Beban Angin struktur		22,585	45,171
		Σ	40,904	15,574

No.	Jenis Beban		Kondisi Ultimit	Kondisi Ultimit
			Mu. Lapangan	Mu. Tumpuan
			kN.m'	kN.m'
1	Berat Sendiri		1,966	3,933
2	Beban Mati Tambahan		1,356	2,712
3	Beban Truck T			
	Beban Truck T khusus			
4	Pengaruh Temperatur		46,266	13,219
5a	Beban Angin kendaraan			
	Beban Angin kendaraan			
5b	Beban Angin struktur		31,620	63,239
		Σ	81,208	83,103

d. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

Tulangan Lapangan (tulangan lentur positif)

Momen rencana (kombinasi 1)	$M_u =$	147,041	kN.m'
Mutu beton	$f_c' =$	25	Mpa
Mutu baja	$f_y =$	400	Mpa
Tebal pelat lantai kendaraan	$t_s =$	300	mm
Tebal selimut beton	$d' =$	40	mm
Tebal efektif lantai $d = (h-d')$	$d =$	260	mm
Lebar lantai yang ditinjau	$b =$	1000	mm
Diameter tulangan lentur	$d_t =$	32	mm
Faktor reduksi kekuatan lentur	$\phi =$	0,8	

$$\text{Momen nominal } Mn = Mu/\phi \quad Mn = 183,802 \text{ kN.m'}$$

1. Tulangan Lentur

Tahanan Momen Nominal

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{183,802 \text{ kN.m} \times 1000000}{1000 \text{ mm} \times (260 \text{ mm})^2} \\ &= 2,719 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tahanan Momen Maksimum

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}} = 18,824$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \times 0,85 \times \frac{fc'}{fy} \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{25 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right) \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,027 = 0,020$$

$$\begin{aligned} Rn_{maks} &= \rho_{maks} \times fy \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{maks} \times fy}{0,85 \times fc'} \right) \\ &= 0,020 \times 400 \text{ MPa} \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,020 \times 400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}} \right) \\ &= 6,574 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol, } Rn &< Rn_{maks} \\ 2,719 \text{ N/mm}^2 &< 6,574 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

MEMENUHI

Rasio Tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times fc'}{fy} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times fc'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,574 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ MPa}}} \right) \\ &= 0,020 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,020 \times 1000 \text{ mm} \times 260 \text{ mm} \\ &= 5283,281 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{As} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (32\text{mm})^2 \times 1000\text{mm}}{5283,281 \text{ mm}^2}$$

$$= 152,148 \text{ mm}$$

Rencanakan tulangan lentur D32 - 150

$$As \text{ rencana} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (32\text{mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 5358,933 \text{ mm}^2 > As \text{ MEMENUHI}$$

2. Tulangan Bagi

$$As \text{ geser} = 50\% \times As = 50\% \times 5283,281 \text{ mm}^2$$

$$= 2641,641 \text{ mm}^2$$

Menggunakan diameter tulangan bagi Ø 16

Jarak minimum antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{As} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16\text{mm})^2 \times 1000\text{mm}}{2641,641 \text{ mm}^2}$$

$$= 76,074 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan bagi Ø 16 – 250

Tulangan Tumpuan (tulangan lentur negatif)

Momen rencana (kombinasi 1)	Mu =	128,145	kN.m'
Mutu beton	fc' =	25	Mpa
Mutu baja	fy =	400	Mpa
Tebal pelat lantai kendaraan	ts =	300	mm
Tebal selimut beton	d' =	40	mm
Tebal efektif lantai d = (h-d')	d =	260	mm
Lebar lantai yang ditinjau	b =	1000	mm
Diameter tulangan lentur	dt =	32	mm
Faktor reduksi kekuatan lentur	Ø =	0,8	
Momen nominal Mn = Mu/Ø	Mn =	160,181	kN.m'

1. Tulangan Lentur

Tahanan Momen Nominal

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{160,181 \text{ kN.m} \times 1000000}{1000 \text{ mm} \times (260 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,370 \text{ N/mm}^2$$

Tahanan Momen Maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}} = 18,824$$

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times$$

$$\frac{25 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,027 = 0,020$$

$$Rn_{\text{maks}} = \rho_{\text{maks}} \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{\text{maks}} \times f_y}{0,85 \times f_{c'}} \right)$$

$$= 0,020 \times 400 \text{ MPa} \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,020 \times 400 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 6,574 \text{ N/mm}^2$$

Kontrol, $R_n < R_{n_{\text{maks}}}$

$$2,370 \text{ N/mm}^2 < 6,574 \text{ N/mm}^2$$

MEMENUHI

Rasio Tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,248 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ MPa}}} \right)$$

$$= 0,006$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$$

$$= 1637,237 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{A_s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (32 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{1637,237 \text{ mm}^2}$$

$$= 490,974 \text{ mm}$$

Rencanakan tulangan lentur D32 - 150

$$A_s \text{ rencana} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{s}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (32\text{mm})^2 \times 1000 \text{ mm} \\
 &= \frac{150 \text{ mm}}{5358,933 \text{ mm}^2} > \text{As MEMENUHI}
 \end{aligned}$$

2. Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 \text{As geser} &= 50\% \times \text{As} = 50\% \times 1637,237 \text{ mm}^2 \\
 &= 818,618 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan diameter tulangan bagi $\varnothing 16$

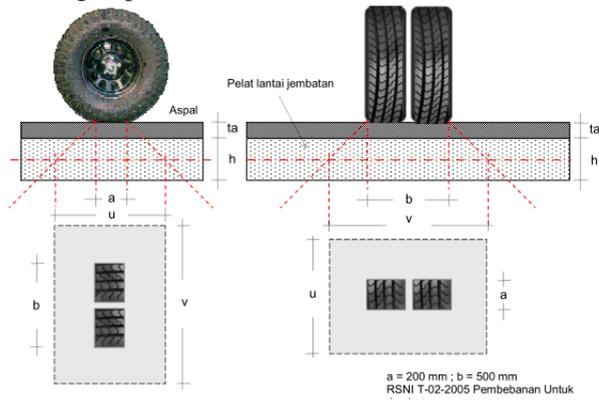
Jarak minimum antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{\text{As}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16\text{mm})^2 \times 1000\text{mm}}{818,618 \text{ mm}^2} \\
 &= 245,487 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi $\varnothing 16 - 250$

Pemeriksaan Geser Pons

1. Di tengah pelat



Gambar 4.6 Geser pons di tengah plat

Dimana,

$$a = 200 \text{ mm} \quad b = 500 \text{ mm}$$

$$ta = 100 \text{ mm} \quad ts = 300 \text{ mm}$$

Bidang geser pons

$$u = a + ta + ta + 1/2ts + 1/2ts = a + 2 ta + ts$$

$$= 200\text{mm} + 2 \times 100\text{mm} + 300\text{mm} = 700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 v &= b + t_a + t_a + 1/2t_s + 1/2t_s &&= 0,7 \text{ m} \\
 &= 500\text{mm} + 2 \times 100\text{mm} + 300\text{mm} &&= b + 2 t_a + t_s \\
 &&&= 1000 \text{ mm} \\
 &&&= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b' &= 2u + 2v = 2 \times 0,7 \text{ m} + 2 \times 1 \text{ m} \\
 &= 3,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$A_{\text{pons}} = b' \times d = 3,4\text{m} \times 0,26\text{m} = 0,884\text{m}^2$
 Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser.

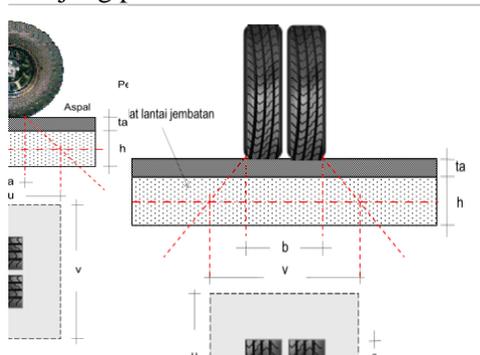
$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \times \sqrt{F_c'} \times A_{\text{pons}} \\
 &= 1/6 \times \sqrt{25 \text{ MPa}} \times 0,884 \text{ m}^2 \\
 &= 0,738 \text{ T.N} \times 1000 = 738 \text{ kN} \\
 \phi \times V_c &= 738 \text{ kN} \times 0,7 = 516,698 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kekuatan geser terfaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Kutt} \times P_{tt} &\leq \phi \times V_c \\
 315 \text{ kN} &\leq 516,698 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pelat lantai tanpa tulangan geser aman terhadap geser pons.

2. Di ujung pelat



Gambar 4. 7 Geser pons di ujung pelat

Dimana,

$$a = 200 \text{ mm} \quad b = 500 \text{ mm}$$

$$t_a = 50 \text{ mm} \quad t_s = 300 \text{ mm}$$

Bidang geser pons

$$\begin{aligned} u' &= 1/2u + 1/2a \\ &= 1/2 \times 700 + 1/2 \times 200 &= 450 \text{ mm} \\ & &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= 2u' + 2v = 2 \times 0,45 \text{ m} + 2 \times 1 \text{ m} \\ &= 2,900 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A_{\text{pons}} = b' \times d = 2,900 \text{ m} \times 0,26 \text{ m} = 0,754 \text{ m}^2$$

Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser.

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{F_c'} \times A_{\text{pons}} \\ &= 1/6 \times \sqrt{25 \text{ MPa}} \times 0,754 \text{ m}^2 \\ &= 0,628 \text{ TN} \times 1000 = 628,333 \text{ kN} \\ \phi \times V_c &= 628,333 \text{ kN} \times 0,7 = 439,833 \text{ kN} \end{aligned}$$

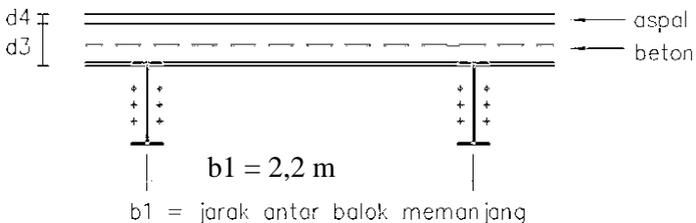
Kekuatan geser terfaktor

$$\begin{aligned} \text{Kutt} \times \text{Ptt} &\leq \phi \times V_c \\ 315 \text{ kN} &\leq 439,833 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pelat lantai tanpa tulangan geser aman terhadap geser pons.

4.3 Girder

Sketsa Perencanaan Girder



Perencanaan Girder

a. Data Perencanaan Girder

Data Jembatan :

- Tebal pelat lantai (t_s) = 300 mm
- Jarak antar gelagar, S = 220 cm

- Panjang bentang jembatan, L = 45,8 m

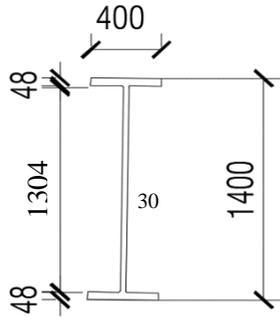
Data Material Beton :

- Mutu beton, f_c' = 25 Mpa
 - Modulus Elastis, E_c = 23500 Mpa
 - BJ Beton = 25 kN/m³

Data Baja :

- Mutu Baja, BJ - 55
 - Tegangan leleh baja, f_y = 410 Mpa

Profil WF 1400.400.48.30



d/hs	=	140	cm
Bf	=	400	mm
Tw	=	30	mm
Tf	=	48	mm
Es	=	200000	Mpa
As	=	776,43	cm ²
Ix	=	91466666,67	cm ⁴
Iy	=	74666666,7	cm ⁴
W / qs	=	609	kg/m
r	=	12	mm

b. Pembebanan Girder Sebelum Komposit

1. Beban mati

Berat sendiri Profil WF 1400.400.48.30

$$\begin{aligned} W &= \text{qs} \quad \times \quad 1,3 \\ &= 6,095 \text{ kN/m} \quad \times \quad 1,3 \\ &= 7,923 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Pelat lantai beton

$$\begin{aligned} Q &= \text{ts} \quad \times \quad S \quad \times \quad \text{BJ} \quad \times \quad 1,3 \\ &= 0,30 \text{ m} \quad \times \quad 2,2 \text{ m} \quad \times \quad 25 \text{ kN/m}^3 \quad \times \quad 1,3 \\ &= 21,450 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bekisting

$$\begin{aligned} Q &= \text{W} \quad \times \quad S \quad \times \quad 1,3 \\ &= 0,5 \text{ kN/m}^2 \quad \times \quad 2,2 \text{ m} \quad \times \quad 1,3 \\ &= 1,43 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Berat sambungan

$$\begin{aligned} Q &= 10 \% \quad \times \quad \text{Berat profil} \\ &= 10 \% \quad \times \quad 6,09 \text{ kN/m} \\ &= 0,609 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

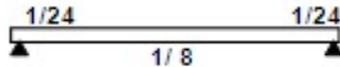
Berat pekerja

$$\begin{aligned} Q &= \text{qp} \quad \times \quad S \quad \times \quad 2 \\ &= 1 \text{ kN/m}^2 \quad \times \quad 2,2 \text{ m} \quad \times \quad 2 \\ &= 3,960 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u \text{ total} &= 7,923 + 21,450 + 1,43 + 0,609 + 3,960 \\ &= 35,373 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Momen Lentur

Momen maksimum yang terjadi ditengah bentang



$$\begin{aligned} M \text{ maks} &= \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 35,373 \text{ kN/m} \times 2097,640 \text{ m}^2 \\ &= 9274,968 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

3. Tegangan yang terjadi pada gelagar baja
Pada tepi atas flens profil

$$F_{sa} = \frac{M_{maks} \times \frac{hs}{2}}{I_x}$$

$$= \frac{92749684,714 \text{ N.mm} \times \frac{14000 \text{ mm}}{2}}{9,147E+11 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,710 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tekan}$$

Pada tepi bawah flens profil

$$F_{sb} = F_{sa} = 0,710 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tarik}$$

4. Lendutan

Lendutan maksimum ditengah bentang dipikul oleh gelagar

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{q_u}{E_s} \times \frac{L^4}{I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{35,373 \text{ N/mm}}{200000 \text{ N/mm}^2} \times \frac{4400093569600000000 \text{ mm}^4}{9,147E+11 \text{ mm}^4}$$

$$= 11,078 \text{ mm}$$

Kondisi Komposit

5. Berat Kendaraan

$$Q_u = q \times S \times 1,8$$

$$= 7,448 \text{ kN/m}^2 \times 2,2 \text{ m} \times 2 = 32,769 \text{ kN/m}$$

6. Momen Lentur

$$M_{maks} = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 32,769 \text{ kN/m} \times 2097,640 \text{ m}^2$$

$$= 8592,309 \text{ kN.m}$$

7. Garis Netral Penampang Komposit

Lebar efektif (RSNI T-03-2005)

1. $B_{eff} = L / 5 = 48,5 \text{ m} / 5 = 9,2 \text{ m}$

2. $B_{eff} = b_0 = 2,2 \text{ m}$

3. $B_{eff} = 12hc = 12 \times 0,30 = 3,6 \text{ m}$

Diambil yang terkecil yaitu 2,2 m

Modulus ratio

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{23500 \text{ Mpa}} = 8,511$$

Lebar ekuivalen baja (Lc)

$$L_c = \frac{b \text{ eff}}{n} = \frac{2,2 \text{ m}}{8,511} = 0,259 \text{ m}$$

Letak garis netral penampang komposit

Luas penampang baja ekuivalen

$$A_c = L_c \times t_s = 25,850 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 775,500 \text{ cm}^2$$

Luas Profil WF 1400.400.48.30

$$A_s = 776,430 \text{ cm}^2 +$$

$$\text{Luas total (A total)} = 1551,930 \text{ cm}^2$$

Statis momen terhadap sisi atas pelat beton

$$A_{\text{total}} \times Y_a = (A_c \times t_s/2) + (A_s \times (h_s/2 + t_s))$$

$$1551,930 \text{ cm}^2 \times Y_a = (775,500 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ cm}) + (776,430 \text{ cm}^2 \times (70 \text{ cm} + 30 \text{ cm}))$$

$$Y_a = 57,525 \text{ cm}$$

Statis momen terhadap sisi bawah pelat beton

$$A_{\text{total}} \times Y_b = (A_c \times (h_s + t_s/2)) + (A_s \times (h_s/2))$$

$$1551,930 \text{ cm}^2 \times Y_b = (775,500 \text{ cm}^2 \times (140 \text{ cm} + 15 \text{ cm})) + (776,430 \text{ cm}^2 \times 70 \text{ cm})$$

$$Y_b = 112,475 \text{ cm}$$

Kontrol,

$$\begin{array}{rccccccc} Y_a & + & Y_b & = & h_s & + & h_c \\ 57,525 \text{ cm} & + & 112,475 \text{ cm} & = & 140 \text{ cm} & + & 30 \text{ cm} \\ & & 170 \text{ cm} & = & & & 170 \text{ cm} \end{array}$$

MEMENUHI

8. Momen Inersia

a. Penampang Baja Ekuivalen

Luas penampang baja ekivalen

$$A_c = 775,500 \text{ cm}^2$$

Momen inersia terhadap baja sendiri

$$I_{oc} = \frac{1}{12} \times L_c \times t_s^3$$

$$I_{oc} = \frac{1}{12} \times 25,850 \text{ cm} \times 27000 \text{ cm}^3$$

$$I_{oc} = 58162,500 \text{ cm}^4$$

Letak pusat berat penampang baja ekuivalen terhadap garis netral komposit

$$d_1 = Y_a - \frac{t_s}{2} = 57,525 \text{ cm} - 15 \text{ cm}$$

$$d_1 = 42,525 \text{ cm}$$

Momen inersia penampang baja ekuivalen terhadap garis netral komposit

$$I_c = I_{oc} + A_c \times d_1^2$$

$$I_c = 58162,500 \text{ cm}^4 + 775,500 \text{ cm}^2 \times 1808,415 \text{ cm}^2$$

$$I_c = 1460588,684 \text{ cm}^4$$

b. Profil WF 1400.400.48.30

$$A_s = 776,430 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momen inersia} = 91466666,67 \text{ cm}^4$$

Letak pusat berat profil terhadap garis netral komposit $d_2 = y_b - (h_s/2)$

$$= 42,475 \text{ cm}$$

Momen inersia profil terhadap garis netral komposit $I_s = I_{os} + A_s \times d_2^2$

$$= 92867413,039 \text{ cm}^4$$

c. Momen Inertia Penampang Komposit

$$I = I_c + I_s$$

$$= 1460588,684 \text{ cm}^4 + 92867413,039 \text{ cm}^4$$

$$= 94328001,723 \text{ cm}^4$$

9. Tegangan yang terjadi pada penampang komposit Pada tepi atas pelat beton

$$f_{sa} = \frac{M_{maks} \times Y_a}{n \times I}$$

$$= \frac{8592309000 \text{ N.mm} \times 575,255 \text{ mm}}{8,511 \times 9,147 \text{E}+11 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,616 \text{ Mpa} \quad \text{Tekan}$$

Pada tepi bawah pelat beton

$$\begin{aligned}
 F_{sb} &= \frac{M_{maks} \times (Y_a - t_s)}{\frac{n \times I}{8592309000 \text{ Nmm} \times (575,255 \text{ mm} - 300 \text{ mm})}} \\
 &= \frac{8,511 \times 9,147 \text{ E} + 11 \text{ mm}^4}{8592309000 \text{ Nmm} \times (575,255 \text{ mm} - 300 \text{ mm})} \\
 &= 0,295 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tekan}
 \end{aligned}$$

Pada tepi atas flens profil

$$\begin{aligned}
 F_{sa} &= \frac{M_{maks} \times (Y_a - t_s)}{I} \\
 &= \frac{8592309000 \text{ Nmm} \times (575,255 \text{ mm} - 300 \text{ mm})}{9,147 \text{ E} + 11 \text{ mm}^4} \\
 &= 2,507 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tekan}
 \end{aligned}$$

Pada tepi bawah flens profil

$$\begin{aligned}
 F_{sa} &= \frac{M_{maks} \times Y_b}{I} \\
 &= \frac{8592309000 \text{ N} \cdot \text{mm} \times 1124,745 \text{ mm}}{9,147 \text{ E} + 11 \text{ mm}^4} \\
 &= 10,245 \text{ Mpa} \quad \textbf{Tarik}
 \end{aligned}$$

10. Jumlah tegangan pada penampang komposit

Pada tepi atas flens profil WF

$$\begin{aligned}
 f_{sa} &= f_{sa} \text{ sebelum komposit} + f_{sa} \text{ komposit} \\
 f_{sa} &= 0,710 \text{ MPa} + 2,507 \text{ MPa} \\
 f_{sa} &= 2,242 \text{ MPa} \quad \textbf{TEKAN}
 \end{aligned}$$

Pada tepi bawah flens profil WF

$$\begin{aligned}
 f_{sb} &= f_{sb} \text{ sebelum komposit} + f_{sb} \text{ komposit} \\
 f_{sb} &= 0,710 \text{ MPa} + 10,245 \text{ MPa} \\
 f_{sb} &= 10,955 \text{ MPa} \quad \textbf{TARIK}
 \end{aligned}$$

11. Lendutan

$$\begin{aligned}
 \delta &= \frac{5}{384} \times \frac{q}{E_s} \times \frac{L^4}{I_x} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{35,373 \text{ N/mm}}{200000 \text{ N/mm}^2} \times \frac{44000935696 \times 10^8 \text{ mm}^4}{9,147 \text{ E} + 11 \text{ mm}^4} \\
 &= 10,742 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta \text{ Total} &= \delta_{\text{sebelum komposit}} + \delta_{\text{komposit}} \\
 &= 11,078 \text{ mm} + 10,742 \text{ mm} \\
 &= 21,821 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Perancah

$$\frac{L}{800} \geq \delta_{\text{total}}$$

$$\frac{45800 \text{ mm}}{800} \geq 21,821 \text{ mm}$$

$$57 \text{ mm} \geq 21,821 \text{ mm} \quad \text{TANPA PERANCAH}$$

c. Analisa Kekuatan Girder

1. Kontrol Penampang

- Web (badan) (RSNI T-03-2005)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{h_s - (2 \times (t_f + r))}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{1400 \text{ mm} - (2 \times (48 \text{ mm} + 12 \text{ mm}))}{30 \text{ mm}}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 42,667 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{20,249} = 82,969 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol,} \quad \lambda \leq \lambda_p$$
$$42,667 \leq 82,969$$

PENAMPANG KOMPAK

- Flens (sayap) (RSNI T-03-2005)

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{400 \text{ mm}}{2 \times 48 \text{ mm}} = 3,125 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{20,149} = 8,395 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol,} \quad \lambda \leq \lambda_p$$
$$3,125 \leq 8,395$$

PENAMPANG KOMPAK

2. Kontrol Garis Netral Plastis

$$\begin{aligned}
 P_t &= b_f b \times \text{tebal sayap } b \times F_y \\
 P_t &= 400 \times 48 \times 410 \\
 P_t &= 19200 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= b_f a \times \text{tebal sayap } a \times F_y \\
 P_c &= 400 \times 48 \times 410 \\
 P_c &= 19200 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{rb} &= f_y \text{ tul.pelat} \times A \text{ tul.pelat} \\
 P_{rb} &= 400 \times 803,84 \\
 P_{rb} &= 321536 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_w &= t_w \times D \times F_y \\
 P_w &= 30 \times 1304 \times 410 \\
 P_w &= 16039200 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_s &= 0,85 \times f_c' \times t_s \times b_{eff} \\
 P_s &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 2200 \\
 P_s &= 14025000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{rt} &= f_y \text{ tul.pelat} \times A \text{ tul.pelat} \\
 P_{rt} &= 400 \times 803,84 \\
 P_{rt} &= 321536 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Daerah Positif

Asumsi : Kasus I - SNP di dalam badan profil baja
(kedalaman \bar{y} diukur dari serat atas badan profil
baja ke SNP)

$$\begin{aligned}
 P_t + P_w &\geq P_c + P_s + P_{rb} + P_{rt} \\
 16058400 &\geq 14687272 \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{y} &= \frac{D}{2} \times \left(\frac{P_t - P_c - P_s - P_{rb} - P_{rt}}{P_w} + 1 \right) \\
 \bar{y} &= 55,737 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$ds = \frac{ts}{2} - tf \text{ atas} + \bar{y}$$

$$ds = \frac{300 \text{ mm}}{2} - 48 \text{ mm} + 55,737 \text{ mm}$$

$$ds = 157,737 \text{ mm}$$

$$dw = \frac{D}{2} + tf \text{ atas} - \bar{y}$$

$$dw = \frac{1304 \text{ mm}}{2} + 48 \text{ mm} - 55,737 \text{ mm}$$

$$dw = 644,263 \text{ mm}$$

$$dt = \frac{tf \text{ bawah}}{2} + D + tf \text{ atas} - \bar{y}$$

$$dt = \frac{48 \text{ mm}}{2} + 1304 \text{ mm} + 48 \text{ mm} - 55,737 \text{ mm}$$

$$dt = 1320,263 \text{ mm}$$

$$M_p = \frac{P_w}{2D} \times (\bar{y}^2 + (D - \bar{y})^2) + ((P_s \times ds) + (P_w \times dw) + (P_t \times dt))$$

$$M_p = 22172867929 \text{ kN.m}$$

$$M_p = 22172867,929 \text{ kN.m}$$

Jadi garis netral plastis daerah positif pada profil baja terletak di dalam badan profil baja dengan kedalaman $\bar{y} = 55,737 \text{ mm}$ (kedalaman \bar{y} diukur dari serat atas badan profil baja ke SNP).

Daerah Negatif

Asumsi : Kasus I - SNP di dalam badan profil baja (kedalaman \bar{y} diukur dari serat atas badan profil baja ke SNP)

$$\begin{array}{lcl} P_{cr} + P_w & \geq & P_c + P_{rb} + P_{rt} \\ 16039200 & \geq & 662272 \quad \quad \quad \mathbf{OK} \end{array}$$

$$\bar{y} = \frac{D}{2} \times \left(\frac{P_c - P_{ct} - P_{rt} - P_{trb}}{P_s} + 1 \right)$$

$$\bar{y} = 637,945 \text{ mm}$$

$$dc = \frac{tf \text{ atas}}{2} + D + tf \text{ bawah} - \bar{y}$$

$$dc = \frac{48\text{mm}}{2} + 1304\text{mm} + 48\text{mm} - 637,945\text{mm}$$

$$dc = 738,055 \text{ mm}$$

$$dt = \frac{tf \text{ bawah}}{2} + D + tf \text{ atas} - \bar{y}$$

$$dt = \frac{48\text{mm}}{2} + 1304\text{mm} + 48\text{mm} - 637,945\text{mm}$$

$$dt = 738,055 \text{ mm}$$

$$M_p = \frac{P_w}{2D} \times (\bar{y}^2 + (D - \bar{y})^2) + ((P_c \times dc) + (P_t \times dt))$$

$$M_p = 5259550338 \text{ kN. mm}$$

$$M_p = 5259550,338 \text{ kN. m}$$

Jadi garis netral plastis daerah negatif pada profil baja terletak di dalam badan profil baja dengan kedalaman $\bar{y} = 637,945 \text{ mm}$ (kedalaman \bar{y} diukur dari serat atas badan profil baja ke SNP).

3. Kontrol Kapasitas Geser vertikal

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada tepat diatas perletakan.

Beban hidup :

$$\begin{aligned} P_u &= q \times S \times K_u \\ &= 7,448 \text{ kN/m}^2 \times (2,2)^2 \text{ m} \times 2 \\ &= 72,093 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= V_b \\ &= P_u + (\frac{1}{2} \times Q_u \times S) \\ &= 72,093 \text{ kN} + (\frac{1}{2} \times 35,373 \text{ kN/m} \times 2,2\text{m}) \\ &= 111,003 \text{ kN} = 111003 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol, } V_u &\leq \phi \times V_n \\ 111003 \text{ N} &\leq 0,6 \times f_y \times d \times t_w \\ 111003 \text{ N} &\leq 10332000 \text{ N} \end{aligned}$$

OK

4. Kontrol Kuat Lentur Nominal

$$\text{Mu sebelum komposit} = 9274,968 \text{ kN.m}$$

$$\text{Mu komposit} = 8592,309 \text{ kN.m}$$

Syarat penampang kompak $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} Z_x &= b_f \times t_f \times (h-t_f) + 0,25 \times t_w \times (h-2t_f)^2 \\ &= 38711520 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$F_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y = 38711520 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 15871723200 \text{ N.mm} \\ &= 15871,723 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

kontrol kuat lentur nominal sebelum komposit

$$\text{Mu} \leq \phi \times M_p$$

$$9274,968 \text{ kN.m} \leq 0,9 \times 15871,723 \text{ kN.m}$$

$$9274,968 \text{ kN.m} \leq 14284,551 \quad \mathbf{OK}$$

kontrol kuat lentur nominal saat komposit

$$\text{Mu} \leq \phi \times M_p$$

$$8592,309 \text{ kN.m} \leq 0,9 \times 15871,723 \text{ kN.m}$$

$$8592,309 \text{ kN.m} \leq 14284,551 \quad \mathbf{OK}$$

4. Kontrol Pengaku (Stiffener) Pelat Badan

Lebar pengaku

$$b_s > b_f/3 - 1/2t_w$$

$$120\text{mm} > 118\text{mm}$$

Tebal pengaku

$$t_s > t_f/2$$

$$25 > 24$$

Kontrol,

BJ-37

$$F_u = 370 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b_s/t_s \leq 0,56(\sqrt{E/f_y})$$

$$4,8 \leq 16,66 \quad \mathbf{OK}$$

Luas pengaku ganda

$$A_s = 2 \times (t_s \times b_s) = 6000 \text{ mm}^2$$

Kontrol,

$$\begin{aligned} A_s \times f_y &\geq R_u - \phi R_n \\ 14400000 \text{ N} &\geq -10220997 \end{aligned}$$

Las pengaku

Elektroda tipe E70XX

$F_y = 482 \text{ Mpa}$

Dipakai sambungan las sudut dengan design ukuran las (a) = 10 mm

Panjang minimal

$$L_w \geq 4 \times a$$

$$60 \geq 4 \times 10$$

$$60 \geq 40 \text{ mm}$$

$$T_e = 0,707 \times a = 7,07$$

Kuat geser las

$$= \phi \times 0,707 \times a \times 0,6 \times F_y \times L_w$$

$$= 0,75 \times 0,707 \times 10 \times 0,6 \times 482 \times 60/1000$$

$$= 92 \text{ kN}$$

d. **Analisa Struktur**

1. Berat sendiri (Q_{ms})

Faktor beban

$$\text{Layan, } K_{sms} = 1$$

$$\text{Ultimit, } K_{ums} = 1,3$$

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 7.2

no.	Jenis Beban	Tebal (m)	Lebar (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m')
1	Lantai jembatan	0,30	1	25	7,500
2	Profil	0,048	1	78	3,744
Berat sendiri		Q_{MS}			11,244

2. Beban mati tambahan (Q_{ma})

Faktor beban

$$\text{Layan, } K_{sma} = 1$$

$$\text{Ultimit, } K_{uma} = 2$$

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 7.3

no.	Jenis Beban	Tebal (m)	Lebar (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m')
1	aspal	0,10	1	22	2,200
2	Air hujan	0,05	1	9,8	0,490
Berat sendiri		Q _{MA}			2,690

3. Beban lalu lintas
- a. Beban truk " T "
- Faktor beban
- Layan, K_{stt} = 1
- Ultimit, K_{utt} = 1,8

Keterangan: SNI 1725:2016 pasal 8.4

Bentang Jembatan	=	45,8 m	(Karena L <
Faktor beban dinamis	=	40%	50 m)

Beban hidup pada lantai jembatan berupa besarnya roda ganda

$$\begin{aligned} \text{oleh Truk (beban T)} &= 112,5 && \text{kN} \\ \text{Beban Truk menjadi,} & && \\ \text{PTT} &= (1 + 0,40) \times 112,5 && \text{kN} \\ &= 157,5 && \text{kN} \end{aligned}$$

- b. Beban lajur " D "

Beban lajur " D " terdiri dari beban tersebar merata (BTR) "q" yang di gabung dengan beban garis (BGT) "p". Beban tersebar merata, Karena $L > 30$ m maka $q = 9 \times (0,5 + (15/L)) = 7,448$ kPa dan beban garis intensitas, $p = (1+0,40) \times 49 = 68,600$ kN/m. Tinjauan pembebanan untuk satu gelagar :

$$\begin{aligned} \text{BTR } qTD &= q \times S = 7,448 \text{ kN/m}^2 \times 2,2 \text{ m} \\ &= 16,385 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{BGT } pTD = p \times S = 68,600 \text{ kN/m} \times 2,2 \text{ m}$$

$$= 150,920 \text{ kN}$$

4. Momen pada gelagar jembatan

$$\begin{aligned} M_{ms} &= 1/8 \times Q_{ms} \times L^2 \\ &= 1/8 \times 11,244 \text{ kN/m} \times 2097,640 \text{ m}^2 \\ &= 2948,233 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ma} &= 1/8 \times Q_{ma} \times L^2 \\ &= 1/8 \times 2,690 \text{ kN/m} \times 2097,640 \text{ m}^2 \\ &= 705,331 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tt} &= 1/4 \times P_{tt} \times L \\ &= 1/4 \times 157,5 \text{ kN/m} \times 45,8 \text{ m} \\ &= 1803,375 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{td} &= 1/8 \times q_{TD} \times L^2 + 1/4 \times p_{TD} \times L \\ &= 1/8 \times 16,385 \text{ kN/m} \times 2097,640 \text{ m} \\ &\quad + 1/4 \times 150,920 \text{ kN} \times 45,8 \text{ m} \\ &= 6024,189 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$M_{total} = 11481,128 \text{ kN.m}$$

Kontrol,

$$\begin{aligned} M_{total} &< \text{Mu Daerah Positif} \\ 11481127970 \text{ N.mm} &< 19955581136466 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

OK

$$\begin{aligned} M_{total} &< \text{Mu Daerah Negatif} \\ 11481127970 \text{ N.mm} &< 4733595303920 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

OK**4.4 Diafragma**

Profil L 70 x 70 x 6

$$\begin{aligned} d/hs &= 70 \text{ mm} \\ B_f &= 70 \text{ mm} \\ t &= 6 \text{ mm} \\ E_s &= 200000 \text{ Mpa} \\ A &= 8,127 \text{ cm}^2 \\ i_x = i_y &= 2,140 \text{ cm} \\ I_x = I_y &= 37,1 \text{ cm}^4 \\ W &= 6,38 \text{ kg/m} \\ r_l &= 8,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x = S_y &= 7,330 \text{ cm}^3 \\ Z_x = Z_y &= 31,926 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= bf \times tf \times (h-tf) + 0,25 \times tw \times (h-2tf)^2 \\ &= 31926 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

1. Modulus Geser

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{200000 \text{ MPa}}{2(1+0,3)} = 76923 \text{ MPa}$$

2. Konstanta Torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{2 \times b \times tf^3 + (h-tf) \times tw^3}{3} \\ &= \frac{30240 \text{ mm}^4 + 13824 \text{ mm}^4}{3} = 14688 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

3. Konstanta Warping

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{(h-tf)^2 \times b^3 \times tf}{24} \\ &= \frac{4096 \text{ mm}^2 \times 343000 \text{ mm}^3 \times 6 \text{ mm}}{24} = 351232000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

4. Panjang Bentang Pengaku Lateral

BJ 37 , $F_u = 370 \text{ Mpa}$, $F_y = 240 \text{ Mpa}$

$F_r = 70 \text{ MPa}$ penampang digilas / dirol (Panas)

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 21 \text{ mm}$$

Asumsi $L_b = 7500 \text{ mm}$

$$L_p = 1,76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1086 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_L &= F_y - F_r = 240 \text{ MPa} - 70 \text{ Mpa} \\ &= 170 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \times G \times J \times A}{2}} = 129808 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 4 \times \left(\frac{S_x}{G \times J} \right)^2 \times \frac{C_w}{I_y} \\ &= 0,000000159 \text{ mm}^4/\text{N}^2 \end{aligned}$$

$$L_r = r_y \times \frac{X_1}{f_L} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \times f_L^2}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 23085 \text{ mm} \\
 L_p &< L_b < L_r \\
 1086 &< 7500 < 23085
 \end{aligned}$$

Jadi penampang termasuk balok bentang menengah dengan keruntuhan inelastis.

5. Momen Nominal Penampang

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times F_y \\
 &= 31926 \text{ mm}^3 \times 240 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 7662240 \text{ N.mm} = 7,662 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x \times (F_y - F_r) \\
 &= 7330 \text{ mm}^3 (240 \text{ N/mm}^2 - 70 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 1246100 \text{ N.mm} = 1,246 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

6. Momen Nominal Beban Kerja

Beban terfaktor

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,3 \times \text{Berat sendiri profil} \\
 &= 1,3 \times 0,064 = 0,083 \text{ kN/m} = 0,0083 \text{ T/m}
 \end{aligned}$$

Momen terfaktor

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/8 \times Q_u \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 0,0083 \text{ T/m} \times (2,2)^2 \text{ m}^2 \\
 &= 0,005 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,005 \text{ T.m} / 0,9 \\
 &= 0,006 \text{ T.m} = 0,056 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_a &= 1/2 \times Q_u \times L \\
 &= 1/2 \times 0,0083 \text{ T/m} \times 2,2 \text{ m} \\
 &= 0,009 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= R_a \times S - 1/2 \times Q_u \times S^2 \\
 &= 0,009 \text{ T.m} \times 0,55 \text{ m} = 1/2 \times 0,0083 \text{ T/m} \\
 &\quad \times 0,303 \text{ m}^2 = 0,004 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= R_a \times S - 1/2 \times Q_u \times S^2 \\
 &= 0,009 \text{ T.m} \times 1,1 \text{ m} = 1/2 \times 0,0083 \text{ T/m} \\
 &\quad \times 1,210 \text{ m}^2 = 0,005 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= R_a \times S - 1/2 \times Q_u \times S^2 \\
 &= 0,009 \text{ T.m} \times 1,65 \text{ m} = 1/2 \times 0,0083 \text{ T/m} \\
 &\quad \times 2,723 \text{ m}^2 = 0,004 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Max} = 0,005 \text{ T.m}$$

Faktor Distribusi Momen

$$C_b = \frac{12,5 \text{ Mmax}}{2,5 \text{ Mmax} + 3 \text{ Ma} + 4 \text{ Mb} + 3 \text{ Mc}}$$

$$C_b = \frac{0,063}{0,013 + 0,011 + 0,020 + 0,011}$$

$$C_b = 1,136 \leq 2,3 \quad \mathbf{OK}$$

Momen Nominal

$$M_n = C_b \times (M_r + (M_p - M_r)) \times \frac{(L_r - L_b)}{(L_r - L_p)}$$

$$= 6,168 \text{ kN.m} < M_p = 7,662 \text{ kN.m} \quad \mathbf{OK}$$

$$= 6,168 \text{ kN.m} > M_n = 0,056 \text{ kN.m} \quad \mathbf{OK}$$

Jadi kekuatan lentur nominal gelagar dengan 7 buah pengaku lateral sebesar $M_n = 6,168 \text{ kN.m}$ sanggup memikul momen lentur nominal dari beban kerja sebesar $M_n = 0,056 \text{ kN.m}$

7. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} \text{Batas lendutan maks} &= L/800 = 2200/800 \\ &= 2,750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y = \frac{5 \times q_u \times L^4}{384 \times E \times I} = 0,341 \text{ mm} < 2,750 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

8. Kontrol Penampang

- Web (badan) (RSNI T-03-2005)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{h_s - (2 \times (t_f + r))}{t_w}$$

$$\lambda = 6,833 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 108,444 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol, } \lambda \leq \lambda_p$$

$$6,833 \text{ mm} \leq 108,444 \text{ mm}$$

PENAMPANG KOMPAK

- Flens (sayap) (RSNI T-03-2005)

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = 5,833 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = 10,973 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol, } \lambda \leq \lambda_p \\ 5,833 \text{ mm} \leq 10,973 \text{ mm}$$

PENAMPANG KOMPAK

9. Kontrol Kuat Geser

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w$$

$$V_n = 0,6 \times 240 \times 420$$

$$V_n = 60480000 \text{ N}$$

Kontrol,

$$V_u < \phi \times V_n$$

$$0,009 \times 1000 \text{ N} < 60480000 \text{ N} \quad \mathbf{OK}$$

4.5 Shear connector

Berdasarkan *SNI 03-1729-2015*, Geser horizontal keseluruhan di muka-dalam antara balok baja dan pelat beton harus diasumsikan disalurkan melalui steel headed stud atau angkur kanal baja.

a. Kehancuran beton

$$V_h \text{ beton} = 0,85 \times F_c' \times b_{eff} \times t_s$$

$$V_h \text{ beton} = 0,85 \times 25 \times 2200 \times 300$$

$$V_h \text{ beton} = 14025000 \text{ N}$$

b. Leleh tarik dari penampang baja

$$V_h \text{ baja} = F_y \times A_s$$

$$V_h \text{ baja} = 410 \times 77643$$

$$V_h \text{ baja} = 31833630 \text{ N}$$

$$V_h \text{ rencana} = \frac{V_h \text{ minimal}}{\phi} = \frac{14025000 \text{ N}}{0,75} = 18700000 \text{ N}$$

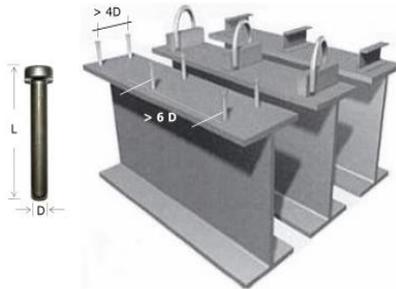
c. Kekuatan geser dari 1 buah steel headed stud atau angkur kanal baja

Mutu baja konektor stud BJ-41 , $F_u = 410 \text{ MPa}$
 Dipakai konektor 19 x 120
 $D = 19 \text{ mm}$, $L = 120 \text{ mm}$

Syarat-syarat (*SNI 03 1729-2015 pasal 18*)

Diameter maks = $2,5 \times t_f = 2,5 \times 48 \text{ mm}$
 $= 120 \text{ mm}$
 $= 12 \text{ cm} > D = 19 \text{ mm}$ **OK**

Jarak antara konektor stud



1. Jarak longitudinal minimum
 $6 \times D = 6 \times 19 \text{ mm} = 114 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$
2. Jarak longitudinal maksimum
 $8 \times t_s = 8 \times 300 \text{ mm} = 2400 \text{ mm} = 240 \text{ cm}$
3. Jarak tegak lurus longitudinal
 $4 \times D = 4 \times 19 \text{ mm} = 76 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$

Luas penampang melintang satu buah konektor stud:

$$A_{sc} = \frac{\pi \times 19^2 \text{ mm}^2}{4} = 283,529 \text{ mm}^2$$

Kuat geser satu buah konektor stud:

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c}$$

$$= 0,5 \times 283,529 \text{ mm}^2 \times \sqrt{25 \text{ MPa} \times 23500 \text{ MPa}}$$

$$= 108660 \text{ N}$$

Jumlah stud yang diperlukan

$$N = \frac{V_h \text{ rencana}}{Q_n} = \frac{18700000 \text{ N}}{108660 \text{ N}} = 172 \text{ buah}$$

(untuk 2 baris)

Jumlah 1 baris konektor stud $\frac{172}{2} = 86$ buah untuk sepanjang bentang gelagar 4580 cm.

Jarak terjauh antara konektor stud adalah $\frac{4580 \text{ cm}}{86 \text{ buah}}$
 $= 53 \text{ cm}$.

Syarat,

jarak terjauh	>	40 cm	
100 cm	>	40 cm	OK
jarak terjauh	>	Jarak longitudinal min	
100	>	11	OK
jarak terjauh	>	Jarak tegak lurus longitudinal min	
100	>	8	OK
jarak terjauh	<	Jarak longitudinal maks	
100	<	240	OK

Rencanakan jarak antara konektor stud 100 cm

4.6 Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC – LRFD.

a. Sambungan pada gelagar memanjang

Data – data perencanaan :

- Profil gelagar memanjang WF 1400 x 400 x 48 x 30
- Baut $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$; A325 (825 MPa)
 Φ lubang = $24 + 2 = 26 \text{ mm}$ (dibor)
 Luas Baut = $4,524 \text{ cm}^2$

Perhitungan gaya dalam pada sambungan :

1. Jarak sambungan dari perletakan sebelah kiri
 $L_s = 18,2 \text{ m}$ (frame 934)
2. $M_u = 1371937,340 \text{ kg.m}$
3. $V_u = 178674,9 \text{ kg}$
4. $D_u = \frac{V_u \times 0,5 \times L}{L_s} = \frac{178674,9 \text{ kg} \times 0,5 \times 45,8}{18,2 \text{ m}}$
 $= 224816 \text{ kg}$
5. $I \text{ badan} = 1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times 0,3 \text{ m} \times 2,217 \text{ m}^3$

$$= 0,006 \text{ m}^4$$

$$I \text{ profil} = 0,091 \text{ m}^4$$

$$\text{Mu badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times \text{Mu} = 83147 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mu sayap} = \text{Mu} - \text{Mu badan}$$

$$= 1371937,340 \text{ kgm} - 83147 \text{ kgm}$$

$$= 1288791 \text{ kg.m}$$

Perencanaan Sambungan Sayap

Digunakan pelat penyambung $t_p = 22 \text{ mm}$

$F_u = 370 \text{ MPa}$, $F_y = 240 \text{ MPa}$

Luas penampang bruto

$$A_g = t_p \times \text{lebar plat} = 20 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 8000 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto

$$A_{\text{nett}} = A_g - (2 \times \Phi_{\text{lubang}} \times t_p)$$

$$= 8000 - (2 \times 26\text{mm} \times 20\text{mm})$$

$$= 6960 \text{ mm}^2$$

a. Kuat geser tumpu baut

$$V_d = \phi \times r_1 \times f_u \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 4,524 \text{ cm}^2$$

$$= 13989 \text{ kg/baut}$$

b. Kuat geser tumpu plat

$$R_d = 2,4 \times \phi \times D_b \times t_p \times f_u$$

$$= 2,4 \times 0,75 \times 2,4\text{cm} \times 2,2\text{cm} \times 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 71280 \text{ kg/baut}$$

c. Gaya kopel sayap

$$T_u = \text{Mu sayap} / d = 1288791 \text{ kg.m} / 1,4\text{m}$$

$$= 920565 \text{ kg}$$

d. Jumlah baut yang diperlukan

$$n = T_u / V_d = 920565 \text{ kg} / 13989 \text{ kg}$$

$$= 68 \text{ buah (17 baris)}$$

Dalam 1 baris = 4 buah

Asumsikan lebar pelat = lebar girder = 400 mm

e. Periksa terhadap kondisi leleh

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$7926 \text{ N} \leq \phi \times A_g \times F_y$$

$$7926 \text{ N} \leq 1728000 \text{ N}$$

OK

f. Periksa terhadap kondisi fraktur

$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi N_n \\ 7926 \text{ N} &\leq \phi \times A_e \times U \times F_u \\ 7926 \text{ N} &\leq 1931400 \text{ N} \end{aligned}$$

OK

g. Jarak baut

$$\begin{aligned} 3 \times d_b < s < 15 \times t_p \text{ (jarak antar baut)} \\ 72 < 75 < 300 \\ 1,5 \times d_b < s_1 < 4 \times t_p \text{ (jarak antar baut ke tepi)} \\ 36 < 40 < 180 \end{aligned}$$

Perencanaan Sambungan BadanDigunakan pelat penyambung $t_p = 22 \text{ mm}$ $F_u = 370 \text{ MPa}$, $F_y = 240 \text{ MPa}$

a. Kuat geser tumpu baut

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \times r_l \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 4,524 \text{ cm}^2 \\ &= 13989 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

b. Kuat geser tumpu plat

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \phi \times D_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,4 \text{ cm} \times 2,2 \text{ cm} \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 71280 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

c. Asumsikan $e = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= M_u \text{ badan} + D_u \cdot e \\ &= 83147 \text{ kg.m} + 415995,155 \text{ kg} \\ &\quad \times 224816 \text{ kg} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 105628 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Karena memikul beban kombinasi maka V_u direduksi 0,7 dan susunan baut lebih dari 1 baris maka V_d dinaikkan 1,2.

d. Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \sqrt{\frac{6 \times M_u}{\mu \times V_d}} = \sqrt{\frac{6 \times 105628 \times 100}{10 \times 1,2 \times 0,7 \times 13989}} = 25 \text{ buah}$$

Jumlah baut per baris = 5 buah (5 baris)

Jarak antar baut = 260 mm

Jarak antar baut ke tepi = 50 mm

Lebar pelat sambung = 2620 mm

e. Periksa terhadap geser blok

$$A_{gv} = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 8000 \text{ mm}^2 - 2,5 \times 26 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \\ = 6700 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 118 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} = 2360 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 2360 \text{ mm}^2 - 0,5 \times 26 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \\ = 2100 \text{ mm}^2$$

$$F_u \times A_{nt} = 370 \text{ N/mm}^2 \times 2100 \text{ mm}^2 = 777000 \text{ N}$$

$$0,6 \times F_u \times A_{nv} = 1487400 \text{ N}$$

$$\text{Kontrol} \quad 777,000 \text{ kN} < 1487,400 \text{ kN}$$

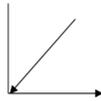
Geser fraktur dengan tarik leleh

$$\phi N_n = (0,75) \times (0,6 f_u \times A_{nv} + f_y \times A_{gt})$$

$$= 1540350 \text{ N}$$

$$= 1540,350 \text{ kN} > 7926 \text{ N} \quad \text{OK}$$

b. Sambungan melintang simpul 1



Gambar 4. 8 Pelat simpul 1

$$V_u = 0,668 \text{ kN} \quad (\text{frame 35})$$

Mutu baja = BJ-41

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$

Baut tipe = Tinggi (A325)

$$D_b = M24 = 24 \text{ mm}$$

$$F_u = 825 \text{ MPa}$$

$$A_c = 324 \text{ MPa}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 452 \text{ mm}^2$$

$$K_r = 1$$

$$N_n = 1$$

$$N_x = 1$$

- Gaya geser pada baut

$$\begin{aligned} V_f &= 0,62 f_u k_r (n n A_c + n_x A_o) \\ &= 0,62 \cdot 825 \cdot 1 (1.324 + 1.452) \\ &= 396924 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_f = 0,75 V_f = 297693 \text{ kN}$$

- Gaya tarik pada baut

$$N_{tf} = A_s \times f_u = 353 \times 825 = 291225 \text{ kN}$$

$$\phi V_f = 0,75 N_{tf} = 218419 \text{ kN}$$

- Jumlah baut (n) = $V_u / (\phi V_f) = 0,0000022$
= 2 baut

- Kontrol baut

Syarat baut dalam geser :

$$V_f^* \leq \phi V_f$$

$$V_u / n \leq 297693 \text{ kN}$$

$$0,668 \text{ kN} / 2 \text{ baut} \leq 297693 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$0,334 \text{ kN} \leq 297693 \text{ kN}$$

Syarat baut dalam tarik :

$$N_{tf}^* \leq \phi N_{tf}$$

$$V_u / n \leq 218419 \text{ kN}$$

$$0,668 \text{ kN} / 2 \text{ baut} \leq 218419 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$0,334 \text{ kN} \leq 218419 \text{ kN}$$

Syarat Kombinasi geser dan tarik

$$\left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 = 0,000000000001$$

$$\left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 = 0,000000000002$$

$$\left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 = 7,05254E-24$$

OK

- Jarak antar baut

$$2,5 \times d_f < s < 200 \text{ mm (jarak antar baut)}$$

$$60 < 60 < 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times d_f < s < 200 \text{ mm (jarak antar baut ke tepi)}$$

$$36 < 40 < 200 \text{ mm}$$

- Sambungan pelat simpul ke batang horizontal
 $P_u = V_u \sin \alpha$
 $\tan \alpha = 1,700 \text{ m} / 1,210 \text{ m} = 1,405$
 $\alpha = 54,565^\circ$
 $P = V_u \cos \alpha = 26,821 \text{ kg}$
 Dipakai sambungan las sudut dengan design sebagai berikut :
 Ukuran las (a) = 10 mm
 $t_e = 0,707 \times a = 7,07$
 Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :
 $\phi R_{nw} = \phi \times t \times (0,6 \times f_{uw})$
 $= 0,75 \times 7,07 (0,6 \times 490)$
 $= 1558,935 \text{ N/mm}$
 Panjang total las = $268210 \text{ N} / 1558,935 \text{ N/mm}$
 $= 172 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$

c. Sambungan melintang simpul 2



Gambar 4. 9 Pelat simpul 2

- $V_u = 0,334 \text{ kN}$ (frame 36)
- Mutu baja = BJ-41
- $F_u = 410 \text{ MPa}$
- $F_y = 250 \text{ MPa}$
- Baut tipe = Tinggi (A325)
- $D_b = M24 = 24 \text{ mm}$
- $F_u = 825 \text{ MPa}$
- $A_c = 324 \text{ MPa}$
- $A_s = 353 \text{ mm}^2$
- $A_o = 452 \text{ mm}^2$
- $K_r = 1$

$$N_n = 1$$

$$N_x = 1$$

- Gaya geser pada baut

$$\begin{aligned} V_f &= 0,62 f_u k_r (n_n A_c + n_x A_o) \\ &= 0,62 \cdot 825 \cdot 1 (1.324 + 1.452) \\ &= 396924 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_f = 0,75 V_f = 297693 \text{ kN}$$

- Gaya tarik pada baut

$$N_{tf} = A_s \times f_u = 353 \times 825 = 291225 \text{ kN}$$

$$\phi V_f = 0,75 N_{tf} = 218419 \text{ kN}$$

- Jumlah baut (n) = $V_u / (\phi V_f) = 0,0000011$
= 2 baut

- Kontrol baut

Syarat baut dalam geser :

$$V_f^* \leq \phi V_f$$

$$V_u / n \leq 297693 \text{ kN}$$

$$0,334 \text{ kN} / 2 \text{ baut} \leq 297693 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

$$0,167 \text{ kN} \leq 297693 \text{ kN}$$

Syarat baut dalam tarik :

$$N_{tf}^* \leq \phi N_{tf}$$

$$V_u / n \leq 218419 \text{ kN}$$

$$0,334 \text{ kN} / 2 \text{ baut} \leq 218419 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

$$0,167 \text{ kN} \leq 218419 \text{ kN}$$

Syarat Kombinasi geser dan tarik

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 &\leq 1,00 \\ \left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 &= \frac{N_{tf}^*}{3,147E-13} \\ \left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 &= 5,846E-13 \\ \left(\frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left(\frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 &= 4,41E-25 \end{aligned}$$

OK

- Jarak antar baut

$$2,5 \times d_f < s < 200 \text{ mm (jarak antar baut)}$$

$$60 < 60 < 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times d_f < s < 200 \text{ mm (jarak antar baut ke tepi)}$$

$$36 < 40 < 200 \text{ mm}$$

- Sambungan pelat simpul ke batang horizontal

$$P_u = V_u \sin \alpha$$

$$\tan \alpha = 1,210 \text{ m} / 1,700 \text{ m} = 0,711$$

$$\alpha = 35,435^\circ$$

$$P = V_u \cos \alpha = 21,338 \text{ kg}$$

Dipakai sambungan las sudut dengan design sebagai berikut :

$$\text{Ukuran las (a)} = 10 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \times a = 7,07$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\phi R_{nw} = \phi \times t \times (0,6 \times f_{uw})$$

$$= 0,75 \times 7,07 (0,6 \times 490)$$

$$= 1558,935 \text{ N/mm}$$

$$\text{Panjang total las} = 213380\text{N}/1558,935\text{N/mm}$$

$$= 137\text{mm} = 150 \text{ mm}$$

4.7 Elastomer

Perletakan jembatan menggunakan karet IHRD dengan kekerasan 53 ± 5 , mempunyai sisi elastomer minimum sebesar 6 mm dan atas dan bawah sebesar 4 mm. mengacu pada BMS BDM 1992 pasal 7.1.1

a. Data Perencanaan

$$\text{Ukuran elastomer} = 600\text{mm} \times 300\text{mm} \times 89\text{mm}$$

$$\text{Tebal karet dalam} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah lapis karet dalam} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal lapis dalam, } t_i = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi keseluruhan, } t = 89 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat baja, } t_s = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut sisi} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut atas \& bawah} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal lapis eff selimut} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal lapis eff dalam} = 65 \text{ mm}$$

b. Analisa Pembebanan**Beban mati**

- Aspal + overlay

$$Q = t_a \times S \times L \times b_j \text{ aspal} \\ = 0,10 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 45,8 \text{ m} \times 2,2 \text{ T/m}^3 = 22,167 \text{ T}$$

- Pelat lantai

$$Q = t_s \times S \times L \times b_j \text{ beton} \\ = 0,30 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 45,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ T/m}^3 = 75,570 \text{ T}$$

- Parapet

$$Q = t \times b_1 \times L \times b_j \text{ beton} \\ = 1,2 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times 45,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ T/m}^3 \times 4 = \\ 247,320 \text{ T}$$

- Gelagar

$$Q = W \times L \times n \\ = 0,609 \text{ T} \times 45,8 \text{ m} \times 1 = 27,915 \text{ T}$$

- Diafragma

$$Q = W \times L \times n \\ = 0,0064 \text{ T} \times 32,3 \text{ m} \times 1 = 0,206 \text{ T}$$

$$\text{Beban mati total} = 373,178 \text{ T} = 3731,783 \text{ kN}$$

Beban hidup

- Beban UDL

$$Q = q_{UDL} \times S \times L \\ = 0,745 \text{ T/m}^3 \times 2,2 \text{ m} \times 45,8 \text{ m} = 75,042 \text{ T}$$

- Beban KEL

$$Q = (1+0,4) \times p \text{ KEL} \times S \\ = 1,4 \times 4,9 \text{ T/m} \times 2,2 \text{ m} = 15,092 \text{ T}$$

$$\text{Beban hidup total} = 90,134 \text{ T} = 901,340 \text{ kN}$$

Gaya rem

$$\text{Gaya rem} = \frac{P_{\text{rem}}}{\text{jumlah girder}} = \frac{25 \text{ T}}{15} = 1,667 \text{ T}$$

Gaya gempa

Beban wati total $W_t = 3731,783 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \text{Gaya gempa} &= \text{koef. Gempa} \times W_t \\ &= 0,81 \times 3731,783 \text{ kN} \\ &= 3022,744 \text{ kN} = 302,2744 \text{ T} \end{aligned}$$

Rekapitulasi

Gaya yang bekerja	V (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)
Gaya gempa		3022,744	3022,744
Gaya rem		2500	
Gaya vertikal	4633,123		
Total	4633,123	5522,744	3022,744
1/2 total gaya	2316,561	2761,372	1511,372

c. Data Pemeriksaan

1. Pemeriksaan terhadap luas efektif minimum

$$A_t = b \times h = 810 \text{ mm} \times 380 \text{ mm} = 307800 \text{ mm}^2$$

IHRD = 53 ± 5 (*BMS BDM 1992 pasal 7.2.1*)

G = 0,69 MPa (*Tabel 8.1 BMS BDC hal 8-15*)

Gerakan tangential arah dimensi memanjang

$$\begin{aligned} \delta a &= \frac{H \times t}{1000 \times A_t \times G} \\ &= \frac{3373743 \text{ N} \times 89 \text{ mm}}{1000 \times 180000 \text{ mm}^2 \times 0,69 \text{ N/mm}^2} \\ &= 4,093 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gerakan tangential arah dimensi melintang

$$\begin{aligned} \delta b &= \frac{H \times t}{1000 \times A_t \times G} \\ &= \frac{3373743 \text{ N} \times 89 \text{ mm}}{1000 \times 180000 \text{ mm}^2 \times 0,69 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1,083 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung luas efektif minimum :

$$a = b - \text{tebal selimut layer} = 600 - 4 = 596 \text{ mm}$$

$$b = h - \text{tebal selimut layer} = 300 - 6 = 296 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = A_t \times \left(1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right)$$

$$A_{\text{eff}} = 180000 \text{ mm}^2 \times \left(1 - \frac{1,979 \text{ mm}}{596 \text{ mm}} - \frac{1,083 \text{ mm}}{296 \text{ mm}} \right)$$

$$= 178743 \text{ mm}^2$$

Kontrol tahap 1 :

$$\frac{A_{\text{eff}}}{0,80 A_t} \geq 1,0$$

$$1,241 \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

2. Pemeriksaan terhadap faktor bentuk

Kontrol faktor bentuk : $4 \leq S \leq 12$

$$S = \frac{a \times b}{2 \times (a+b) \times t}$$

$$= \frac{596 \text{ mm} \times 296 \text{ mm}}{2 \times (96 \text{ mm} + 296 \text{ mm}) \times 14 \text{ mm}}$$

$$= 7,063 \quad \text{OK}$$

3. Pemeriksaan terhadap regangan total max

$\alpha_a = \alpha_b =$ Perputaran relative dari permukaan atas dan bawah perletakan.

$$\delta s = \delta a + \delta b = 8,175 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sh} = \frac{\delta s}{t} = \frac{8,175 \text{ mm}}{257 \text{ mm}} = 0,032$$

$$V = 4615,784 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{sc} = \frac{6 \times S \times V \times 10^3}{3 \times A_{\text{eff}} \times G \times (1 + 2S^2)}$$

$$\epsilon_{sc} = \frac{6 \times 7,063 \times 2316,561 \times 10^3 \text{ N}}{3 \times 178743 \text{ mm}^2 \times 0,69 \text{ N/mm}^2 \times 100,784}$$

$$\epsilon_{sc} = 2,633$$

$$\alpha_a = \alpha_b = 0,035 \text{ radian}$$

$$\epsilon_{sr} = \frac{\alpha_a \times a^2 \times \alpha_b \times b^2}{2 \times t_i \times t}$$

$$\epsilon_{sr} = \frac{0,035 \times 355216 \text{ mm}^2 \times 0,035 \times 87616 \text{ mm}^2}{2 \times 65 \text{ mm} \times 89 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon_{sr} = 1,340$$

$$\varepsilon_T = \varepsilon_{sr} + \varepsilon_{sc} + \varepsilon_{sh}$$
$$= 3,011$$

$$\varepsilon_T \leq \frac{2,6}{\sqrt{G}}$$

$$\varepsilon_T \leq \frac{2,6}{\sqrt{0,83}}$$

$$3,011 \leq 3,130 \quad \text{OK}$$

$$A_{\text{eff}} > 0,9 A$$

$$178743 \text{ mm}^2 > 0,9 \times 180000 \text{ mm}^2$$

$$178743 \text{ mm}^2 > 162000 \text{ mm}^2$$

Untuk nilai $A_{\text{eff}} > 0,9 A$, maka diambil data pemeriksaan sebagai berikut :

$$\varepsilon_{sh \text{ max}} = 0,7$$

$$\varepsilon_{sh} = 0,034$$

$$\frac{\varepsilon_{sh \text{ max}}}{\varepsilon_{sh}} \geq 1,0$$

$$\frac{0,7}{0,034} \geq 1,0$$

$$20,348 \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

4. Pemeriksaan terhadap batas leleh

$$V_D = 3731,783 \text{ kN}$$

$$V_{LL} = 901,340 \text{ kN}$$

$$\frac{1,4 \times V_D}{\varepsilon_{sc} \times V_{LL}} \times \sqrt{\frac{0,69}{G}} \geq 1,0$$

$$\frac{1,4 \times 3731,783 \text{ kN}}{2,633 \times 901,340 \text{ kN}} \times \sqrt{\frac{0,69}{0,69}} \geq 1,0$$

$$2,650 \geq 1,01 \quad \text{OK}$$

5. Pemeriksaan terhadap tegangan max rata - rata

$$\frac{15 \times A_t}{V} \geq 1,0$$

$$\frac{15 \times 180000}{231656} \geq 1,0$$

$$11,655 \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

6. Pemeriksaan terhadap putaran max

$$C = 4 + \frac{a}{b} \times 6 \frac{3,3 a}{b}$$

$$C = 84,274$$

$$Eh = A \times G \times 1 - \frac{1}{a/b + b/a}$$

$$Eh = 124199 \text{ N/mm}^2$$

$$E = Eh + \frac{C \times G \times s^2}{1 + \frac{C \times G \times s^2}{0,75 \times b}}$$

$$E = 2124406 \text{ N/mm}^2$$

$$dc = te + \frac{V \times 10^3}{E \times A}$$

$$dc = 0,672 \text{ mm}$$

$$\frac{\alpha a \times a + \alpha b \times b}{4 \times dc} \geq 1,0$$

$$11,607 \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

7. Pemeriksaan terhadap stabilitas tekan

$$\frac{2 \times b \times G \times S \times A \text{ eff}}{1000 \times V} \geq 1,0$$

$$\frac{2 \times 296 \text{ mm} \times 0,69 \text{ N/mm}^2 \times 7,063 \times 178743 \text{ mm}^2}{1000 \times 2316,561 \text{ N}}$$

$$\frac{222,625 \text{ mm}}{222,625 \text{ mm}} \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

8. Pemeriksaan terhadap tebal baja minimum

$$T_s = 4 \text{ mm}$$

$$\frac{T_s}{3} \geq 1,0$$

$$1,333 \geq 1,0 \quad \text{OK}$$

9. Pemeriksaan terhadap tahanan gesek terhadap geseran

Arah x

$$\frac{0,1 \times V \times (3000 \times A \text{ eff})}{H_x} \geq 1,0$$

$$19419,104 \text{ mm}^2 \geq 1,0 \quad \mathbf{OK}$$

Arah y

$$\frac{0,1 \times V \times (3000 \times A \text{ eff})}{H_y} \geq 1,0$$

$$35479,928 \text{ mm}^2 \geq 1,0 \quad \mathbf{OK}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

BANGUNAN BAWAH

5.1 Abutment

Perencanaan abutment menggunakan acuan dari peraturan BMS BDM 1992 dan BMS BDC 1992. Abutment terdiri dari beberapa elemen, yaitu pondasi, pile cap (poer), dinding abutment, longitudinal stopper, plat injak dan wing wall. Penulangan abutment direncanakan dari analisis pembebanan yang bekerja pada elemen – elemen abutment jembatan.

a. Data perencanaan

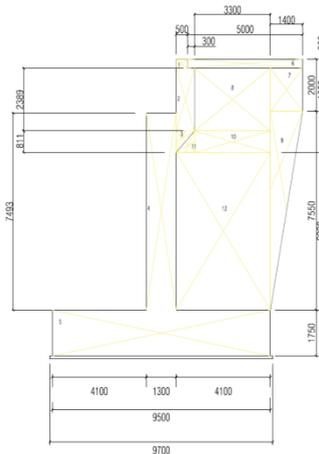
- Elv. Muka Tanah Asli : 40,110 m
- Elv. Lantai Kerja Abutment : 36,568 m
- Elv. lantai Kendaraan : 47,868 m
- Tinggi Abutment Rencana : 11,3 m
- Lebar Abutment : 32,3 m
- Panjang Bentang Jembatan : 45,8 m

b. Analisis pembebanan

1. Beban mati bangunan atas

NO	Uraian	V Abt (Ton)
1	pelat	1109,505
2	Lapisan aspal + overlay	307,318
3	Air hujan	72,488
4	Girder Baja	410,724
5	Diafragma	16,05
6	Parapet	247,320
Total		2163,404
Total 1/2 bangunan atas		1081,702

2. Berat sendiri abutment



Gambar 5. 1 Pembagian Segmen Abutment

Tabel 5. 1 Nilai panjang dan lebar segmen abutmen dalam m

A	0,35	E	6	I	0,35	M	1,3
B	2,389	F	0,8	J	5	N	9,5
C	7,493	G	0,75	K	0,8	O	1,4
D	1,75	H	1,65	L	0,5		

Tabel 5. 2 Perhitungan beban sendiri abutment

	bidang	b (m)	h (m)	L (m)	Bvb (t/m ³)	berat (ton)	x (m)	z(m)	Momen (t-m)
ABUTMENT	1	0,5	0,35	32,3	2,5	14,131	0,90	11,13	-12,718
	2	0,8	2,389	32,3	2,5	154,329	1,05	9,75	-162,046
	3	1,3	0,811	32,3	2,5	42,567	0,00	5,25	0,000
	4	9,5	7,493	32,3	2,5	2874,034	0,00	0,88	0,000
	5	0,8	1,75	32,3	2,5	56,525	0,92	8,29	-51,833
	6	5	0,35	32,3	2,5	141,313	3,65	11,13	-515,791
WING WALL	7	3,3	1,65	0,3	2,5	4,084	3,10	9,76	-12,660
	8	1,4	0,811	0,3	2,5	0,852	5,45	10,13	-4,641
	9	0,8	7,55	0,3	2,5	2,265	1,25	7,95	-2,831
	10	3,3	0,811	0,3	2,5	2,007	3,10	8,15	-6,222
	11	1,4	0,811	0,3	2,5	0,426	5,22	6,78	-2,221
	12	4,4	6	0,3	2,5	9,900	2,70	4,75	-26,730
TANAH	7	3,3	1,65	32,3	1,8	316,572	3,10	9,76	-12,660
	8	1,4	0,811	32,3	1,8	66,012	5,45	10,13	-4,641
	9	0,8	7,55	32,3	1,8	175,583	1,25	7,95	-2,831
	10	3,3	0,811	32,3	1,8	155,600	3,10	8,15	-6,222
	12	4,4	6	32,3	1,8	1534,896	2,70	4,75	-26,730
TOTAL						5551,096			-850,778

Tabel 5. 3 Perhitungan Statis Momen Abutment

Segmen	W . X	W . Z
	Ton.m	Ton.m
1	12,718	157,210
2	162,046	1504,712
3	0,000	223,479
4	0,000	2514,780
5	51,833	468,310
6	515,791	1572,102
7	12,660	39,837
8	4,641	8,622
9	2,831	18,007
10	6,222	16,359
11	2,221	2,888
12	26,730	47,025
Total	797,694	6573,329

Sehingga didapatkan titik berat atau titik tangkap gaya :

$$X = 0,242 \text{ m}$$

$$Z = 1,990 \text{ m}$$

3. Berat hidup lalu lintas

Beban lalu lintas (lajur “D”) untuk rencana bangunan bawah jembatan jalan raya terdiri dari BTR dan BGT. Asumsi pembebanan BTR dan BGT seperti yang ditunjukkan dalam gambar bawah ini :

$$\text{Panjang bentang jembatan (L)} : 45,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar perkerasan jembatan (b)} : 30,5 \text{ m}$$

$$\text{Beban BGT (P}_{\text{BGT}} \text{)} : 6,86 \text{ T/m}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (1+DLA)} : 1,4$$

$$\text{Beban BTR (q}_{\text{BTR}} \text{)} : 0,745 \text{ T/m}^2$$

Total beban BTR dan BGT

$$\begin{aligned} V_{\text{BTR}} &= ((5,5 \times q_{\text{BTR}}) + ((b - 5,5) \times 0,5 \times \\ &\quad q_{\text{BTR}}) \times L \\ &= ((5,5 \times 0,745) + ((30,5 - 5,5) \times 0,5 \times \\ &\quad 0,745) \times 45,8 \\ &= 215,235 \text{ Ton} = 2152,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{BGT} &= (5,5 \times (P_{BGT} \times (1 + DLA) + \\
 &\quad (b - 5,5 \times (P_{BGT} \times (1 + DLA)))) \\
 &= (5,5 \times (6,86 \times (1 + 0,4) + \\
 &\quad (30,5 - 5,5 \times (6,86 \times (1 + DLA)))) \\
 &= 30,5 \text{ Ton} = 305 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total beban hidup lalu lintas :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{BTR} + V_{BTR} \\
 &= 215,235 \text{ Ton} + 30,5 \text{ Ton} \\
 &= 245,736 \text{ Ton} = 2457,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &\text{ untuk 3 lajur} \\
 &= 3 \times V_{\text{total}} \\
 &= 3 \times 245,736 \text{ Ton} \\
 &= 737,207 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4. Beban tekanan tanah aktif

Analisis beban tekanan tanah aktif berdasarkan RSNI T-02-2005 Pasal 5.4.2 dimana tekanan tanah dihitung berdasarkan harga nominal W_s , C , dan γt .

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi timbunan (H)} &= 11,3 \text{ m} \\
 \text{Berat jenis tanah (}\gamma t\text{)} &= 1,8 \text{ t/m} \\
 \text{Sudut geser tanah (}\phi\text{)} &= 40^\circ \\
 \text{Lebar abutmen (By)} &= 32,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi) = 0,217 \\
 q &= 0,6 \times \gamma t = 10,800 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{Ta1} &= q \times K_a \times H \times B_y \\
 &= 10,800 \times 0,217 \times 11,3 \times 32,3 \\
 &= 857,136 \text{ Ton} \\
 P_{Ta2} &= 0,5 \times K_a \times \gamma t \times H^2 \times B_y \\
 &= 0,5 \times 0,217 \times 1,8 \times 11,3^2 \times 32,3 \\
 &= 807,137 \text{ Ton} \\
 P_{\text{tot}} &= 857,136 \text{ Ton} + 807,137 \text{ Ton} = 1664,273 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5. Beban gempa

Analisis beban gempa pada jembatan mengacu pada SNI Gempa 2833 – 2016. Beban gempa direncanakan dengan metode beban horisontal statis ekuivalen.

$$E_q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

Nilai C_{sm} dan R didapatkan berdasarkan beberapa persamaan dengan beberapa factor sinus gempa (F_{PGA} , S_1 dan S_2) dimana nilainya didapatkan berdasarkan peta gempa di wilayah Indonesia.

Berdasarkan peta gempa kota Probolinggo menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN) didapatkan nilai koefisien sebagai berikut :

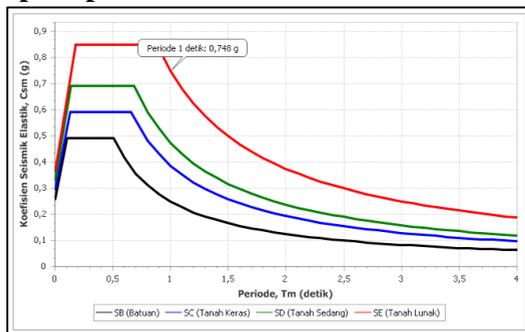
PGA	SS (0.2)	S1 (1)	F PGA	Fa	Fv
0,256	0,49	0,249	1,4	1,4	2

Menentukan kelas situs

Berdasarkan data N-SPT yang telah didapatkan maka dapat ditentukan besaran nilai N :

$$N = \frac{\sum t}{\sum (t/n)} = \frac{24}{1,260} = 19,048$$

Respon spectrum rencana



Gambar 5. 2 Percepatan Puncak dan Spektrum Respons di Batuan Dasar

$$\begin{aligned}
 A_s &= F_{PGA} \times PGA \\
 &= 1 \times 0,256 \\
 &= 0,358 \\
 S_{DS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,4 \times 0,49 \\
 &= 0,686 \\
 S_{D1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2 \times 0,249 \\
 &= 0,498
 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien respons gempa elasis

$$\begin{aligned}
 T &= 0,2 \\
 T_s &= \frac{SD1}{SD2} = \frac{0,498}{0,686} = 0,726 \\
 T_0 &= 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,726 = 0,145 \\
 \text{Kontrol, } T &> T_0 \\
 C_{sm} &= S_{ds} = 0,686
 \end{aligned}$$

Menentukan faktor modifikasi respons (R)

Tabel 5. 4 Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom malar	1,5	3,5	5,0

Tabel 5. 5 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Data perencanaan beban gempa

$$\begin{aligned}
 C_{sm} &= 0,686 \\
 R \text{ B. Bawah} &= 1 \\
 R \text{ B. Atas} &= 1
 \end{aligned}$$

Beban Gempa Akibat B. Atas

W. Set. B. Atas = 2391,0941T

Lengan = 11,3 m

$$\text{Eq1} = \frac{C_{sm}}{R} W_t = \frac{0.686}{1} \times 2391,0941T = 1640,291 T$$

$$M \text{ Eq1} = 1640,291 T \times 11,3 m$$

$$= 18535,283 T.m$$

Beban Gempa Akibat B. Bawah

$$\text{Eq2} = \frac{C_{sm}}{R} W_t = \frac{0.686}{1} \times 3302,433 T = 2265,469 T$$

$$M \text{ Eq2} = 2265,469 T \times 1,99 m$$

$$= 4509,304 T.m$$

$$\text{Total Eq} = 1640,291 T + 1640,291 T = 3905,759 T$$

$$\text{Total Meq} = 18535,283 T.m + 4509,304 T.m$$

$$= 23044,587 T.m$$

6. Beban tekanan tanah akibat gempa

Beban tekanan tanah juga diperhitungkan bila terjadi gempa (tekanan tanah dinamis akibat gempa). Diasumsikan tembok penahan tanah adalah tembok yang fleksibel sesuai ketentuan yang terdapat pada SNI Gempa 2833 – 2016 Pasal 9.6. Berikut perhitungan tekanan tanah dinamis akibat gempa :

$$\text{Berat jenis tanah } (\gamma_t) = 1,8 \text{ t/m}$$

$$\text{Sudut geser tanah } (\phi) = 40^\circ$$

$$\text{Rencana sudut tembok } (\delta) = 2/3 \times 40^\circ = 27^\circ$$

$$\text{Sudut kemiringan timbunan } (\alpha) = 0^\circ$$

$$\text{Sudut kemiringan tepi belakang tembok } (\beta) = 0^\circ$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif } (K_a) = 0,217$$

$$\text{Koefisien gempa horizontal } (K_h) = A_s \times 0,5$$

$$= 0,179$$

$$\text{Sudut geser tanah nominal } (\theta) = 10,160^\circ$$

Koefisien tekanan tanah dinamis

$$\begin{aligned}\pi &= \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \varphi) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2 \\ &= \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \varphi) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2 \\ &= 4,302\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_{AE} &= \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \alpha)}{\mu \cos\theta \cos 2\theta \cos(\delta + \beta + \varphi)} \\ &= \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \alpha)}{\mu \cos\theta \cos 2\theta \cos(\delta + \beta + \varphi)} \\ &= 0,222\end{aligned}$$

Koefisien tanah dinamis akibat gempa

$$\begin{aligned}E_{AE} &= \frac{\gamma t \times H^2}{2} (1 - kv) K_{AE} \\ &= 25,512 \text{ T/m} \\ E_{AE} &= E_{AE} \times B_y \\ &= 25,512 \text{ T/m} \times 32,3 \text{ m} \\ &= 824,047 \text{ T}\end{aligned}$$

7. Beban angin

Gaya angin hanya bekerja pada bangunan relatif terhadap luasan samping dari struktur bangunan atas yang menerima beban angin, yang bekerja pada sumbu horizontal. Gaya nominal akibat angin bergantung pada kecepatan angin rencana. Beban angin yang diperhitungkan berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 adalah sebagai berikut :

- Kecepatan angin rencana (V_w) : 25 m/s
- Lebar jembatan (b) : 32,3 m
- Tinggi samping jembatan : 2,06 m
- Bentang jembatan : 45,8 m
- Luas 1/2 bagian samping (A_b) : 46,945 m²

- Koefisien serat (Cw) : 1,25

$$T_{EW} = 0,006 \times 1,25 \times 25^2 \times 46,945$$

$$= 3,113 \text{ Ton}$$

8. Beban rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang

$$\text{BTR} = 2152,356 \text{ kN}$$

$$\text{BGT} = 305,000 \text{ kN}$$

$$\text{Tinggi abutment, H} = 11,3 \text{ m}$$

Besar gaya rem diambil 5% dari beban lajur "D" tanpa faktor beban dinamis.

$$\text{PTB} = 5\% \times (\text{BTR} + \text{BGT})$$

$$= 122,868 \text{ kN}$$

Diambil gaya rem 122,868 kN

$$\text{Lengan} = h \text{ pelat} + h \text{ girder} + h \text{ kolom} + h \text{ pilecap}$$

$$= 11,3 \text{ m}$$

$$\text{MTB} = \text{PTB} \times \text{lengan}$$

$$= 122,8677948 \times 11,3$$

$$= 1388,406081 \text{ kN.m}$$

c. **Kontrol stabilitas abutment**

1. Momen penahan guling

Momen penahan merupakan jumlah total dari gaya bekerja untuk menahan abutmen agar tidak terjadi guling dan dikalikan dengan faktor ultimit dari gaya.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi momen penahan abutment

Gaya Penahan	V	Lengan	Faktor	Momen
	kN	m	ultimit	kN.m
Bangunan atas	10817,022	11,3	1,3	158902,049
Abutment	32828,993	1,990	1,3	84947,834
Beban Tanah poer 7	3165,723	3,10	1,25	12267,177
Beban Tanah poer 8	660,122	5,45	1,25	4497,078
Beban Tanah poer 9	1755,828	1,25	1,25	2743,481
Beban Tanah poer 10	1556,001	3,10	1,25	6029,503
Beban Tanah poer 12	15348,960	2,70	1,25	51802,740
			Total	321189,862

2. Momen penyebab guling

Momen penyebab guling diambil dari beban tekanan tanah akibat beban rencana kendaraan dan tekanan tanah aktif akibat timbunan.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi momen guling

Gaya Guling	H	Lengan	Faktor	Momen
	kN	m	ultimit	kN.m
Tekanan tanah 1	8571,362	5,650	1,25	60535,2413
Tekanan tanah 2	8071,366	3,767	1,25	38002,6793
			Total	98537,9206

Σ Momen Penahan

$$\frac{\Sigma \text{ Momen Guling}}{\Sigma \text{ Momen Penahan}} > 1,1$$

$$\frac{321190}{98538} > 1,1$$

$$\frac{3,260}{3,260} > 1,1 \quad \mathbf{OK}$$

3. Kontrol stabilitas geser

Kontrol geser abutment dengan cara membandingkan besarnya gaya tahanan lateral ultimit dengan gaya lateral ultimit pada dinding abutment.

Tahanan lateral ultimit

Berat Sendiri Abutment (P) = 33024,326 kN

$$\begin{aligned} \text{Sudut Geser Tanah } (\phi) &= 40^\circ \\ \text{Nilai Kohesi Tanah } (C_u) &= 0,4 \text{ kPa} \\ \text{Nilai Kohesi Tanah Reduksi } (C_u') & \\ k_{rc} \times C_u &= 0,7 \times 37,333 \text{ kPa} \\ &= 37,333 \text{ kPa} = 37,333 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak efektif} \\ A_{\text{eff}} &= B_{\text{eff}} \times L_{\text{eff}} = 12 \text{ m} \times 32,3 \text{ m} \\ &= 387,600 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kondisi tanah di pondasi abutment merupakan tanah kohesif :

$$\begin{aligned} R_s &= 0,4 \times A_{\text{eff}} \times C_u' \\ &= 0,4 \times 387,600 \times 0,4 = 62,016 \text{ kN} \\ R_s &= P \times \tan \phi \\ &= 33024,326 \text{ kN} \times 0,839 \\ &= 27710,700 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya lateral ultimit

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman Tiang } (H) &= 11,3 \text{ m} \\ \text{Berat jenis tanah } (\gamma_t) &= 18 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Sudut geser tanah } (\phi) &= 40^\circ \\ \text{Tan } (\phi) &= 0,839 \\ \text{Sudut geser tanah yang direduksi } (\phi') & \\ = \tan^{-1} (K_r \cdot \phi \times \phi) &= 33,890 \end{aligned}$$

Kondisi tanah timbunan di belakang abutment merupakan tanah non kohesif :

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \frac{1 - 0,42}{1 + 0,42} \\ &= \frac{0,44}{1,56} = 0,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= \text{Tekanan lateral tanah non kohesif} \\ &= (0,5 \times \gamma_t \times H^2 \times K_a) \\ &= 519,942 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a T &= \text{Tekanan tanah akibat lapisan } 0,6 \\ &= (\gamma_t \times H \times K_a) \\ &= 3,068 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Sigma \text{ Gaya lateral} = 519,942 \text{ kN} + 3,068 \text{ kN}$$

$$= 3,068 \text{ kN}$$

Kondisi tanah di pondasi abutment merupakan tanah kohesif lempung :

$$PT = (\gamma t \times H) - (2 C_u) = 203 - 52,267 \\ = 151,133 \text{ kN}$$

$$\frac{\Sigma \text{ Penahan Lateral}}{\Sigma \text{ Gaya Lateral}} > 1,1$$

$$\frac{27772,716}{674,143} > 1,1$$

$$41,197 > 1,1 \quad \text{OK}$$

5.2 Pondasi

5.2.1 Perhitungan tiang bore (Bored Pile)

Perhitungan analisis bored pile berdasarkan beban ultimit. Beban yang dihitung berasal dari gaya aksial maksimum berupa gaya rem, tekanan tanah aktif, tekanan tanah dinamis, gempa bangunan bawah dan atas dan beban angin.

Tabel 5. 8 Perhitungan Gaya dan Momen pada Center Poer Abutment

NO	URAIAN	V	Hx	Hy	X	y	z	Mx	My
		Ton	Ton	Ton	m	m	m	Ton	m
I	Beban Tetap								
	Struktur Bangunan Atas	1081,702							
	Struktur Abutment	3302,433			0,242			797,694	
	Tek tanah aktif 1		857,136				5,650	4842,819	
II	Tek tanah aktif 2		807,137				3,767	3040,214	
	Beban Hidup								
	BTR + BGT	737,207							
	Beban Rem		122,868				11,300	1388,406	
III	Beban Angin			2,201			11,300		24,866
	Aksi lain (Gempa)								
	Eq Struktur Bangunan Atas		742,048	742,048			11,300	8385,139	8385,14
	Eq Abutment		4509,304	4509,304			5,650	25477,565	25477,57
	Eq Tek tanah dinamis		824,047				5,650	4655,866	

1. Gaya aksial (P)

Kombinasi yang dipakai untuk kekuatan pondasi adalah :

Kombinasi 1 (D + L + Ta)

$$\begin{aligned} V_u &= 5121,342 \text{ Ton} \\ H_x &= 1664,273 \text{ Ton} \\ H_y &= 0,000 \text{ Ton} \\ M_x &= 8680,727 \text{ Ton.m} \\ M_y &= 0,000 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Kombinasi 2 (D + L + Ta + TB)

$$\begin{aligned} V_u &= 5121,342 \text{ Ton} \\ H_x &= 1787,141 \text{ Ton} \\ H_y &= 0,000 \text{ Ton} \\ M_x &= 10069,133 \text{ Ton.m} \\ M_y &= 0,000 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Kombinasi 3 (D + L + Ta + TB + TEW)

$$\begin{aligned} V_u &= 5121,342 \text{ Ton} \\ H_x &= 1787,141 \text{ Ton} \\ H_y &= 2,201 \text{ Ton} \\ M_x &= 13041,004 \text{ Ton.m} \\ M_y &= 24,866 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Kombinasi 4 (D + Ex + 30%Ey + Taq)

$$\begin{aligned} V_u &= 4384,135 \text{ Ton} \\ H_x &= 6075,398 \text{ Ton} \\ H_y &= 1575,405 \text{ Ton} \\ M_x &= 38518,57 \text{ Ton.m} \\ M_y &= 10258,811 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Kombinasi 5 (D + 30%Ex + Ey + Taq)

$$\begin{aligned} V_u &= 4384,135 \text{ Ton} \\ H_x &= 1822,619 \text{ Ton} \\ H_y &= 5251,351 \text{ Ton} \\ M_x &= 11555,571 \text{ Ton.m} \\ M_y &= 33862,704 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

- x = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)
= 3,2m
- y = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)
= 3,5m
- n = jumlah tiang

= 27 buah

Dari kombinasi dan konfigurasi diatas, maka daya dukung per tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{Mx \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{My \cdot y}{\Sigma y^2}$$

P = Gaya aksial 1 tiang (T)

V = Total gaya aksial (T)

N = Jumlah tiang pancang (buah)

Mx = Momen sumbu x (T.m)

My = Momen sumbu y (T.m)

y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 5. 9 Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang

No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton	Komb. 4 Ton	Komb. 5 Ton
1	3,2	14	10,240	196,000	340,386	364,491	416,271	906,668	614,883
2	3,2	10,8	10,240	116,640	340,386	364,491	416,228	889,395	557,308
3	3,2	7,6	10,240	57,760	340,386	364,491	416,186	872,123	499,733
4	3,2	4,4	10,240	19,360	340,386	364,491	416,144	854,850	442,158
5	3,2	1,2	10,240	1,440	340,386	364,491	416,101	837,578	384,584
6	3,2	-2	10,240	4,000	340,386	364,491	416,059	820,305	327,009
7	3,2	-5,2	10,240	27,040	340,386	364,491	416,017	803,033	269,434
8	3,2	-8,4	10,240	70,560	340,386	364,491	415,975	785,760	211,859
9	3,2	-11,6	10,240	134,560	340,386	364,491	415,932	768,488	154,284
10	0	14	0,000	196,000	189,679	189,679	189,864	237,942	414,266
11	0	10,8	0,000	116,640	189,679	189,679	189,822	220,670	356,691
12	0	7,6	0,000	57,760	189,679	189,679	189,780	203,398	299,116
13	0	4,4	0,000	19,360	189,679	189,679	189,737	186,125	241,541
14	0	1,2	0,000	1,440	189,679	189,679	189,695	168,853	183,966
15	0	-2	0,000	4,000	189,679	189,679	189,653	151,580	126,391
16	0	-5,2	0,000	27,040	189,679	189,679	189,611	134,308	68,816
17	0	-8,4	0,000	70,560	189,679	189,679	189,568	117,035	11,241
18	0	-11,6	0,000	134,560	189,679	189,679	189,526	99,763	-46,334
19	-3,2	14	10,240	196,000	38,972	14,868	-36,542	-430,783	213,648
20	-3,2	10,8	10,240	116,640	38,972	14,868	-36,584	-448,055	156,073
21	-3,2	7,6	10,240	57,760	38,972	14,868	-36,627	-465,328	96,498
22	-3,2	4,4	10,240	19,360	38,972	14,868	-36,669	-482,600	40,923
23	-3,2	1,2	10,240	1,440	38,972	14,868	-36,711	-499,873	-16,652
24	-3,2	-2	10,240	4,000	38,972	14,868	-36,753	-517,145	-74,227
25	-3,2	-5,2	10,240	27,040	38,972	14,868	-36,796	-534,418	-131,801
26	-3,2	-8,4	10,240	70,560	38,972	14,868	-36,838	-551,690	-189,376
27	-3,2	-11,6	10,240	134,560	38,972	14,868	-36,880	-568,963	-246,951
			184,320	1882,080					

Dari perhitungan gaya aksial yang terjadi akibat 5 kombinasi beban pada 1 tiang bor (*bored pile*) didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima adalah 9066,68 kN

2. Daya dukung ijin tekan berdasarkan data N SPT

Depth (m)	Tanah	N (SPT)	Qd (t/m2)	fi (t/m2)	li, tebal (t/m)	U, Zli, fi (t/m)	A, Qd (t/m2)	Ra (ton)	P = Ra / SF
									SF = 2 SF = 3
0	C	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,12 -1,72
-2	S	7	7,00	3,5	7,00	7,00	9,29	9,65	2,70 1,49
-4	S	6	6,00	3	6,00	53,07	7,96	47,76	21,76 14,20
-6	S	9	9,00	4,5	9,00	89,80	11,94	81,84	38,80 25,56
-8	S	13	13,00	6,5	13,00	142,87	17,25	133,58	64,67 42,80
-10	S	60	300,00	12	24,00	240,84	398,00	605,67	300,71 200,16
-12	S	57	300,00	12	24,00	338,81	398,00	697,00	346,38 230,61
-14	S	61	300,00	12	24,00	436,77	398,00	788,34	392,05 261,05
-16	S	60	300,00	12	24,00	534,74	398,00	879,67	437,71 291,50
-18	S	56	300,00	12	24,00	632,71	398,00	971,01	485,38 321,94
-20	S	58	300,00	12	24,00	730,68	398,00	1062,34	529,05 352,39
-22	S	60	300,00	12	24,00	828,65	398,00	1153,68	574,71 382,83
-24	S	56	300,00	12	24,00	926,61	398,00	1245,01	620,38 413,28

Dengan rencana : diameter borepile = 1,3m
w tiang = 3,3t dan w tanah = 2,39 t

3. Daya Dukung Ijin Tarik berdasarkan nilai SPT (berdasarkan rumus Meyerhof)

$$P_{ta} = ((\sum li \cdot fi \cdot x \cdot A_{st}) \times 0.70) / sf2) + W_p$$

A_p = luas penampang tiang

A_s = keliling penampang tiang

li = panjang segmen tiang yang ditinjau

fi = gaya geser pada selimut segmen tiang

W_p = berat volume tiang

Depth (m)	Tanah	N (SPT)	li (m)	fi (t/m2)	li fi (t/m)	$\sum li \cdot fi$ (t/m)	qc (t/m2)	SF = 2 (t/m2)	SF = 3 (t/m2)
0	C	0	2	0	0	0	0	0	0
-2	S	7	2	7	14	14	47	23	16
-4	S	6	2	6	12	26	88	44	29
-6	S	9	2	9	18	44	146	73	49
-8	S	13	2	13	26	70	227	113	76
-10	S	60	2	60	120	190	576	288	192
-12	S	57	2	57	114	304	908	454	303
-14	S	61	2	61	122	426	1264	632	421
-16	S	60	2	60	120	546	1613	807	538
-18	S	56	2	11,2	22	568	1684	842	561
-20	S	58	2	11,6	23	592	1757	878	586
-22	S	60	2	12,0	24	616	1832	916	611
-24	S	56	2	11,2	22	638	1903	951	634

4. Efisiensi Kelompok Tiang

- Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse - Labbarre adalah

$$E_g = 1 \times \theta \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Dimana :

$$\theta = \text{Arc. Tan} (D/s)$$

m = Jumlah tiang satu kolom

n = Jumlah tiang satu baris

s = jarak antar tiang

$$Eg = 1 \times 20,386 \times \frac{18 + 24}{2430} = 0,647$$

- Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Los Angeles

$$Eg = 1 \times \frac{D}{\pi s m n} \times (m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1) \sqrt{2})$$

$$Eg = 0,717$$

- Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Seiler Keeney

$$Eg = \left(1 \times \frac{36s \times (m+n-2)}{75s^2 \times (m+n-1)} \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

$$Eg = 0,896$$

Kontrol daya dukung terhadap efisiensi tiang

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung tiang} &= Eg \times \text{jumlah tiang} \times \text{DDT} \\ &= 0,896 \times 27 \times 620,38 \\ &= 15006,241 \text{ t} \end{aligned}$$

Efisiensi tiang > P aksial terjadi

$$15006,241 > 5121,34 \text{ t}$$

5. Kontrol daya dukung tanah

P DDT > P aksial

$$-\text{SF2} ; 9513,10 \text{ kN} > 9066,68 \text{ kN (OK)}$$

$$-\text{SF3} ; 6342,07 \text{ kN} > 4162,7 \text{ kN (OK)}$$

Kontrol bahan

$$\begin{aligned} \text{Pu bahan} &= (0,45 \times f_c \times 10)(1/4 \times 3,14 \times d^2) \\ &= 2389,1812 \text{ T} \end{aligned}$$

Pu bahan > P aksial

$$23891,81 \text{ kN} > 9066,68 \text{ Kn (OK)}$$

Pu bahan > DDT

$$\text{SF2 } 23891,81 \text{ kN} > 6203,82 \text{ kN (OK)}$$

6. yang terjadi pada borepile (P)

Hx = Beban Rem + Gempa Bang. Atas + Gempa

$$\begin{aligned}
& \text{Abutment + Tek. Tanah Dinamis Gempa} \\
& = 122,868 \text{ kN} + 1640,291 \text{ kN} + 4509,304 \text{ kN} \\
& \quad + 824,047 \text{ kN} \\
& = 70965,089 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_y &= \text{Beban Gempa Struktur Atas + Gempa} \\
& \quad \text{Abutment + Beban Angin} \\
& = 1640,291 \text{ kN} + 4509,304 \text{ kN} + 3,113 \text{ kN} \\
& = 61527,071 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Resultan gaya horizontal

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2} = 93923,503 \text{ kN}$$

7. Momen tiang bor

k = Koef. reaksi lapisan tanah dibawah permukaan dalam arah vertikal(kg/m³)

D = Diameter tiang (cm)

δa = Besarnya pergeseran normal (cm)
= 1 cm

y = Besarnya pergeseran yang akan dicari
= 1 cm

E = 25743 MPa

I = 10507107,3

k = 0,2 x Eo x D^{-3/4} x y^{-1/2}
= 0,2 x 28 x 20,958 x 130^{-3/4} x 1^{-1/2}
= 4,825

$$\begin{aligned}
\beta &= \left(\frac{k \times D}{4 \times EI} \right)^{0,25} \\
&= \left(\frac{4,825 \times 130}{4 \times 25743 \times 10507107,3} \right)^{0,25} \\
&= 0,00275935
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= 0,2079 \times \frac{H}{2\beta} \\
&= 0,2079 \times \frac{906667,65}{2 \times 0,002759} = 34155854,4 \text{ kg.cm} \\
&= 3415,5854 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

5.2.2 Perhitungan tulangan bore(*Bored Pile*)

1. Penulangan lentur

Rekapitulasi gaya pada bored pile :

$$P = 9066,676 \text{ KN} \quad V = 3009,320 \text{ KN}$$

$$M = 3415,585 \text{ KN} \quad k = 1,5$$

$$P_u = P \times k = 13600 \text{ KN}$$

$$V_u = V \times k = 4513,9806 \text{ KN}$$

$$M_u = M \times k = 5123,3782 \text{ KN}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

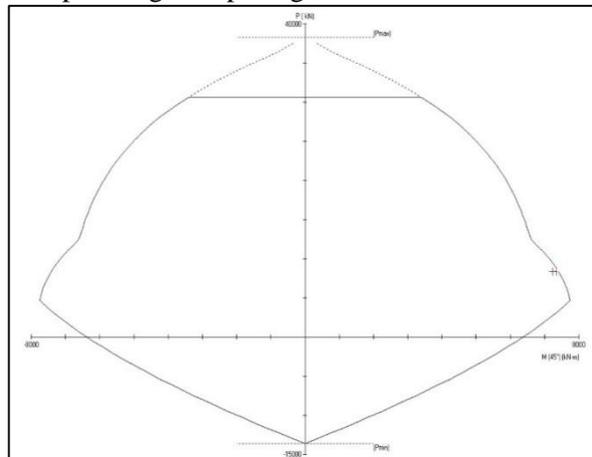
$$D = 24000 \text{ mm}$$

$$l = 32300 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = 23925 \text{ mm}$$

Dilakukan input gaya dan spek yang dipakai untuk tiang bor pada program pCaCol, sehingga didapatkan grafik pada gambar berikut:



Gambar 5.3 Grafik hasil input pCaCol, hubungan antara momen dan gaya aksial

Tulangan pakai : 26 D 43 ($A_s = 40656 \text{ mm}^2$)
dengan rasio tulangan 2,84 %

2. Penulangan geser
Cek kekuatan geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 2400 \times 13000$$

$$= 4513980,6 \text{ N}$$

3. $V_s \text{ min} = \frac{B \cdot D}{3} = \frac{2762500}{3} = 920833,333 \text{ N}$

Cek kondisi geser

Kondisi 1, $V_u < 0,5 \times \phi \times V_c$
 $4513980,6 < 14388363$ **OK**

Didapatkan dari perhitungan diatas masuk pada kondisi 1 Maka dipasang tulangan geser praktis \emptyset 14 – 150

5.2.3 Perhitungan pile cap

1. Analisis gaya dan momen pile cap

Tabel 5. 10 Rekapitulasi gaya dan momen pile cap

NO	URAIAN	V	Hx	Hy	X	y	z	Mx	My
		Ton	Ton	Ton	m	m	m	Ton	m
I	Beban Tetap								
	Struktur Bangunan Atas	1081,702							
	Struktur Abutment	3302,433			0,242			797,694	
	Tek tanah aktif 1		857,136				5,650	4842,819	
	Tek tanah aktif 2		807,137				3,767	3040,214	
II	Beban Hidup								
	BTR + BGT	737,207							
	Beban Rem		0,000				11,300	0,000	
	Beban Angin			3,113			11,300		35,177
III	Aksi lain (Gempa)								
	Eq Struktur Bangunan Atas		742,048	742,048			11,300	8385,139	8385,139
	Eq Abutment		2265,469	2265,469			5,650	12799,899	12799,899
	Eq Tek tanah dinamis		824,047				5,650	4655,866	

Tabel 5. 11 Perhitungan reaksi tiang bor

No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton
1	3,5	14	12,25	196	327,4686	349,5068	396,9027303
2	3,50	10,50	12,25	110,25	327,47	349,51	396,85
3	3,50	7,00	12,25	49,00	327,47	349,51	396,79
4	3,50	3,50	12,25	12,25	327,47	349,51	396,74
5	3,50	0,00	12,25	0,00	327,47	349,51	396,68
6	3,50	-3,50	12,25	12,25	327,47	349,51	396,62
7	3,50	-7,00	12,25	49,00	327,47	349,51	396,57
8	3,50	-10,50	12,25	110,25	327,47	349,51	396,51
9	3,50	-14,00	12,25	196,00	327,47	349,51	396,46
10	0,00	14,00	0,00	196,00	189,68	189,68	189,90
11	0,00	10,50	0,00	110,25	189,68	189,68	189,85
12	0,00	7,00	0,00	49,00	189,68	189,68	189,79
13	0,00	3,50	0,00	12,25	189,68	189,68	189,74
14	0,00	0,00	0,00	0,00	189,68	189,68	189,68
15	0,00	-3,50	0,00	12,25	189,68	189,68	189,62
16	0,00	-7,00	0,00	49,00	189,68	189,68	189,57
17	0,00	-10,50	0,00	110,25	189,68	189,68	189,51
18	0,00	-14,00	0,00	196,00	189,68	189,68	189,46
19	-3,50	14,00	12,25	196,00	51,89	29,85	-17,10
20	-3,50	10,50	12,25	110,25	51,89	29,85	-17,15
21	-3,50	7,00	12,25	49,00	51,89	29,85	-17,21
22	-3,50	3,50	12,25	12,25	51,89	29,85	-17,26
23	-3,50	0,00	12,25	0,00	51,89	29,85	-17,32
24	-3,50	-3,50	12,25	12,25	51,89	29,85	-17,38
25	-3,50	-7,00	12,25	49,00	51,89	29,85	-17,43
26	-3,50	-10,50	12,25	110,25	51,89	29,85	-17,49
27	-3,50	-14,00	12,25	196,00	51,89	29,85	-17,54

Tabel 5. 12 Perhitungan momen pilecap

Tiang Pancang	lengan	Momen		
		Kom 1	Kom 2	Kom3
Σ P1	3,50	129707,725	136649,756	151528,654
Σ P2	0,00	0,000	0,000	0,000
Σ P3	3,5	181,615	104,481	-61,404

Momen maksimal

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 151528,654 \text{ kN.m} \\
 \text{Mu per meter} &= \frac{151528,654}{32,3} \\
 &= 4691,290 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Perhitungan penulangan pile cap

1. Tulangan utama

$$M_u = 4691,29 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 1750 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 1700 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4691,29}{0,8} = 6100,78 \text{ KN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{5864,112 \times 10^6}{1000 \times 2890000} = 2,029 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

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

$$\rho_{\text{maks}} = 75\% \times \rho_{\text{balance}} = 75\% \times 0,0325 = 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686274$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n}) = \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 2,029}) = 0,005292448$$

Cek nilai ρ : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$
 $0,0035 < 0,00529 < 0,024$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 1700 \\ &= 5950 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 32

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1024 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{803,84 \times 1000}{5950} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D32 – 130 **OK**

2. Tulangan bagi

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \times A_s \\ &= 50\% \times 5950 \\ &= 2975 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 22

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 484 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{379,94 \times 1000}{2975} \\ &= 128 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi D22- 120 **OK**

3. Tulangan tekan

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 1700 \\ &= 5950 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 32

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1024 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{803,84 \times 1000}{5950} \\ &= 135 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama D32-130 **OK**

4. Cek kekuatan geser pons

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned} b &= (\pi + \emptyset TP) + h \\ &= 1884 + 1750 \\ &= 3634 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{pons}} - d' \\ &= 1750 - 50 \\ &= 1700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 3634 \times 1700 \\ &= 5639534,026 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{p_{\text{maks}}}{\phi} \\ &= \frac{43293,9}{0,7} \\ &= 61848 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_c > V_u$ (OK)

5. Tulangan geser

$$M_u = 396,9 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 1750 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 1000 \text{ mm} \\
 d' &= 50 \text{ mm} \\
 d &= 1700 \\
 \phi &= 0,7 \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 1551880,58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{b \times D}{3} \\
 &= 566666,67
 \end{aligned}$$

Cek kondisi geser, kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \times \phi \times V_c \\
 396902,73 &< 543158,2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan geser praktis $\emptyset 14 - 150$

5.2.5 Perhitungan dinding abutment

1. Pembebanan dinding abutment

- Berat sendiri

$$\begin{aligned}
 q &= H \times L \times W_c \\
 &= 7,493 \times 1,3 \times 25 \\
 &= 243,5225 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat korbel

$$\begin{aligned}
 q &= (H_1 + H_2) / 2 \times L \times W_c \\
 &= 2,7945 \times 0,8 \times 25 \\
 &= 55,89 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat long stopper

$$\begin{aligned}
 Q &= H \times L \times W_c \\
 &= 0,8 \times 0,8 \times 25 \\
 &= 16 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat hidup lalu lintas

$$L = 45,8 \text{ m}$$

$$B = 32,3 \text{ m}$$

$$PBGT = 68,6 \text{ KN/m}$$

$$DLA = 0,4$$

$$q_{BTR} = 7,45 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 VBTR &= (5.5 \times q_{BTR}) + [(b - 5.5) \times 0.5 \times q_{BTR}] \times L
 \end{aligned}$$

$$= 4611,70179 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{VBGT} &= (5.5 \times (\text{P BGT} \times (1 + \text{DLA})) + (\text{b} - \\ & 5.5 \times (0.5 \times (\text{P BGT} \times (1 + \text{DLA})))) \\ &= 296,41 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{q BTR} &= \frac{\text{V BTR}}{\text{B}} \\ &= \frac{4611,70179}{32,3} \\ &= 142,777 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{q BGT} &= \frac{\text{V BGT}}{\text{B}} \\ &= \frac{296,41}{32,3} \\ &= 9,176 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

- Beban struktur atas

$$\begin{aligned} \text{q ABT} &= \frac{\text{V ABT}}{\text{B}} \\ &= \frac{21634,043}{32,3} \\ &= 669,7846 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

- Beban tanah aktif

$$\text{Tinggi timbunan (H)} = 11,3 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis tanah } (\gamma_t) = 18$$

$$\text{Sudut geser tanah } (\phi) = 40$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah aktif (Ka)} = 0,21744$$

$$\text{Koef. Gempa horizontal (Kh)} = 0,1792$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah dinamis (KAE)} = 0,22$$

- Beban gempa

$$\text{Csm} = 0,69$$

$$\text{R bangunan bawah} = 1$$

$$\text{R bangunan atas} = 1$$

$$\text{W setengah bangunan atas} = 10817,02 \text{ KN}$$

$$\text{Beban sendiri} = 7865,777 \text{ KN}$$

$$\text{Berat korbek} = 558,9 \text{ KN}$$

$$\text{Berat longitudinal stopper} = 516,8 \text{ KN}$$

- Beban gempa akibat bangunan atas

$$\text{EQ} = \frac{\text{CSM}}{\text{R}} \times \text{Wt}$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 10817,02$$

$$= 7420,48 \text{ KN}$$

- Beban gempa breast wall

$$\text{EQ} = \frac{\text{CSM}}{\text{R}} \times \text{Wt}$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 7865,77 \text{ KN}$$

$$= 5395,923$$

- Beban gempa korbrel

$$\text{EQ} = \frac{\text{CSM}}{\text{R}} \times \text{Wt}$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 558,9$$

$$= 383,4054$$

- Beban gempa long stopper

$$\text{EQ} = \frac{\text{CSM}}{\text{R}} \times \text{Wt}$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 516,8$$

$$= 354,5248$$

- Beban rem

$$\text{TB} = 122,867 \text{ KN}$$

$$q = \text{TB/B} = 122,867/32,3 = 3,8 \text{ KN/m}$$

2. Perhitungan gaya dan momen dinding abutment

Kombinasi 1 (1.3D + 2L + 2Tb + 1.2 Tew + 1.25 Ta)						
No	Aksi / beban	fak. Beban	Vu kN.m	Hx kN/m	Lengan m	Mx kNm/m2
1	Berat sendiri	1,30	410,03625		0,000	0
2	Berat korbrel	1,30	72,657		0,770	55,94589
3	Berat long stop	1,30	20,8		0,380	7,904
4	Ta 1	1,25		33,1709	7,533	249,88748
5	Ta 2	1,25		312,3593	3,767	1176,5535
6	BTR + BGT	2,00	303,9078508		0,000	0
7	Beban rem	2,00		1,23839	0,000	0
	Total		807,4011008	346,7686		1490,2909

Kombinasi 2 (1,3D + 1Eq + 1Taq)						
No	Aksi / beban	fak. Beban	Vu kN.m	Hx kN/m	Lengan m	Mx kNm/m2
1	Berat sendiri	1,30	410,03625		0,000	0
2	Gempa B. atas	1,00		229,7361	11,300	2596,0182
3	Gempa Breast wall	1,00		167,0564	3,140	524,55721
4	Gempa Korbel	1,00		11,87014	4,170	49,498468
5	Gempa Long Stop	1,00		10,976	5,510	60,47776
6	Tek. T. Dinamis	1,00		255,123	5,650	1441,4444
	Total		410,03625	674,7616		4671,9961

3. Perhitungan penulangan dinding abutment

Tulangan utama :

$$Mu = 4671,99 \text{ KN.m}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 1300 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 1250 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4672}{0,8} = 5840 \text{ KN.m}$$

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

$$= \frac{5840 \times 10^6}{1000 \times 1562500}$$

$$= 3,738 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0325$$

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

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

$$\rho \text{ maks} = 75\% \times \rho \text{ balance}$$

$$= 75\% \times 0,0325$$

$$= 0,024$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 300}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15,686274 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times Rn}) \\
 &= \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 3,738}) \\
 &= 0,010152393
 \end{aligned}$$

Cek nilai ρ : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$
 $0,0035 < 0,010152393 < 0,024$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0102 \times 1000 \times 1250 \\
 &= 12690,49 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 32

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 1024 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar $b = 1000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{803,84 \times 1000}{12690} \\
 &= 63
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D32 – 60 (OK)

Tulangan bagi :

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% \times A_s \\
 &= 50\% \times 12690,49 \\
 &= 6345,245
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 29

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 841 \\
 &= 660,185 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar $b = 1000$ mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{660,185 \times 1000}{6345,246} \\ &= 104 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi D29- 100 (OK)

Tulangan geser :

$$V_u = 807401,1 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 1300 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 1250$$

$$\phi = 0,7$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1141088,661 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{b \times D}{3} \\ &= 416666,67 \end{aligned}$$

Cek kondisi geser, kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u < \phi (V_c + V_s \text{ min})$$

$$798762,063 < 807401,1 < 1090428,7 \text{ (OK)}$$

5.2.6 Perhitungan longitudinal stopper

1. Pembebanan longitudinal stopper

2. Pembebanan korbel

- Berat sendiri

$$\begin{aligned} q &= H \times L \times W_c \\ &= 2 \times 0,8 \times 25 \\ &= 40 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

- Berat korbel

$$q = (H_1 + H_2) / 2 \times L \times W_c$$

$$= 2,7945 \times 0,8 \times 25$$

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

- Beban rem

$$\text{TB} = 122,8677 \text{ KN}$$

$$q = \text{TB/B}$$

$$= 122,8677/32,3$$

$$= 3,8 \text{ KN/m}$$

- Beban tanah aktif

$$\text{Tinggi timbunan (H)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis tanah } (\gamma_t) = 18$$

$$\text{Sudut geser tanah } (\phi) = 40$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah aktif (Ka)} = 0,21744$$

$$q = 0,6 \times \gamma_t$$

$$= 10,8 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{PTa1} = q \times ka \times H$$

$$= 4,69677 \text{ KN/m}$$

$$\text{PTa2} = 0,5 \times ka \times \gamma_t \times h^2$$

- Beban tekanan tanah aktif akibat gempa

$$\text{Tinggi timbunan (H)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis tanah } (\gamma_t) = 18$$

$$\text{Sudut geser tanah } (\phi) = 40$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah aktif (Ka)} = 0,21744$$

$$\text{Koef. Gempa horizontal (Kh)} = 0,1792$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah dinamis (KAE)} = 0,22$$

- Beban gempa

$$\text{Csm} = 0,69$$

$$\text{R bangunan bawah} = 1$$

$$\text{R bangunan atas} = 1$$

$$\text{W setengah bangunan atas} = 21634 \text{ KN}$$

$$\text{Beban sendiri} = 1292 \text{ KN}$$

$$\text{Berat korbél} = 1805, \text{ KN}$$

- Beban gempa akibat bangunan atas

$$EQ = \frac{CSM}{R} \times Wt$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 21634$$

$$= 14840,9 \text{ KN}$$

- Beban gempa longstop

$$EQ = \frac{CSM}{R} \times Wt$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 1292 \text{ KN}$$

$$= 886,312$$

- Beban gempa korbel

$$EQ = \frac{CSM}{R} \times Wt$$

$$= \frac{0,69}{1} \times 1805,25$$

$$= 1238,399 \text{ KN}$$

3. Perhitungan gaya dan momen longitudinal stopper

Kombinasi 1 (1.3D + 2L + 2Tb + 1.2 Tew + 1.25 Ta)						
No	Aksi / beban	fak. Beban	Vu kN.m	Hx kN/m	Lengan m	Mx kNm/m2
1	Berat sendiri	1,30	124,657		1,000	124,657
3	Ta 1	1,25		5,870956	1,000	5,8709565
4	Ta 2	1,25		9,784927	0,667	6,523285
5	Berat long stop	1,30		3,803956	2,000	7,607913
	Total		124,657	19,45984		144,65915
Kombinasi 2 (1.3D + 1EQ + 1Taq)						
No	Aksi / beban	fak. Beban	Vu kN.m	Hx kN/m	Lengan m	Mx kNm/m2
1	Berat sendiri	1,30	124,657		1,000	124,657
2	Beban Gempa	1,25		525,2528	2,000	1050,5056
3	Tek tanah dinamis	1,25		7,992	1,000	7,9919464
	Total		124,657	533,2447		1183,1545

4. Perhitungan penulangan longitudinal stopper

Tulangan utama :

$$Mu = 1183,155 \text{ KN.m}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 500 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 50 \text{ mm} \\
 d &= 450 \text{ mm} \\
 \phi &= 0,8 \text{ mm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{1183,15}{0,8} = 1478,94 \text{ KN.m} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1478,94 \times 10^6}{1000 \times 202500} \\
 &= 7,303 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,0325 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,0325 \\
 &= 0,024 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 300} \\
 &= 15,686274 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n}) \\
 &= \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 7,303}) \\
 &= 0,02208351 \\
 \text{Cek nilai } \rho &: \quad \rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}} \\
 & \quad 0,0035 < 0,02208 < 0,024 \\
 \text{Luas tulangan yang diperlukan} \\
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0221 \times 1000 \times 450 \\
 &= 9937,57 \text{ mm}^2 \\
 \text{Direncanakan tulangan 32} \\
 A_s &= \rho \times \pi \times D^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 1024$$

$$= 803,84 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$S = \frac{\text{As pasang} \times b}{\text{As perlu}}$$

$$= \frac{803,84 \times 1000}{9937,57}$$

$$= 81$$

Maka dipasang tulangan D32 – 80 (OK)

Tulangan bagi :

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\text{As}' = 50\% \times \text{As}$$

$$= 50\% \times 9937,58$$

$$= 4968,7897$$

Direncanakan tulangan 25

$$\text{As} = \rho \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 625$$

$$= 490,625 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$S = \frac{\text{As pasang} \times b}{\text{As perlu}}$$

$$= \frac{490,625 \times 1000}{6345,246}$$

$$= 99$$

Maka dipasang tulangan bagi D25- 90 (OK)

Tulangan geser :

$$V_u = 124657 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 500 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 50 \text{ mm} \\
 d &= 450 \\
 \phi &= 0,7 \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 410791,9181
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{b \times D}{3} \\
 &= 150000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi geser, kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \times \phi \times V_c \\
 124657 &< 143777 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

5.2.7 Perhitungan korbek

1. Perhitungan gaya dan momen korbek

- Berat sendiri

$$\begin{aligned}
 q &= (H_1 + H_2) / 2 \times L \times W_c \\
 &= 2,7945 \times 0,8 \times 25 \\
 &= 55,89 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat plat injak

$$\begin{aligned}
 q &= H \times L \times W_c \\
 &= 0,35 \times 5 \times 25 \\
 &= 25 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat aspal

$$\begin{aligned}
 q &= t_a \times L \times w_a \\
 &= 0,1 \times 0,8 \times 25 \\
 &= 11 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat genangan air

$$\begin{aligned}
 q &= t_h \times L \times W_w \\
 &= 0,1 \times 5 \times 9,8 \\
 &= 4,9 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat UDL

$$\begin{aligned}
 q &= q_{UDL} \times L \\
 &= 0,74 \times 5 \\
 &= 3,724 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

Kombinasi 3 (1.3D + 2L + 2Tb + 1.2 Tew + 1.25 Ta)					
No	Aksi / beban	fak. Beban	Vu kN.m	Lengan m	Mx kNm/m2
1	Berat sendiri	1,30	72,657	1,600	116,2512
2	Berat plat injak	1,30	56,875	1,600	91
3	Beban aspal	2,00	22	1,067	23,46667
4	Beban air hujan	2,00	9,8	0,711	6,968889
5	Beban UDL	2,00	7,447598	3,200	23,83231
	Total		168,7796		261,5191

2. Perhitungan penulangan korbel

Tulangan utama :

$$Mu = 261,519 \text{ KN.m}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 2100 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 2050 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{261,519}{0,8} = 326,9 \text{ KN.m}$$

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

$$= \frac{326,9 \times 10^6}{1000 \times 2050^2}$$

$$= 0,078 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0325$$

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

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

$$\rho \text{ maks} = 75\% \times \rho \text{ balance}$$

$$= 75\% \times 0,0325$$

$$= 0,024$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 300} \\
 &= 15,686274 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n}) \\
 &= \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 0,078}) \\
 &= 0,000194764
 \end{aligned}$$

Cek nilai ρ : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$
 $0,0035 < 0,000194764 < 0,024$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 1250 \\
 &= 7175 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 32

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 1024 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar $b = 1000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{803,84 \times 1000}{7175} \\
 &= 112
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D32 – 100 (OK)

Tulangan bagi :

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% \times A_s \\
 &= 50\% \times 7175 \\
 &= 3587,5
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 25

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 625
 \end{aligned}$$

$$= 490,625 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar $b = 1000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{As \text{ pasang} \times b}{As \text{ perlu}} \\ &= \frac{490,625 \times 1000}{6345,2463587,5} \\ &= 137 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi D25- 130 (OK)

Tulangan geser :

$$V_u = 1687796,6 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 2100 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 2050$$

$$\phi = 0,7$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1871385,405 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{b \times D}{3} \\ &= 683333,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi geser, kondisi 1

$$V_u < 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$168779,6 < 654984 \quad (\text{OK})$$

5.2.8 Perhitungan Wing wall

1. Pembebanan Wing wall - Berat sendiri

Bag	Vol m ³	Berat kN	x m	Fak beban	Mu kN.m
7	1,6335	40,8375	3,10	1,3	164,5751
8	0,34062	8,5155	5,45	1,3	60,33232
9	1,812	226,5	1,25	1,3	368,0625
10	0,80289	20,07	3,10	1,3	80,89117
11	0,34062	4,26	5,22	1,3	28,87649
12	7,92	99,00	2,70	1,3	347,49
				Total	1050,228

-Beban tanah aktif

$$\text{Tinggi timbunan (H)} = 10,95\text{m}$$

$$\text{Berat jenis tanah } (\gamma t) = 18$$

$$\text{Sudut geser tanah } (\phi) = 40$$

$$\text{Koef. Tekanan tanah aktif (Ka)} = 0,21744$$

$$q = 0,6 \times \gamma t$$

$$= 10,8 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{PTa1} = q \times ka \times H$$

$$= 26,5367 \text{ KN/m}$$

$$\text{PTa2} = 0,5 \times ka \times \gamma t \times h^2$$

$$= 249,887 \text{ KN/m}$$

Bag	Gaya kN	L m	Fak beban	Mu kN.m
1	26,53672	5,650	1,3	194,9122
2	249,8875	7,533	1,3	2447,231
			Total	2642,144

2. Perhitungan penulangan Wing wall

Tulangan utama :

$$\text{Mu} = 3692 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$H = 300 \text{ mm}$$

$$B = 10950 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 270 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{261,519}{0,8} = 4615,46 \text{ KN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{4615,46 \times 10^6}{1000 \times 72900}$$

$$= 5,782 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ balance} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maks} &= 75\% \times \rho \text{ balance} \\ &= 75\% \times 0,0325 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 300} \\ &= 15,686274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n}) \\ &= \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 5,782}) \end{aligned}$$

$$= 0,01662$$

$$\begin{aligned} \text{Cek nilai } \rho : \quad \rho \text{ mins} &< \rho < \rho \text{ maks} \\ 0,0035 &< 0,01662 < 0,024 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01662 \times 10950 \times 270 \\ &= 49142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 32

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1024 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{803,84 \times 1000}{49142} \\ &= 179 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D32 – 170 (OK)

Tulangan bagi :

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \times A_s \\ &= 50\% \times 49142 \\ &= 24571,15541 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan 22

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 484 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{379,94 \times 10950}{6345,2463587,5} \\ &= 169 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan bagi D22- 160 (OK)

5.2.9 Perhitungan plat injak

1. Pembebanan plat injak

a. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Aspal} &= t \times B_J \times L \\ &= 0,1 \times 2,2 \times 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1,1 \text{ T/m} \\
\text{Pelat} &= t \times B_J \times L \\
&= 0,25 \times 2,5 \times 5 \\
&= 3,13 \text{ T/m} \\
\text{Air hujan} &= t \times B_J \times L \\
&= 0,05 \times 0,98 \times 5 \\
&= 0,25 \text{ T/m} \\
q \text{ DL} &= 4,47 \text{ T/m} \\
q_u \text{ DL} &= 1,3 \times q \text{ DL} \\
&= 1,3 \times 4,47 \text{ T/m} \\
&= 5,81 \text{ T/m}
\end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
\text{BTR} &= q \times L \\
&= 0,74 \times 5 \\
&= 3,72 \text{ T/m} \\
q \text{ LL} &= 3,72 \text{ T/m} \\
q_u \text{ LL} &= 1,6 \times q \text{ LL} \\
&= 1,6 \times 3,72 \text{ T/m} \\
&= 5,96 \text{ T/m}
\end{aligned}$$

Untuk menghitung momen digunakan permodelan sederhana menggunakan sendi-sendi
Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned}
M \text{ DL} &= \frac{1}{8} \times q_u \text{ DL} \times L^2 \\
&= \frac{1}{8} \times 5,81 \text{ T/m} \times 5^2 \\
&= 18,16 \text{ T.m}
\end{aligned}$$

Momen akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
M \text{ LL} &= \frac{1}{8} \times q_u \text{ LL} \times L^2 \\
&= \frac{1}{8} \times 5,96 \times 5^2 \\
&= 18,62 \text{ T.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Momen total} &= M \text{ DL} + M \text{ LL} \\
&= 18,16 + 18,62 \text{ T.m}
\end{aligned}$$

2. Perhitungan penulangan plat injak

$$\text{Mu} = 367,78 \text{ KN.m}$$

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 H &= 350 \text{ mm} \\
 B &= 1000 \text{ mm} \\
 d' &= 30 \text{ mm} \\
 d &= 320 \text{ mm} \\
 \phi &= 0,8 \text{ mm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{367,78}{0,8} = 459,73 \text{ KN.m} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{459,73 \times 10^6}{1000 \times 102400} \\
 &= 4,49 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,0325 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 300} \\
 &= 15,686274
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n}) \\
 &= \frac{1}{15,686274} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 15,686374 \times 4,49})
 \end{aligned}$$

$$= 0,0124$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek nilai } \rho : \quad &\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}} \\
 &0,0035 < 0,0124 < 0,024
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0124 \times 1000 \times 320$$

$$= 3979,85 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan 25

$$\text{As} = \rho \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 625$$

$$= 490,63 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$S = \frac{\text{As pasang} \times b}{\text{As perlu}}$$

$$= \frac{490,63 \times 1000}{3979,85}$$

$$= 123,28$$

Maka dipasang tulangan D25 – 100 (OK)

Tulangan bagi :

Tulangan bagi yang dipasang pada arah memanjang jembatan, luas tulangan yang diperlukan

$$\text{As}' = 50\% \times \text{As}$$

$$= 50\% \times 3979,85$$

$$= 1989,93$$

Direncanakan tulangan 19

$$\text{As} = \rho \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 361$$

$$= 283,39 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan untuk lebar b = 1000 mm

$$S = \frac{\text{As pasang} \times b}{\text{As perlu}}$$

$$= \frac{283,39 \times 1000}{1989,93}$$

$$= 142,41$$

Maka dipasang tulangan bagi D19- 140 (OK)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data eksisting dan spesifikasi yang direncanakan, maka pada modifikasi desain struktur Jembatan Kedung Galeng ruas tol Pasuruan Probolinggo dapat disimpulkan dengan beberapa pernyataan dibawah :

1. Eksisting Jembatan Kedung Galeng mempunyai panjang bentang 45,8m dengan lebar 32,3m yang memiliki 17 buah girder beton precast type I pasca tarik dengan dimensi dari beton precast adalah 2100x720. Sedangkan hasil modifikasi Jembatan Kedung Galeng mempunyai panjang bentang 45,8m dengan lebar 32,3m yang memiliki 15 buah girder baja type WF dengan dimensi dari profil baja adalah 1400x400x48x30.
2. Eksisting Jembatan Kedung Galeng mempunyai diafragma tepi dengan dimensi 1650x500 dan diafragma tengah dengan dimensi 1650x200. Sedangkan hasil modifikasi Jembatan Kedung Galeng mempunyai diafragma dengan dimensi profil baja L 70x70x6.
3. Eksisting Jembatan Kedung Galeng mempunyai tebal pelat lantai 25cm. Sedangkan hasil modifikasi Jembatan Kedung Galeng mempunyai tebal pelat lantai 30cm
4. Struktur pembatas tepi jembatan menggunakan parapet dengan tinggi 1,2 m, lebar atas 0,225 m, dan lebar bawah 0,45 m. Tulangan utama menggunakan D19-450, dan tulangan bagi 4Ø10.
5. Pelat lantai jembatan dengan tebal 300 mm di desain menggunakan tulangan lentur D32-150 mm dan tulangan bagi Ø16 - 250 mm.
6. Pada modifikasi desain Jembatan Kedung Galeng menggunakan balok girder baja dengan tipe profil WF.

7. Dimana pada kondisi eksisting jembatan sebelumnya menggunakan balok girder precast tipe balok – T. Sehingga didapatkan spesifikasi balok dengan dimensi 1400 mm x 400 mm x 48 mm x 30 mm dan jarak antar balok girder 2,2 m sejumlah 15 buah dengan mutu baja BJ-55.
8. Perletakan jembatan menggunakan elastomer dengan tinggi 810 mm, panjang 380 mm, dan lebar 257 mm. Tebal lapisan plat baja 5 mm. Tebal lapisan selimut sisi 10 mm, tebal lapisan karet dalam 21 mm sebanyak 9 buah. Tebal selimut atas dan bawah 6 mm.
9. Abutment pada Jembatan sungai Kedung Galeng memiliki total tinggi 11,3 m dengan lebar 32,3 m. Terbagi atas beberapa bagian struktur abutment diantaranya : pile cap, long stopper, breast wall, dan korbel. Pada pile cap dipasang tulangan lentur D32 - 130 mm, tulangan bagi D22 - 120 mm, tulangan tekan D32 - 130 mm, dan tulangan geser D14-250 mm. Pada long stopper digunakan tulangan lentur D32-80 mm, tulangan bagi D25-90 mm dan tulangan geser D16 - 450 . Pada breast wall digunakan tulangan lentur D32 - 60 mm, tulangan bagi D29 - 100 mm, dan tulangan geser D16-300 mm. Sedangkan pada korbel digunakan tulangan lentur D32-100 mm, tulangan bagi D25-130 mm, dan tulangan geser D16-250 mm.
10. Abutment memiliki bangunan pelengkap wing wall dengan tulangan utama D32-170 mm dan tulangan bagi D22 - 160 mm.
11. Plat injak jembatan dengan tebal 350 mm di desain menggunakan tulangan lentur D25-250 mm dan tulangan bagi D19 - 140 mm.
12. Bored Pile yang digunakan untuk pile cap abutment sebanyak 3 x 9 buah dengan diameter 1300 mm dengan mutu f_c 30 dan f_y 400MPa

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. 2016. *SNI 1725-2016 (Pembebanan Untuk Jembatan)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2016. *SNI 2833-2016 (Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *RSNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2005. *RSNI T-03-2005 (Perencanaan Struktur Baja Jembatan)*.
- Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- BMS BDC 1992.
- Nasution, Ir. Thamrin. 2012. Modul Kuliah “ *Struktur Baja II* ” Departemen Teknik Sipil, FTSP ITM.
- Setiawan, Agus. 2008. “ Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (berdasarkan SNI 03-1729-2002) ”.
- Ir. Suryono Sosrodarsono, 2000. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*
- Indrasurya B.Mochtar, 1995. *Mekanika Tanah Braja M. Das jilid 1*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Aditya Wahyu Prastowo merupakan anak kedua dari dua bersaudara, Lahir di Surabaya pada tanggal 10 Februari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Tanggulturus, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Bandung Tulungaung, lalu di SMAN 1 Boyolangu.

Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program Studi Diploma 3 pada tahun 2015, terdaftar dengan NRP 10111500000007. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini, penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis juga pernah aktif dalam komunitas olahraga lingkup jurusan, bidang olahraga bola basket. Selain itu, penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan jurusan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis juga pernah menjadi juara 3 event basket SPARTAN lingkup FTSP di ITS. Penulis bisa dihubungi via email wahyuprastowo@gmail.com. Motto hidup : “Buatlah orang yang menyayangimu bangga terhadapmu”.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nadya Wiji Novianti merupakan anak pertama dari dua bersaudara, Lahir di Surabaya pada tanggal 14 November 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kedurus VI/433 Surabaya, lalu melanjutkan pendidikan di

SMP Muhammadiyah 6 Surabaya, lalu di SMA Negeri 9 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program Studi Diploma 3 pada tahun 2015, terdaftar dengan NRP 10111500000050. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini, penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan, diantaranya menjadi staff Departemen PSDK di UKM karate ITS, staff Departemen Intern di UKM VSNMC ITS. Selain itu, penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis juga pernah menjadi juara di beberapa event karate baik di lingkungan ITS maupun di luar ITS. Penulis bisa dihubungi via email nadya_wiji@yahoo.com. Motto hidup : “Berdoa karena Allah maha mendengar, usaha tanpa doa itu sombong”.



GAMBAR PERENCANAAN TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN KEDUNG GALENG STA. 28+200
DIVISI IV PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN - PROBOLINGGO,
JAWA TIMUR**

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 101115000000050

DOSEN PEMBIMBING
Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

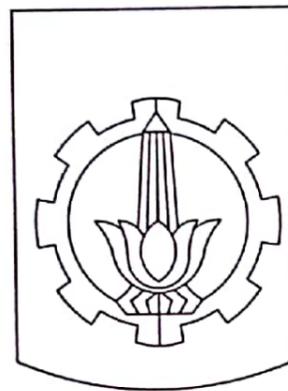
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI

GAMBAR PERENCANAAN TUGAS AKHIR TERAPAN

30 JUL 2018



MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN KEDUNG GALENG STA 28+200
DIVISI IV PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ADITYA WAHYU PRASTOWO

NRP. 10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI

NRP. 101115000000050

Ir. SUNGKONO, CES

NIP. 19591130 198601 1 001

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

No.	Nama gambar	No gambar
1	Layout situasi proyek	1
2	Potongan A-A jembatan	2
3	Potongan B-B jembatan	3
4	Denah konfigurasi sambungan	4
5	Detail dan potongan sambungan	5
6	Detail sambungan diafragma	6
7	Tata letak diafragma dan stiffener pada girder	7
8	Tata letak diafragma dan stiffener pada girder	8
9	Detail penulangan abutment dan bored pile	9
10	Detail penulangan wingwall dan pelat injak	10
11	Konfigurasi bored pile	11
12	Layout elastomer	12
13	Detail elastomer	13
14	Grafik SPT	14

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

LAYOUT SITUASI PROYEK

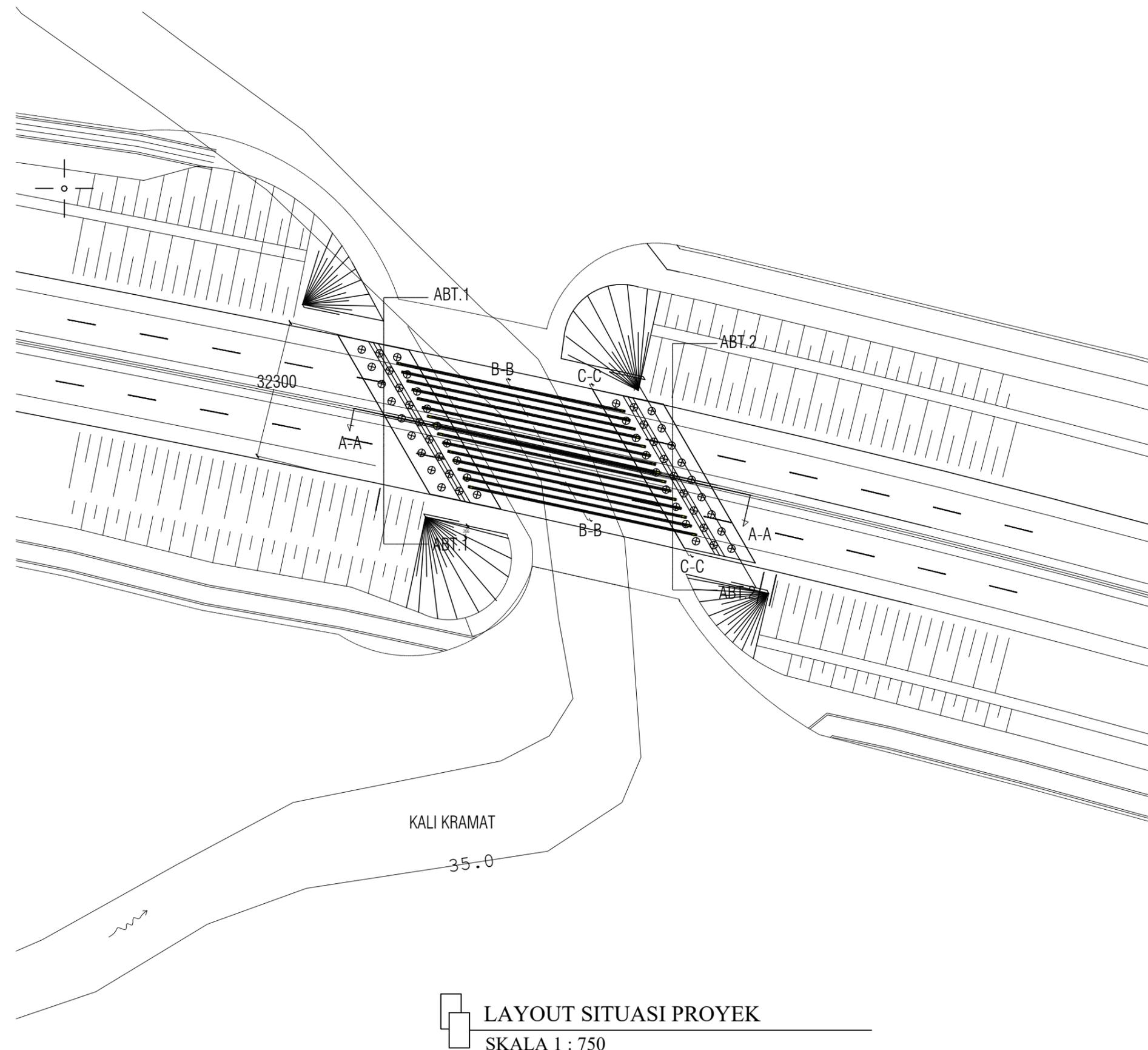
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

1 : 750

NO. GAMBAR

1



 **LAYOUT SITUASI PROYEK**
SKALA 1 : 750

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 10111500000050

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A JEMBATAN

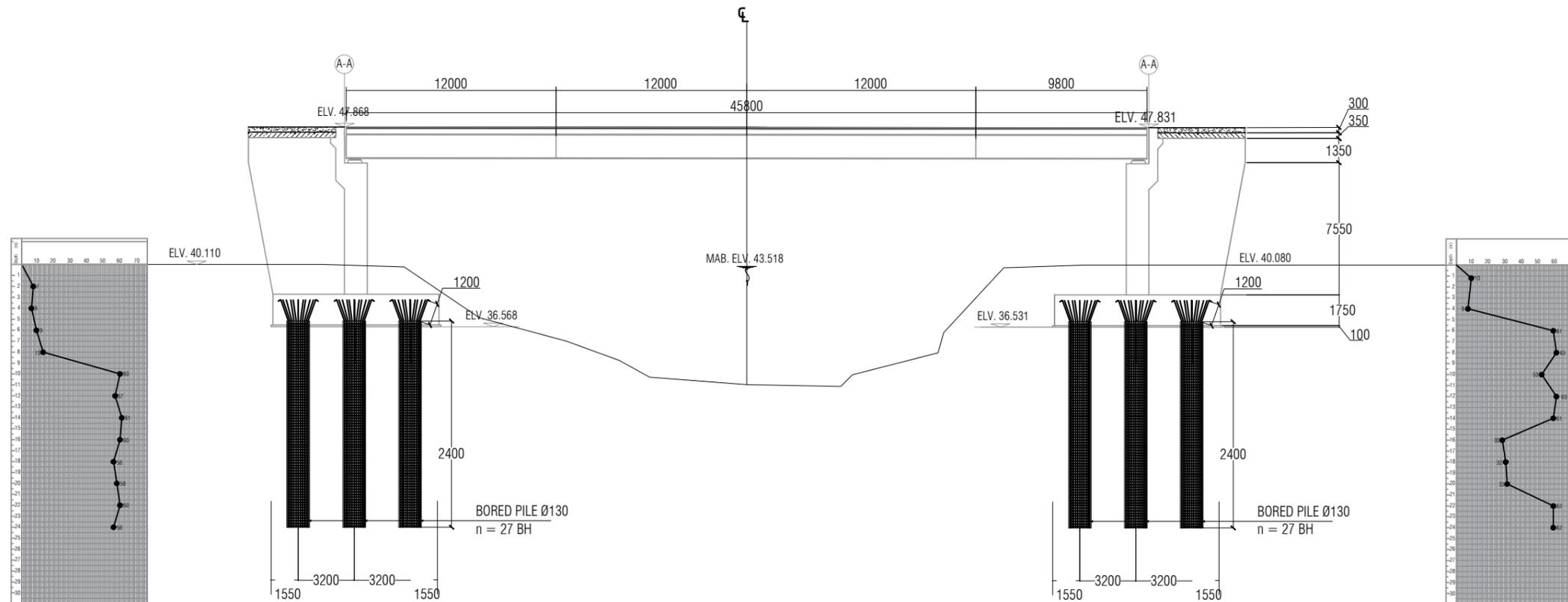
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

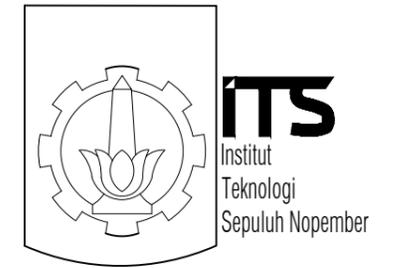
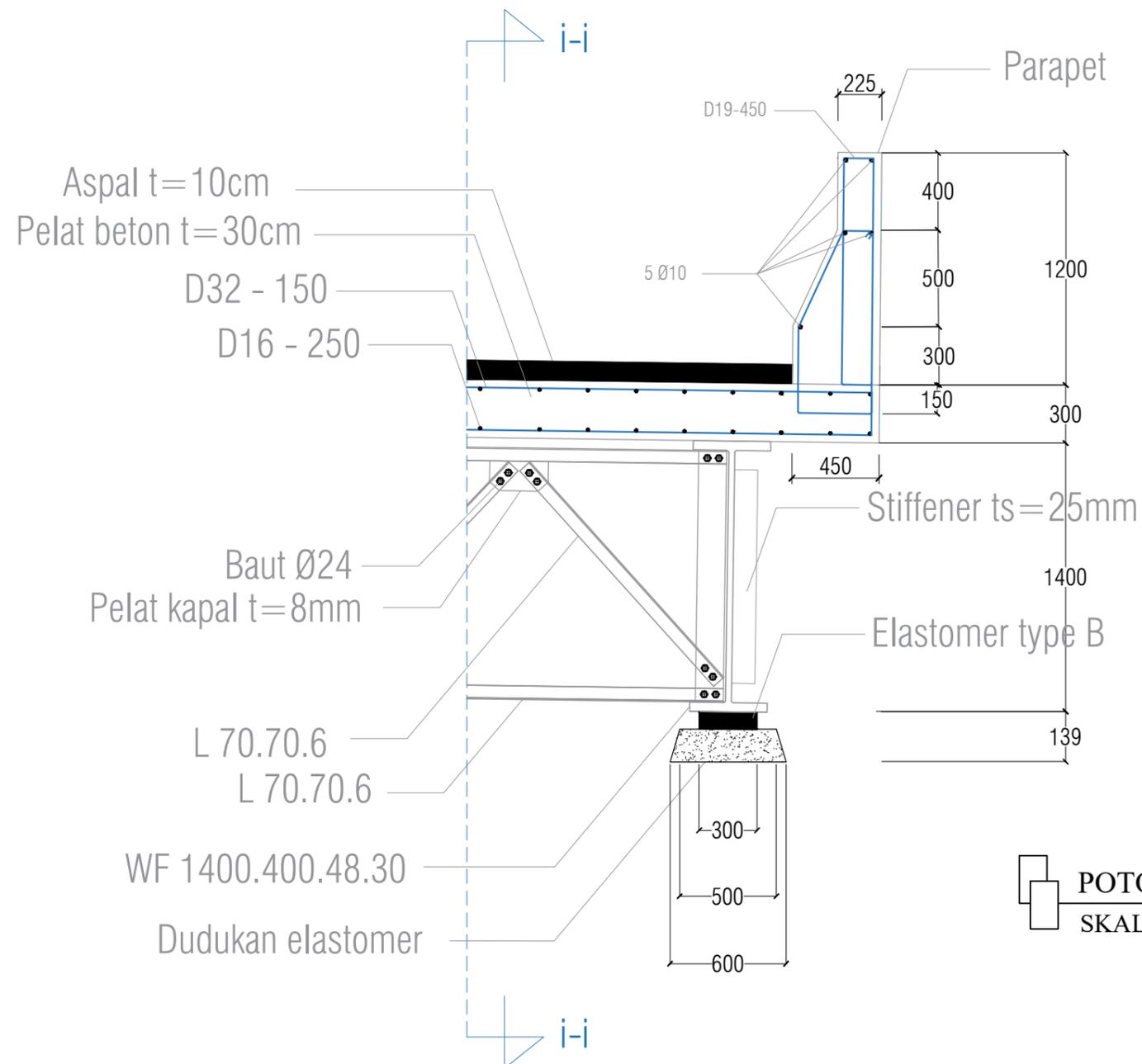
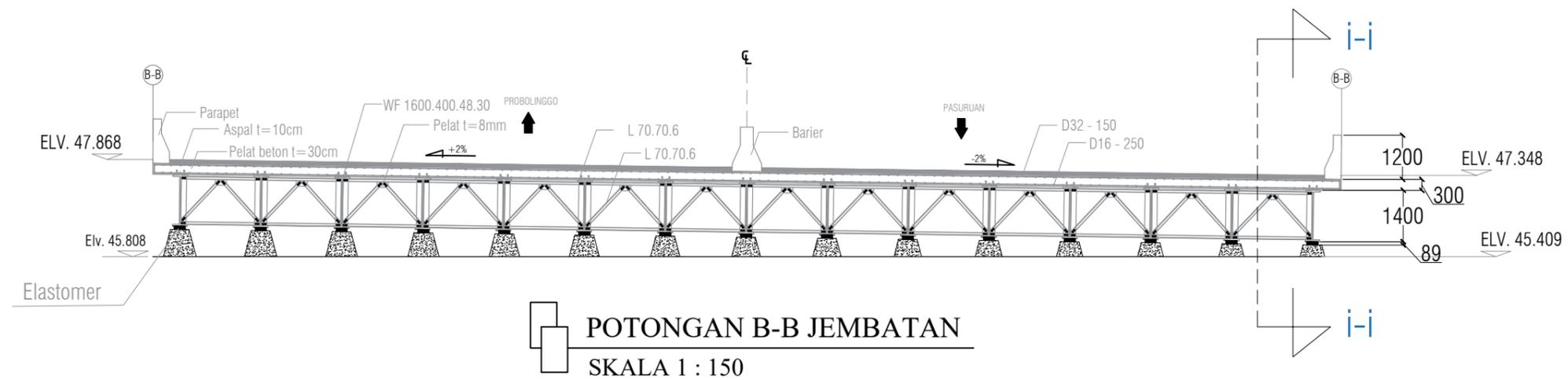
1 : 300

NO. GAMBAR

2



POTONGAN A-A JEMBATAN
SKALA 1 : 300



DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B JEMBATAN

KETERANGAN GAMBAR

SKALA

1 : 150
1 : 30

NO. GAMBAR

3

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 10111500000050

NAMA GAMBAR

DENAH KONFIGURASI SAMBUNGAN

KETERANGAN GAMBAR

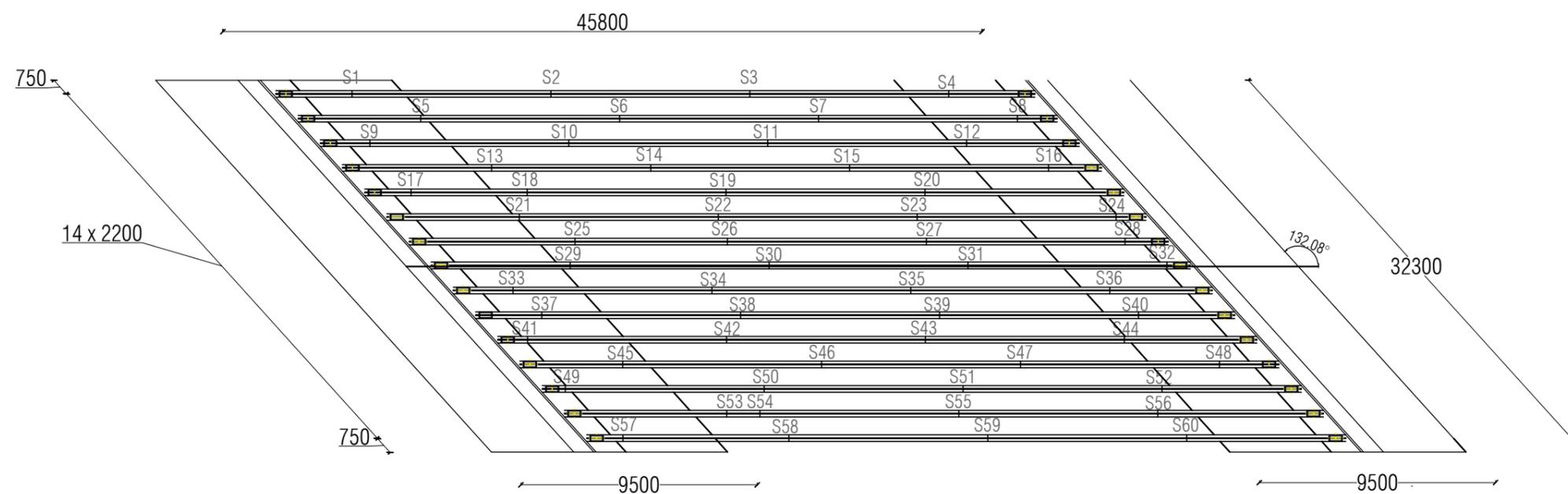
S = SAMBUNGAN

SKALA

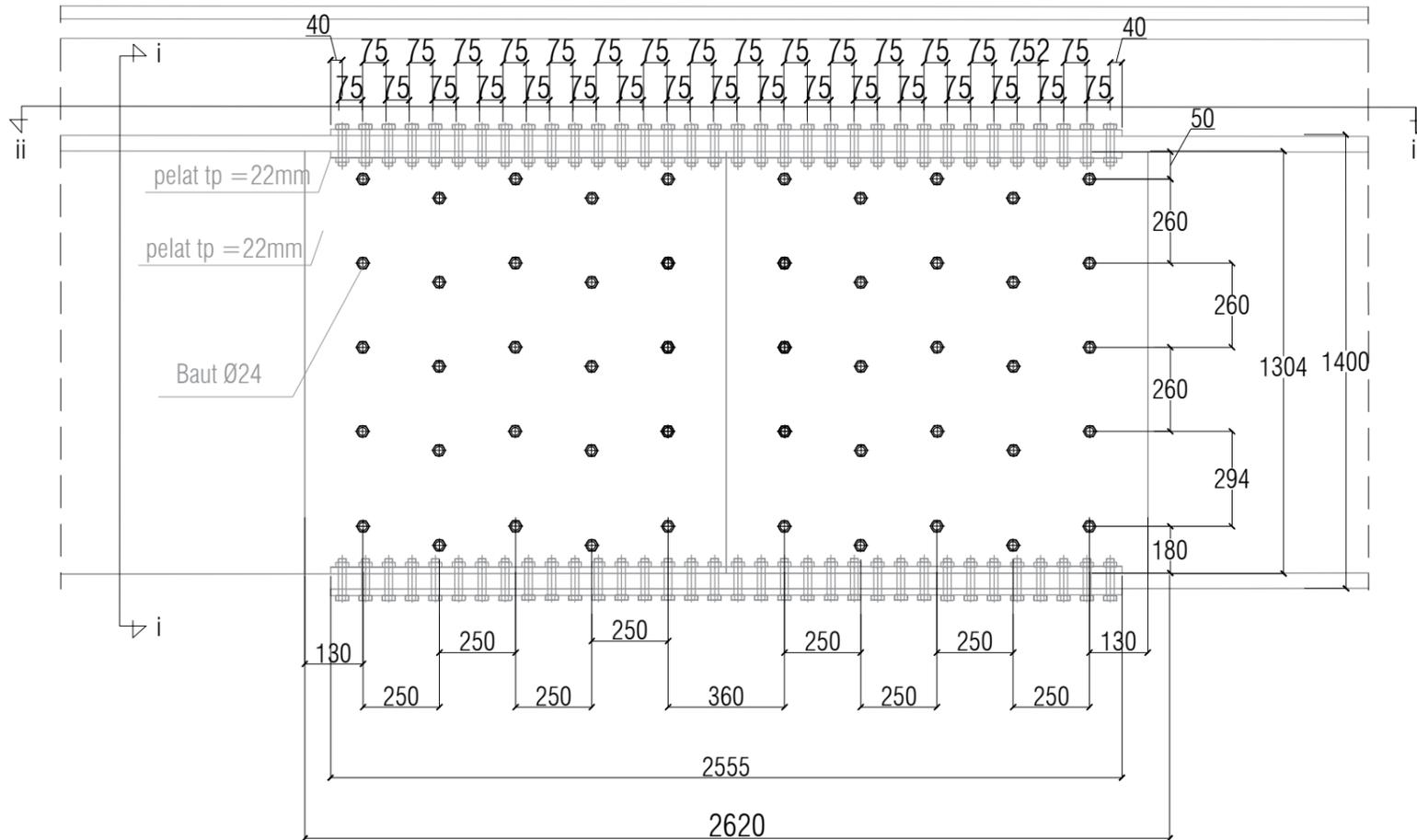
1 : 300

NO. GAMBAR

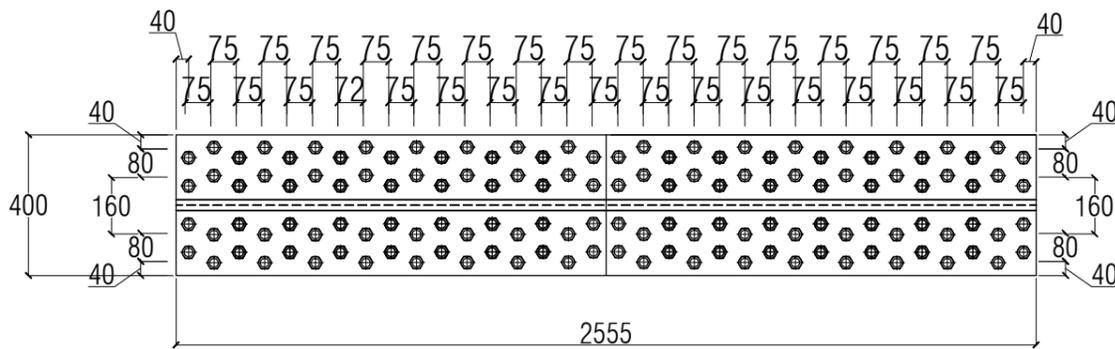
4



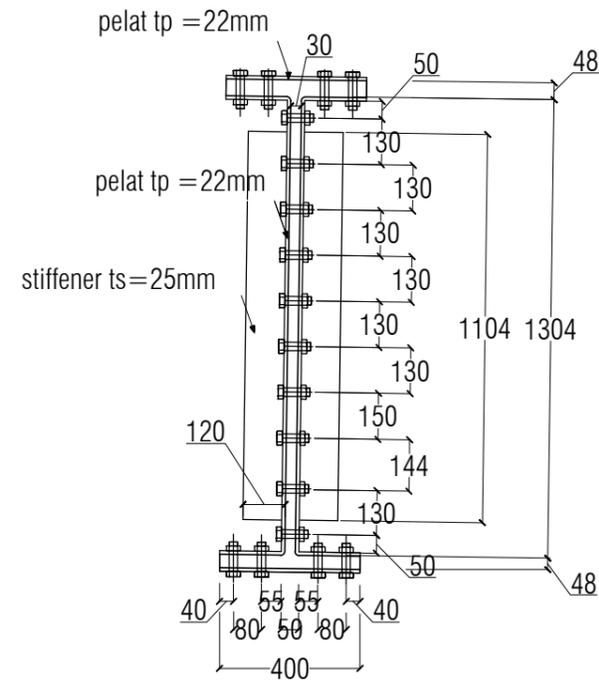
 **DENAH KONFIGURASI SAMBUNGAN**
SKALA 1 : 300



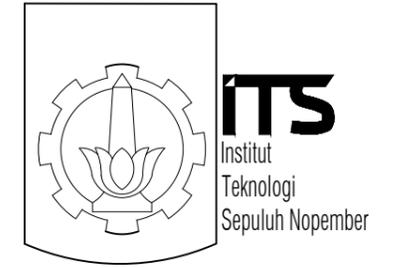
Detail S46
SKALA 1 : 20



Potongan ii-ii
SKALA 1 : 20



Potongan i-i
SKALA 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

DETAIL DAN POTONGAN SAMBUNGAN

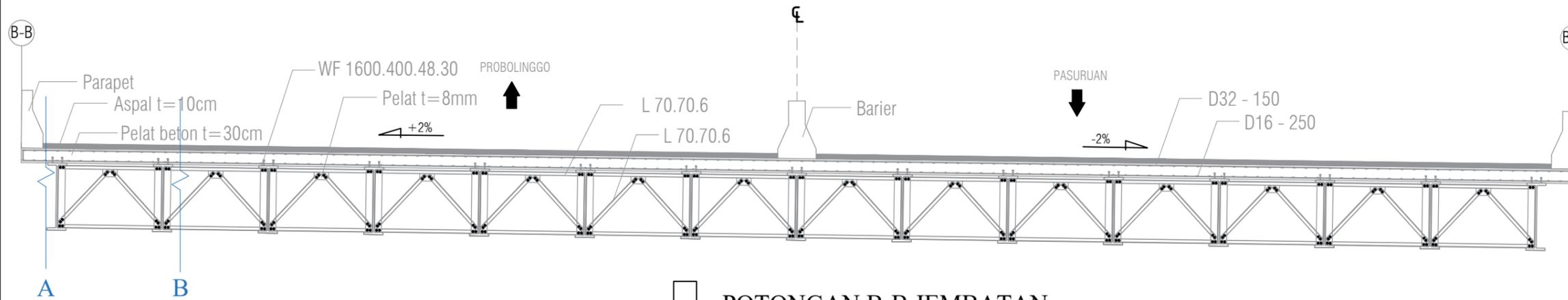
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

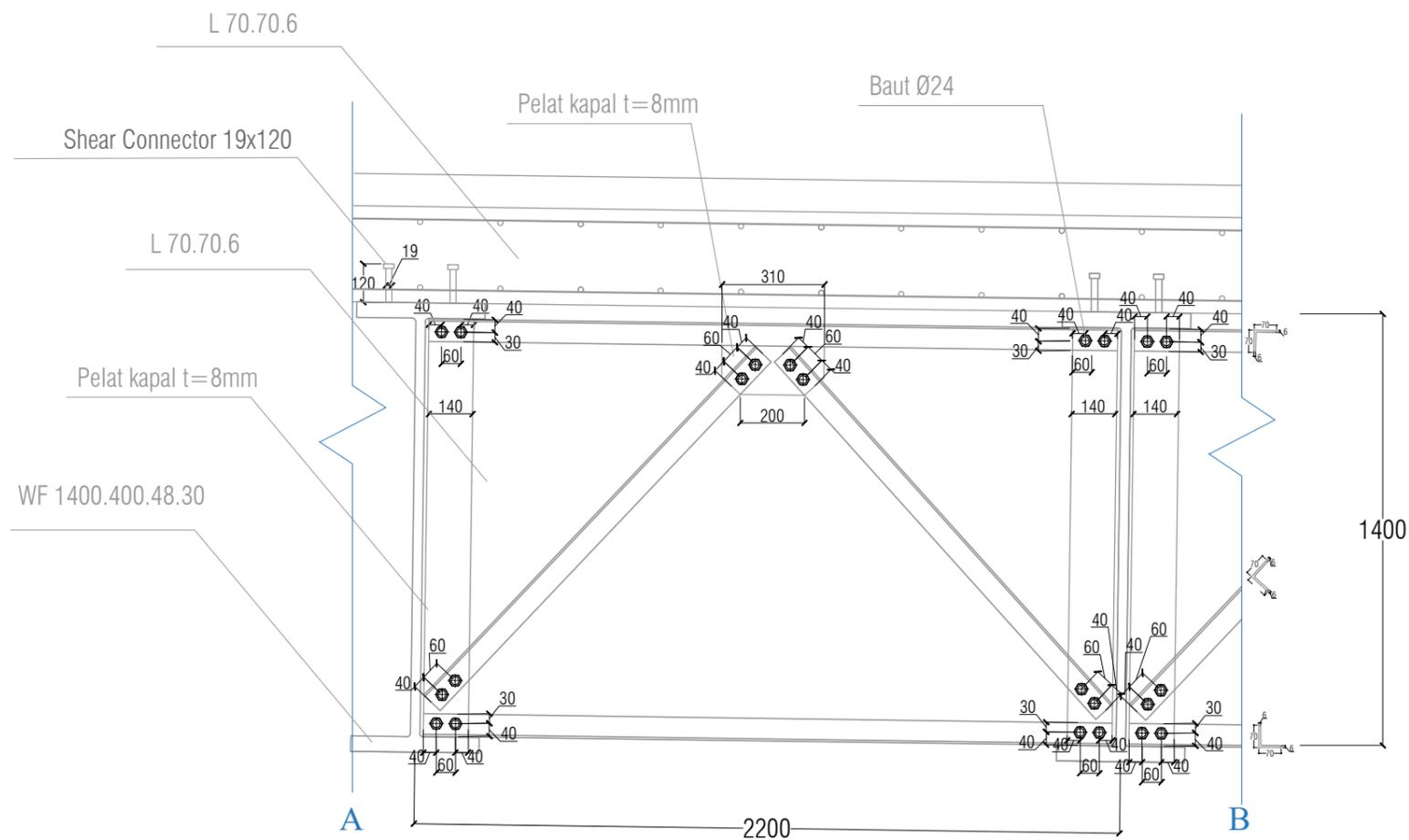
1 : 20

NO. GAMBAR

5



POTONGAN B-B JEMBATAN
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-B
SKALA 1 : 20

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN DIAFRAGMA

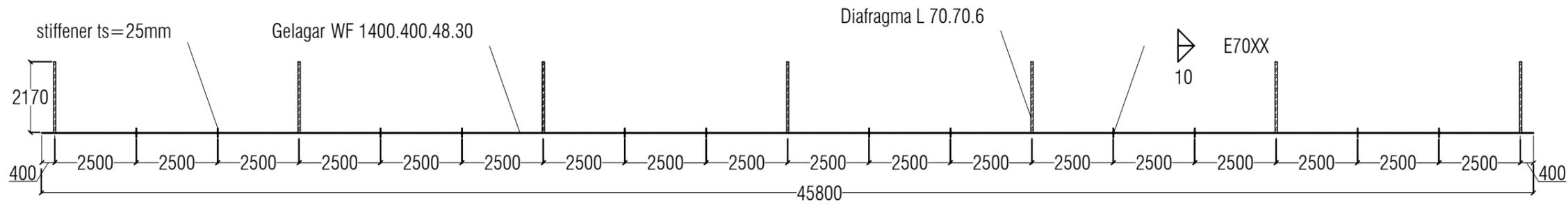
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

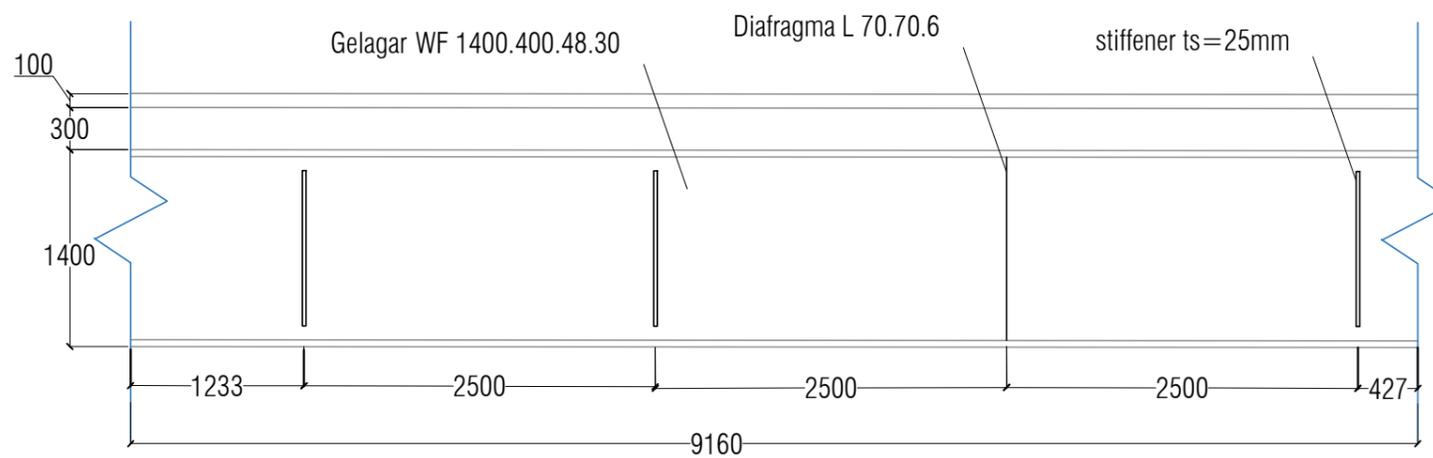
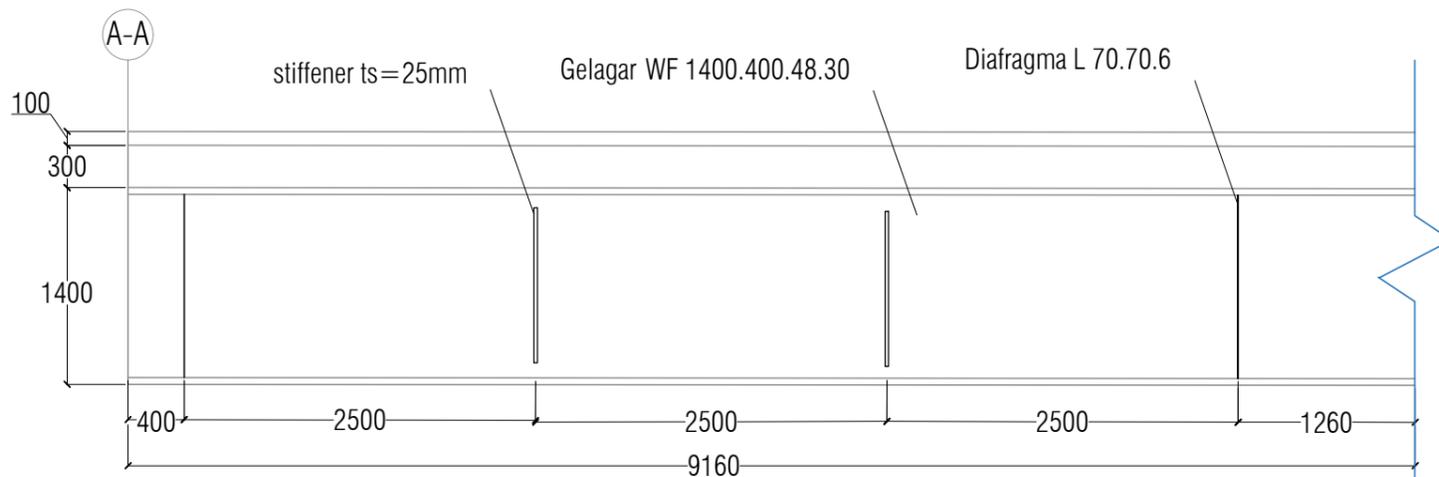
1 : 100
1 : 20

NO. GAMBAR

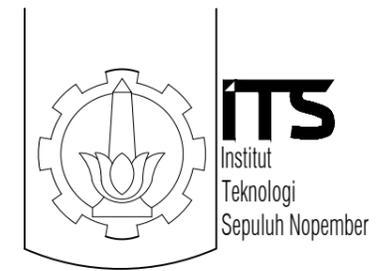
6



DENAH LETAK DIAFRAGMA DAN STIFFENER PADA GIRDER
SKALA 1 : 150



TATA LETAK DIAFRAGMA DAN STIFFENER PADA GIRDER
SKALA 1 : 50



DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

TATA LETAK
DIAFRAGMA DAN STIFFENER
PADA GIRDER

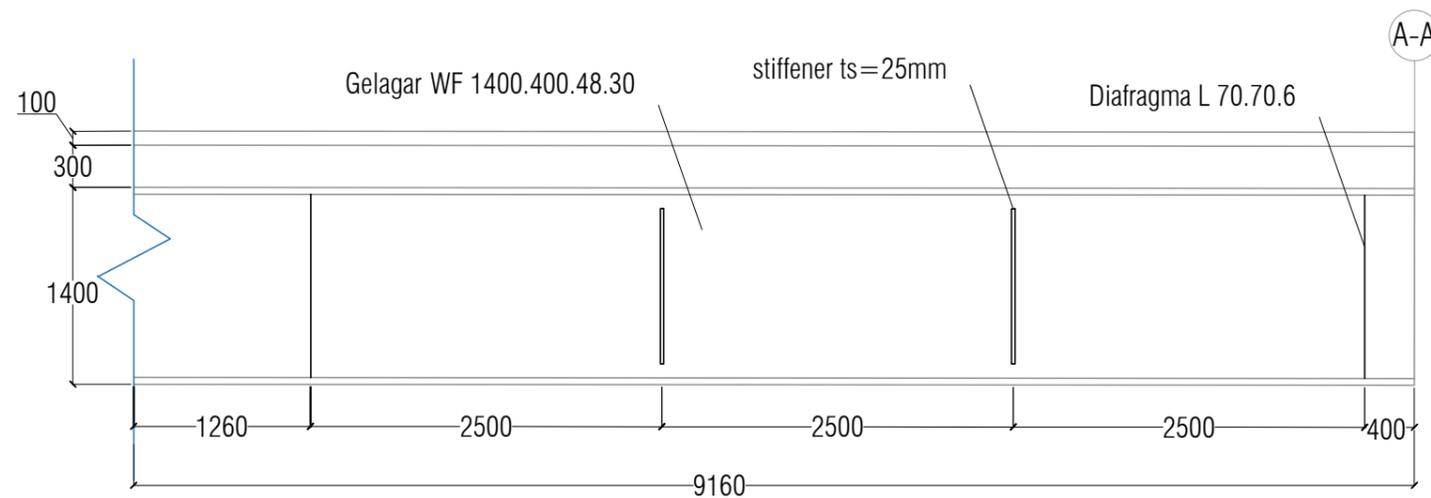
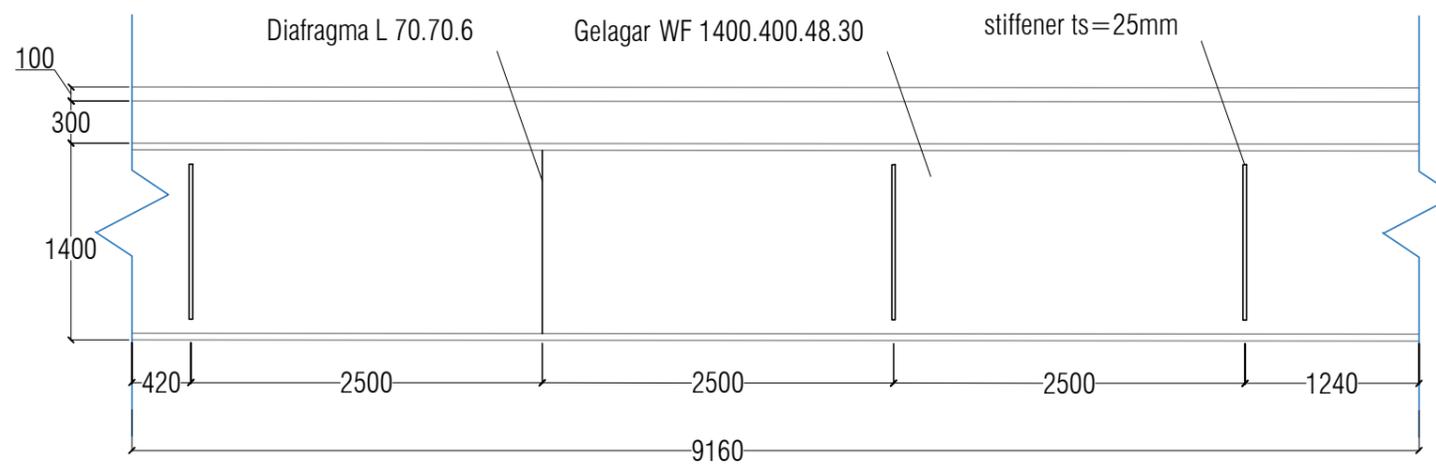
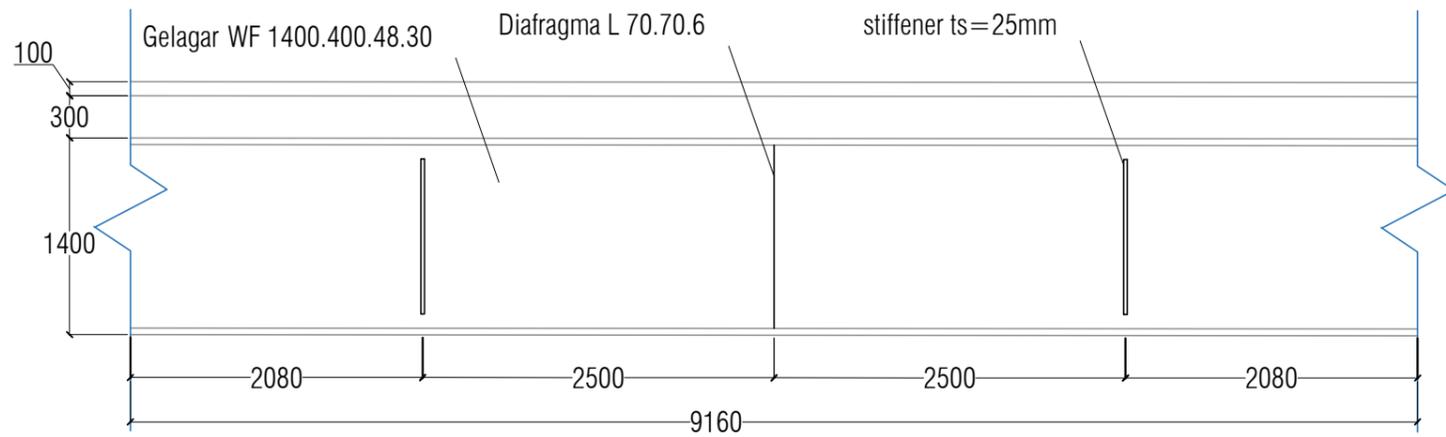
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

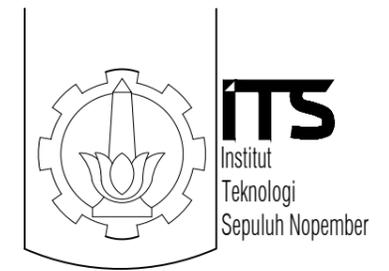
1 : 50
1 : 150

NO. GAMBAR

7



TATA LETAK DIAFRAGMA DAN STIFFENER PADA GIRDER
SKALA 1 : 50



DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

TATA LETAK
DIAFRAGMA DAN STIFFENER
PADA GIRDER

KETERANGAN GAMBAR

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR

8

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
ABUTMENT DAN BORED PILE

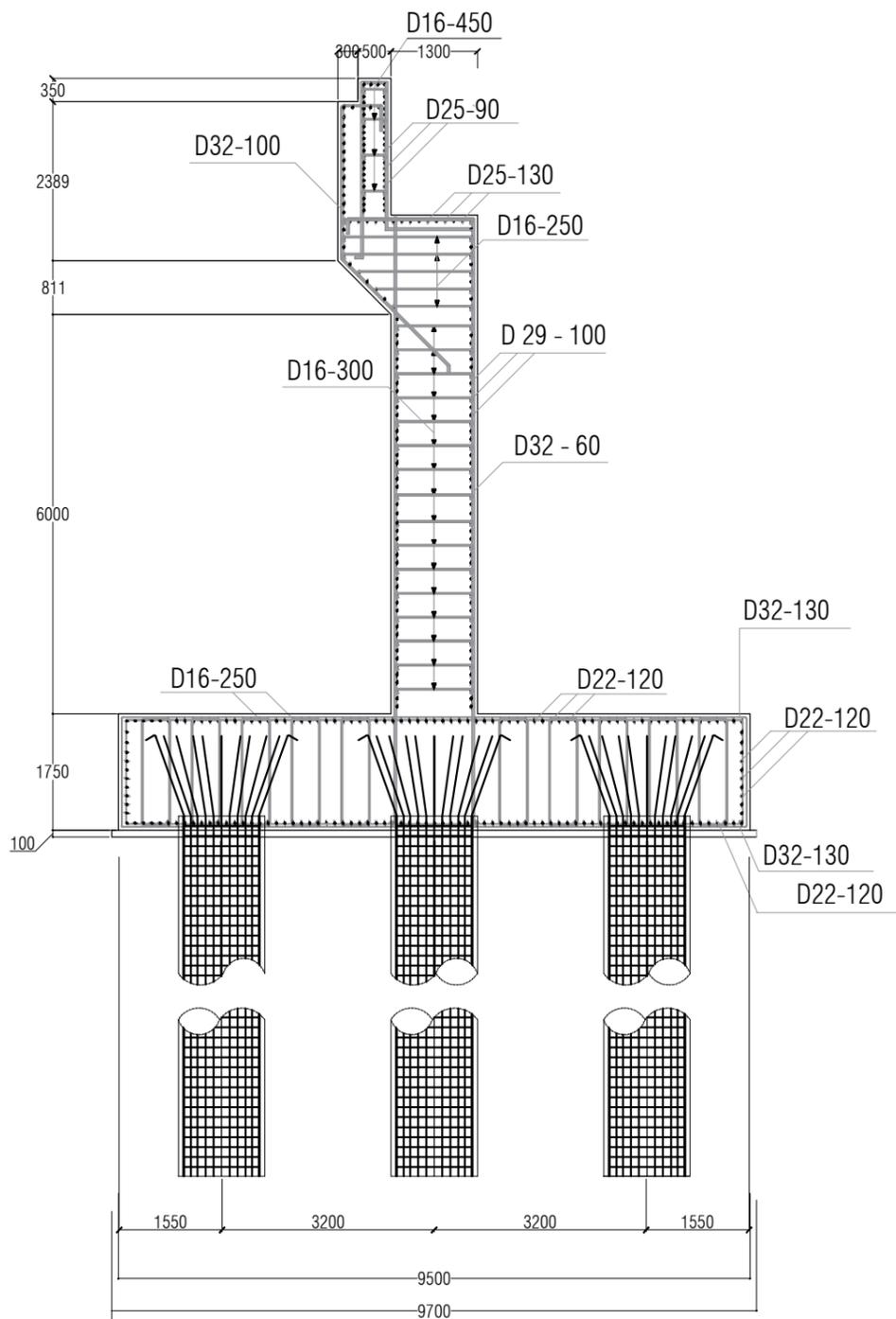
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

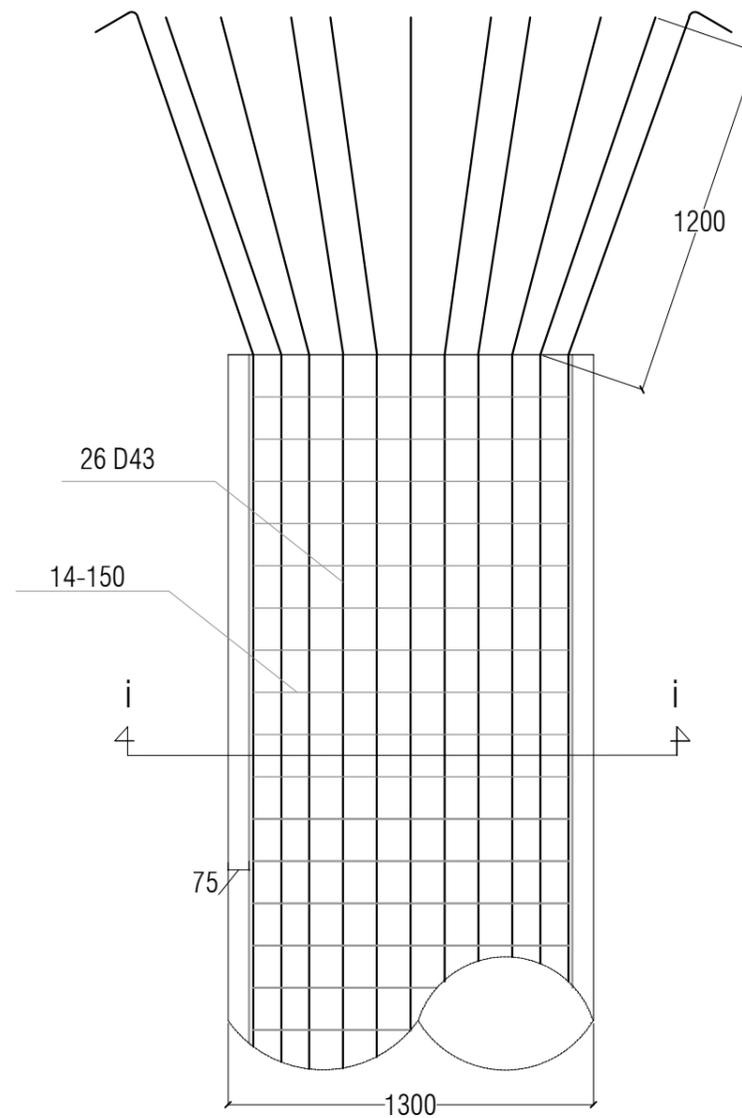
1 : 100
1 : 25
1 : 25

NO. GAMBAR

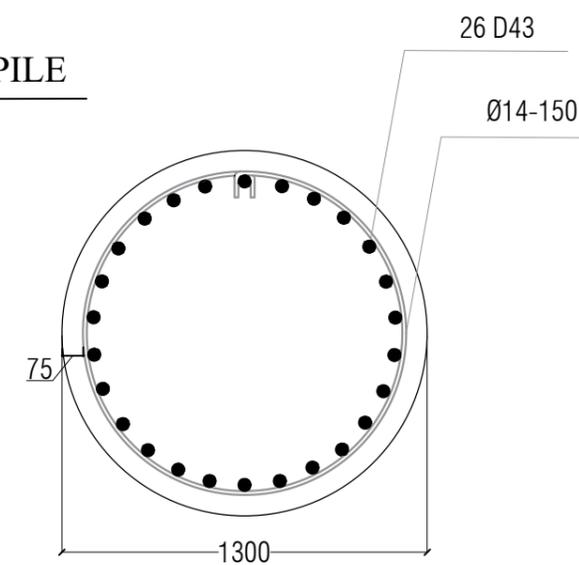
9



DETAIL PENULANGAN ABUTMENT
SKALA 1 : 100



DETAIL TULANGAN BORED PILE
SKALA 1 : 25



DETAIL POTONGAN i-i
SKALA 1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
WING WALL DAN PELAT INJAK

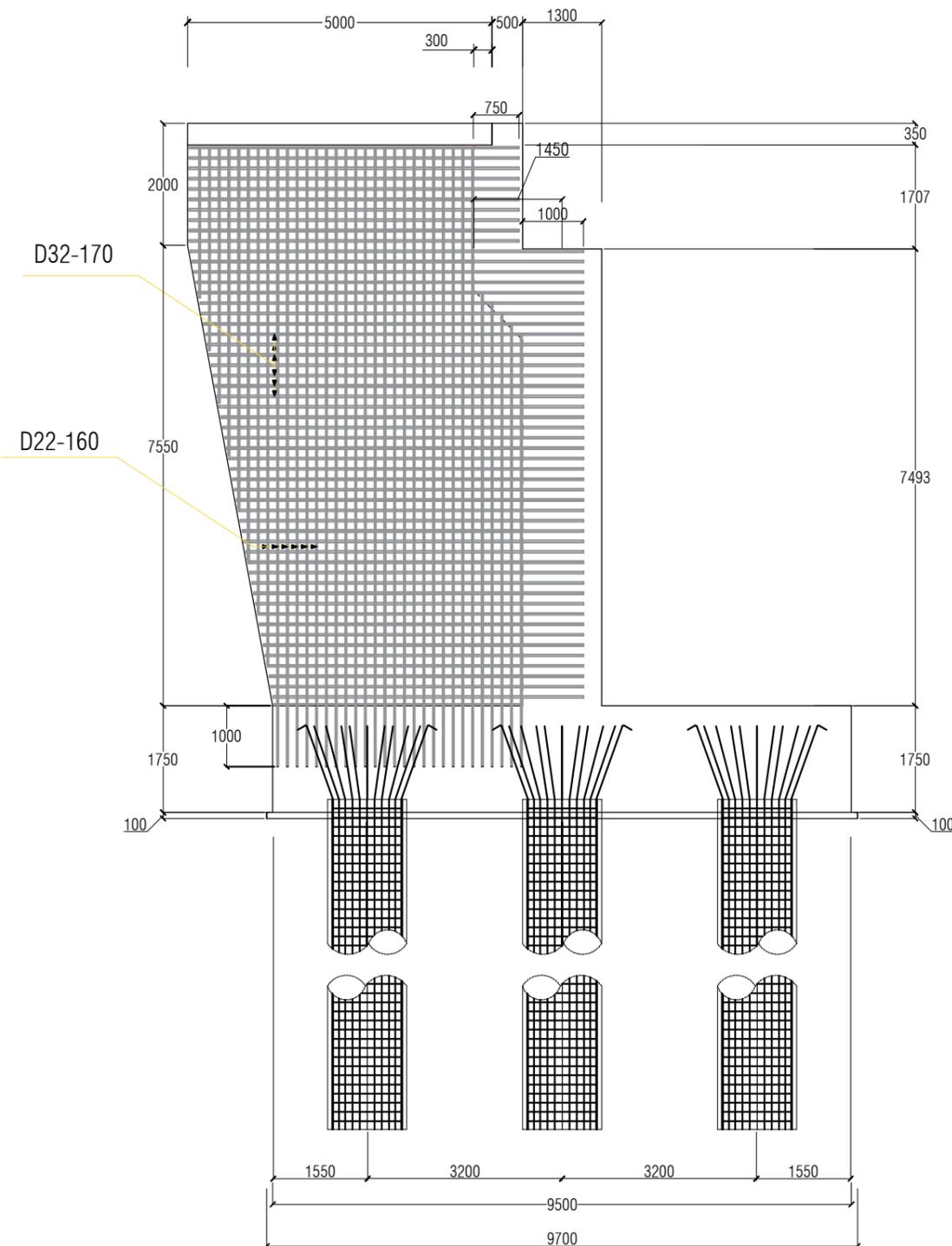
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

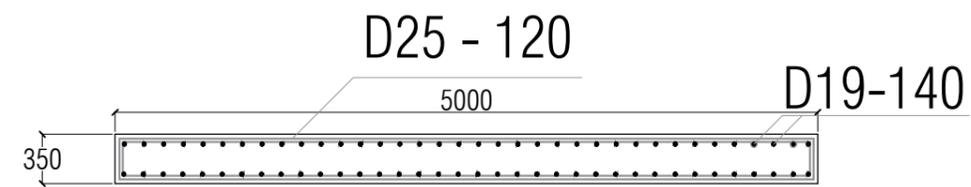
1 : 100
1 : 50

NO. GAMBAR

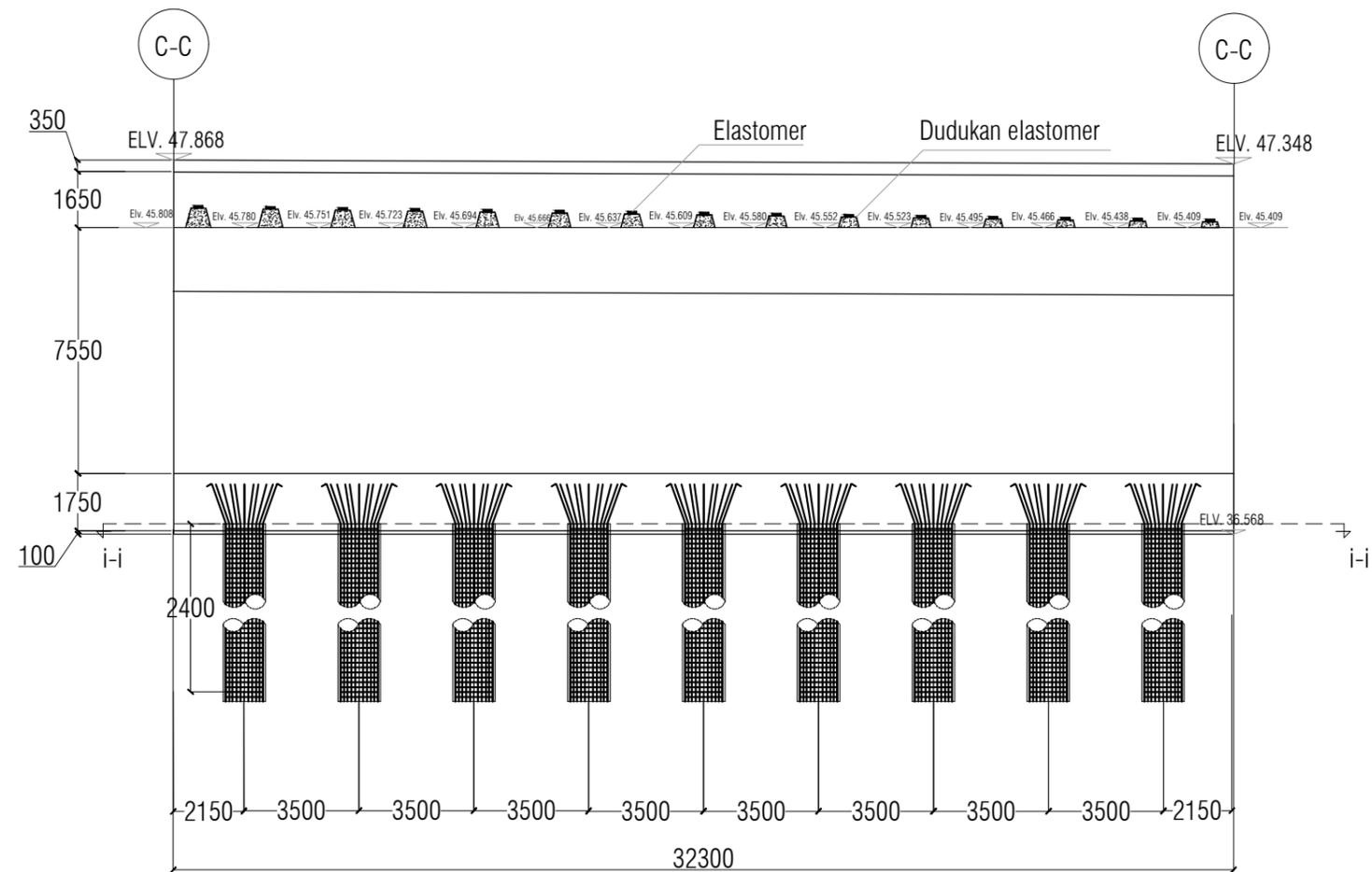
10



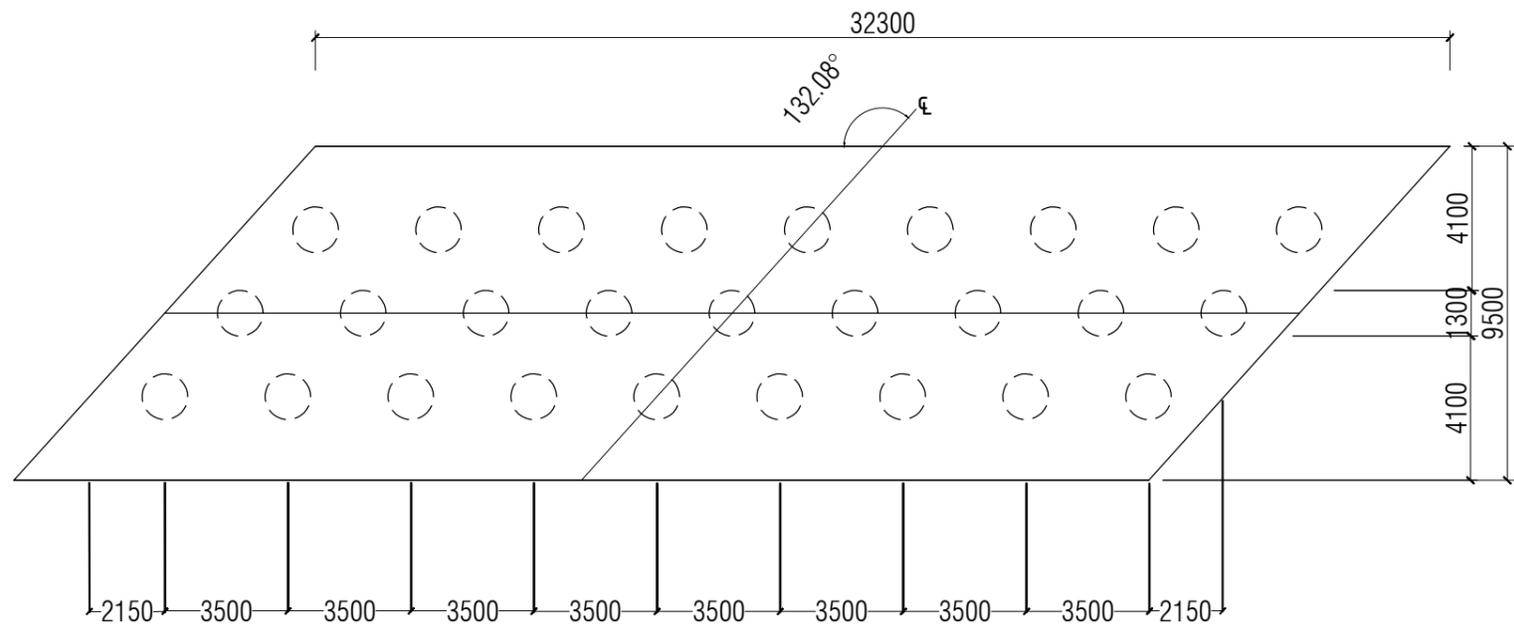
DETAIL PENULANGAN WING WALL
SKALA 1 : 100



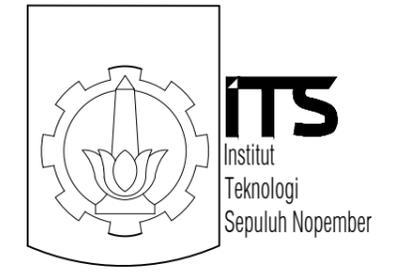
DETAIL PENULANGAN PELAT INJAK
SKALA 1 : 50



POTONGAN C-C JEMBATAN
SKALA 1 : 200



POTONGAN i-i
SKALA 1 : 200



DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007
NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

KONFIGURASI BORED PILE

KETERANGAN GAMBAR

SKALA

1 : 200

NO. GAMBAR

11

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

LAYOUT ELASTOMER

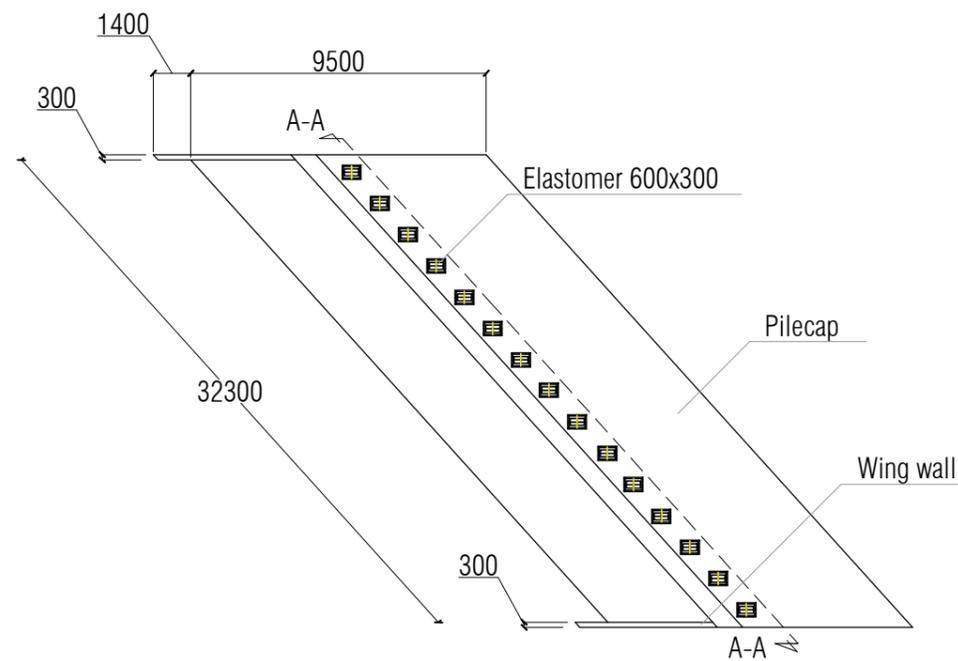
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

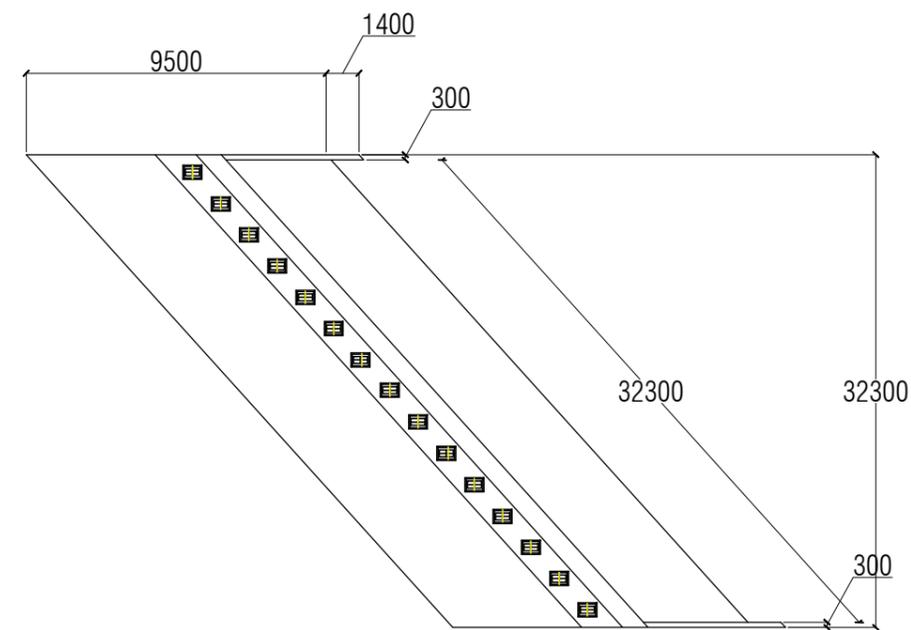
1 : 300
1 : 200

NO. GAMBAR

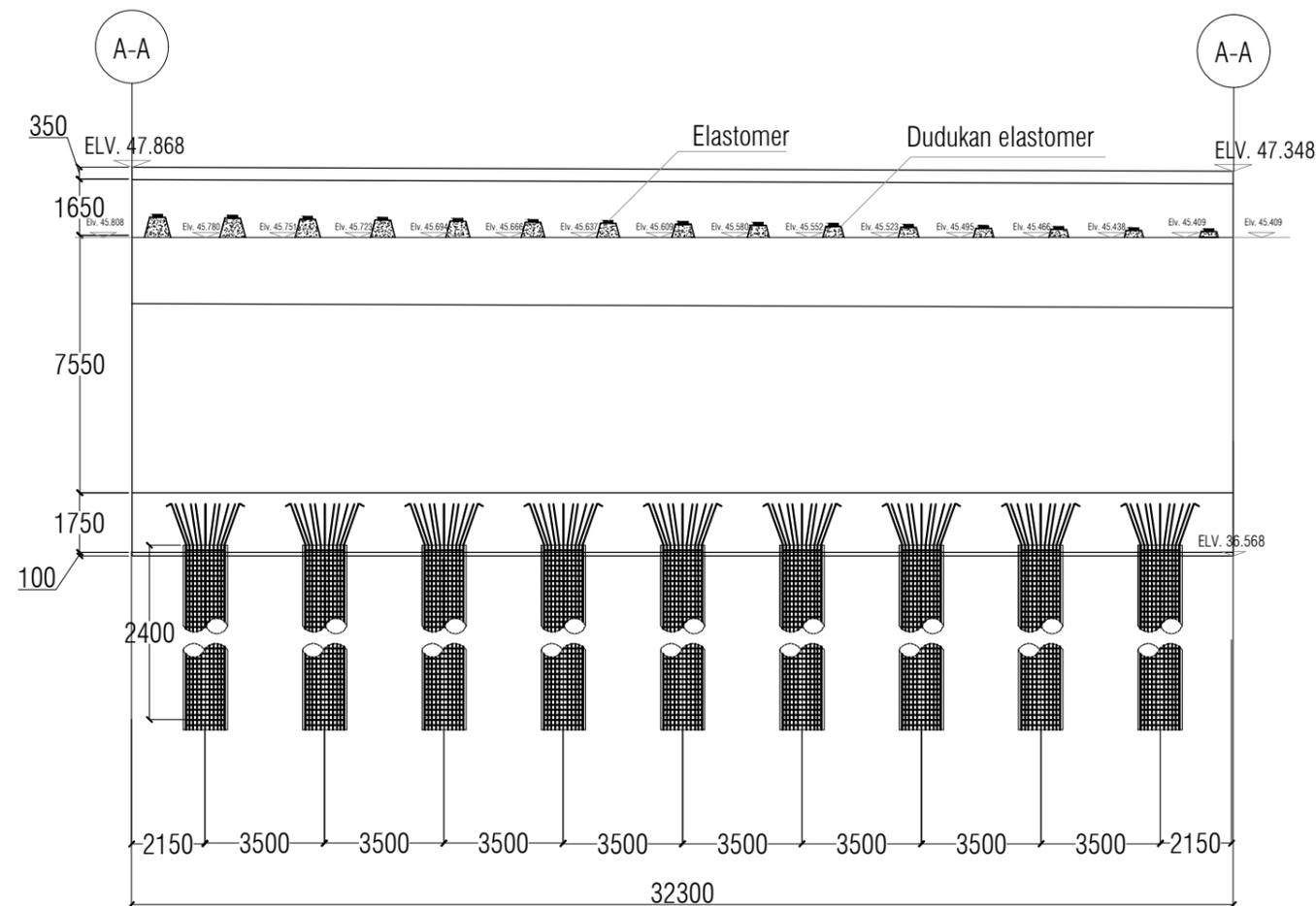
12



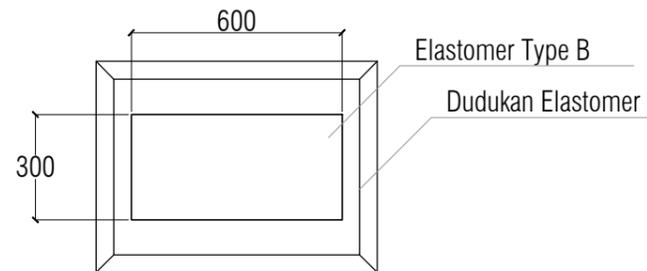
LAYOUT ELASTOMER ABT 1
SKALA 1 : 300



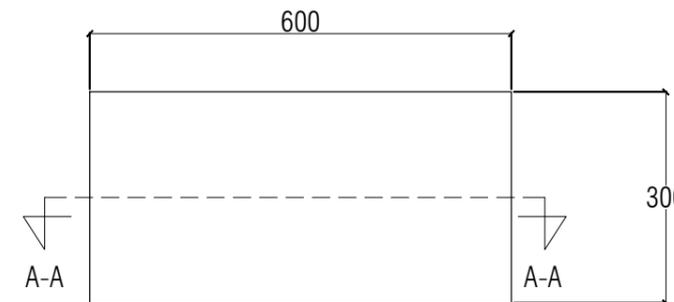
LAYOUT ELASTOMER ABT 2
SKALA 1 : 300



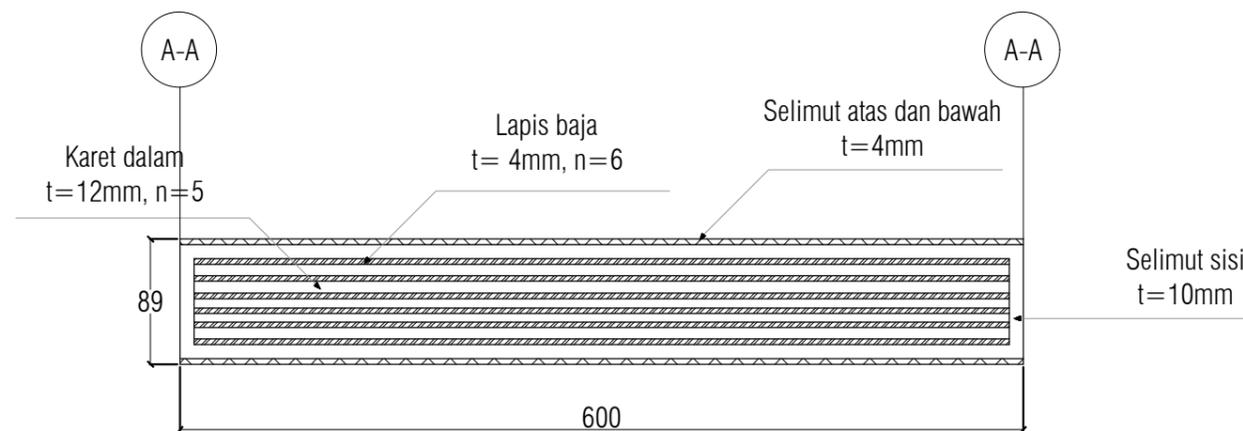
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 200



TAMPAK ATAS ELASTOMER
SKALA 1 : 20



GAMBAR ELASTOMER
SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 5

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 1011150000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 1011150000050

NAMA GAMBAR

DETAIL ELASTOMER

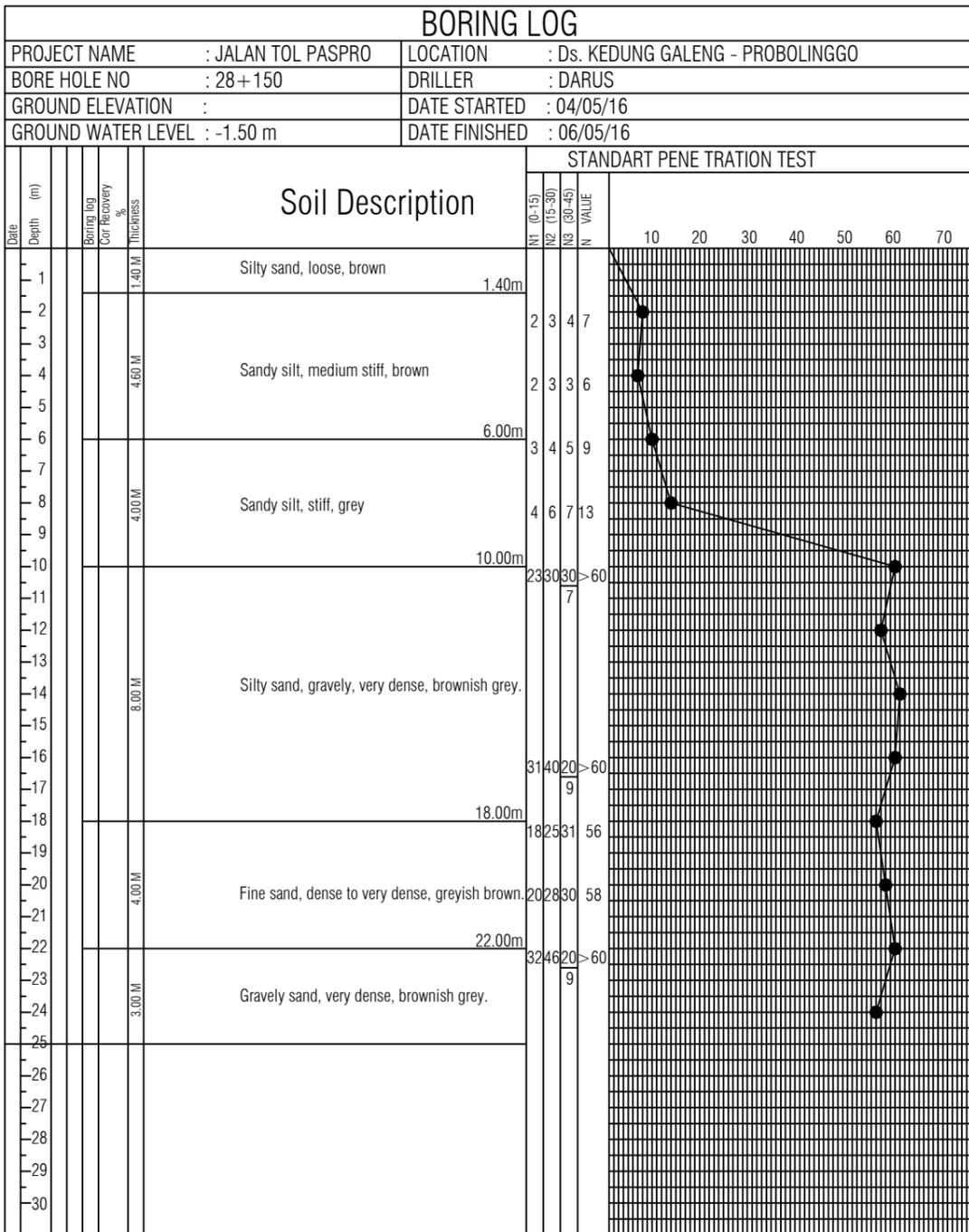
KETERANGAN GAMBAR

SKALA

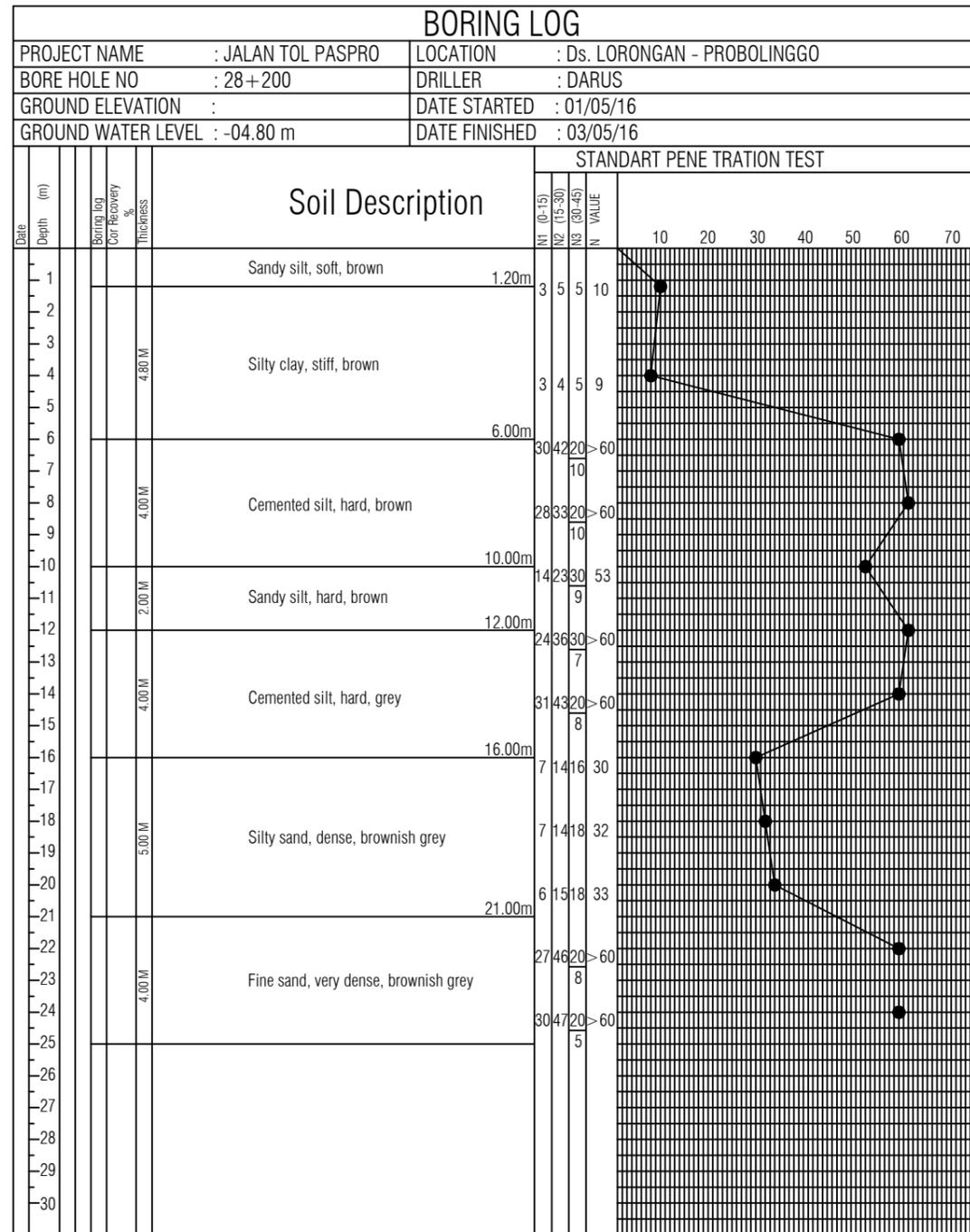
1 : 20
1 : 10
1 : 5

NO. GAMBAR

13



GRAFIK SPT STA 28 + 150
SKALA 1 : 200



GRAFIK SPT STA 28 + 200
SKALA 1 : 200

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR JEMBATAN
KEDUNG GALENG STA. 28+200 DIVISI IV
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
PASURUAN - PROBOLINGGO, JAWA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ADITYA WAHYU PRASTOWO
NRP. 10111500000007

NADYA WIJI NOVIANTI
NRP. 10111500000050

NAMA GAMBAR

GRAFIK SPT

KETERANGAN GAMBAR

SKALA

1 : 200

NO. GAMBAR

14