

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON
SOKOKIDUL DEMAK

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088

Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON SOKOKIDUL DEMAK



Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088



Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D**
NIDN: 0605016802
2. **Dra. Nafiah, M.Si**
NIDN: 0613055601
3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**
NIDN: 0631128901

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: S.T./A.2./SA.-T./VIII./2023

Pada hari ini tanggal _____ berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT.,Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dra. Nafiah, M.Si
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini, menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088

Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

Judul : Perencanaan Struktur Jembatan Beton Sokokidul Demak

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	04/10/2022	ACC
2	Seminar Proposal	15/06/2023	
3	Pengumpulan data	20/6/2023	
4	Analisis data	25/6/2023	
5	Penyusunan laporan	22/07/2023	
6	Selesai laporan	08/08/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT.,Ph.D

Dra. Nafiah, M.Si

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : FIKRI ADIKA BHAGASKARA

NIM : 30201900088

NAMA : HENDRAWAN KURNIANTO

NIM : 30201900103

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON SOKOKIDUL DEMAK” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



METERAI
TEMPEL

01AKX571391562

Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088



METERAI
TEMPEL

4BA82AMX410846786

Semarang, Agustus 2023
nbuat pernyataan,

Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

UNISSULA

جامعة سلطان أبي جعفر الإسلامية

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : FIKRI ADIKA BHAGASKARA

NIM : 30201900088

NAMA : HENDRAWAN KURNIANTO

NIM : 30201900103

JUDUL TUGAS AKHIR : PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON
SOKOKIDUL DEMAK

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.



Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088

Semarang, Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Hendrawan Kurnianto.

Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

1. Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (Q.S. Ali Imran : 110)

2.

وَوَجَدَكَ ضَالًّا فَهَدَىٰ

"Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk." (Q.S Ad-Duha: 7)

3.

قُلْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ ۚ الْعَلَمُ الْأَعْلَىٰ

Dan katakanlah: “Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan.” (Q.S Thaha: 114)

4. Usaha dan doa tergantung pada cita-cita. Manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya. - Jalaluddin Rumi.
5. Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad. -Abu Hamid Al Ghazali.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan segenap motivasi, semangat, do'a dan dukungan berupa moril dan meteril.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D dan Ibu Dra. Nafiah, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam sidang seminar hasil
4. Dosen-dosen Fakultas Teknik Unissula yang telah mengajarkan tentang ilmu-ilmu keteknikan maupun ilmu-ilmu yang lain.
5. Teman-teman teknik sipil angkatan 2019.

Fikri Adika Bhagaskara
NIM : 30201900088

Hendrawan Kurnianto
NIM : 30201900103

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON SOKOKIDUL DEMAK”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., P.hD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil UNISSULA.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., P.hD selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dra. Nafiah, M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada kami.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi kami, namun juga bagi para pembaca.

Semarang, Agustus 2023

Fikri Adika Bhagaskara

Hendrawan Kurnianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIRI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Maksud dan Tujuan	1
1.4 Lokasi Proyek	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Komponen Jembatan	4
2.2.1 Struktur Atas	5
2.2.2 Struktur Bawah	6
2.3 Spesifikasi Jembatan	9
2.4 Bentuk dan Tipe Jembatan	9
2.4.1 Jembatan Beton	9
2.4.2 Jembatan Rangka (<i>Truss Bridge</i>)	10
2.4.3 Jembatan Gantung	10
2.4.4 Jembatan Haubans (<i>cable stayed</i>)	11
2.5 Pembebanan Umum	11
2.6 Beton Bertulang	14
2.6.1 Kekuatan Nominal Beton	14

2.6.2 Tegangan Ijin	15
2.7 Rumus yang Digunakan	15
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Tinjauan Umum.....	17
3.2 Data Struktur	17
3.2.1 Struktur Atas Jembatan	17
3.2.2 Struktur Bawah Jembatan.....	17
3.3 Perencanaan Struktur Jembatan	18
3.4 Peraturan – peraturan yang Digunakan	18
3.5 Tahapan Perencanaan.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Perhitungan Trotoar	20
4.1.1 Perhitungan Sandaran.....	20
4.2 Perhitungan Plat Lantai Memanjang	25
4.3 Perhitungan Gelagar Memanjang	32
4.4 Perhitungan Diafragma	38
4.5 Perhitungan Plat Injak	41
4.6 Perhitungan Abutment.....	44
4.6.2 Pembebanan Abutment	44
4.7 Perhitungan Pilar	57
4.8 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang.....	67
4.8.1 Gaya yang Bekerja	67
4.8.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	67
4.8.3 Penulangan Poer Abutment.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTKA	73
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Maksimum Lajur Lalu-lintas Rencana	13
Tabel 4. 1 Momen lentur total.....	35
Tabel 4. 2 Perhitungan Titik Berat Abutment.....	45
Tabel 4. 3 Kombinasi Pembebanan dan Gaya.....	50
Tabel 4. 4 Kombinasi Pembebanan dan Gaya I.....	50
Tabel 4. 5 Kombinasi Pembebanan dan Gaya II.....	50
Tabel 4. 6 Kombinasi Pembebanan dan Gaya III.....	51
Tabel 4. 7 Kombinasi Pembebanan dan Gaya IV	51
Tabel 4. 8 Titik Berat Pilar.....	56
Tabel 4. 9 Kombinasi Pembebanan dan Gaya.....	61
Tabel 4. 10 Kombinasi Pembebanan dan Gaya I.....	61
Tabel 4. 11 Kombinasi Pembebanan dan Gaya II.....	61
Tabel 4. 12 Kombinasi Pembebanan dan Gaya III.....	62
Tabel 4. 13 Kombinasi Pembebanan dan Gaya IV	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Lokasi.....	2
Gambar 2. 1 Komponen - Komponen Jembatan	4
Gambar 2. 2 Gelagar Jembatan	5
Gambar 2. 3 Lantai Jembatan.....	6
Gambar 2. 4 Trotoar Jembatan.....	6
Gambar 2. 5 Jembatan Beton	9
Gambar 2. 6 Jembatan Rangka.....	10
Gambar 2. 7 Jembatan Gantung	10
Gambar 2. 8 Jembatan Haubans.....	11
Gambar 2. 9 Distribusi Beban D	12
Gambar 2. 10 Ketentuan Penggunaan Beban D.....	12
Gambar 2. 11 Distribusi Beban T.....	12
Gambar 2. 12 Muatan Pada Sandaran	13
Gambar 3. 1 Bagan Alir	19
Gambar 4. 1 Penampang Sandaran	20
Gambar 4. 2 Pembebanan.....	21
Gambar 4. 3 Tiang Sandaran.....	22
Gambar 4. 4 Penulangan Tiang Sandaran	24
Gambar 4. 5 Plat yang Menumpu 2 Tepi Sejajar Memikul Beban Terusat.....	26
Gambar 4. 6 Penyaluran Beban Oleh Roda.....	27
Gambar 4. 7 Penulangan Plat Lantai.....	31
Gambar 4. 8 Penampang Memanjang Jembatan	32
Gambar 4. 9 Penulangan Diafragma Arah Melintang	40
Gambar 4. 10 Penulangan Diafragma Arah Memanjang	40
Gambar 4. 11 Plat Injak.....	41
Gambar 4. 12 Penulangan Plat Injak Arah Melintang.....	43
Gambar 4. 13 Penulangan Plat Injak Arah Melintang.....	43
Gambar 4. 14 Titik Berat Abutment.....	44
Gambar 4. 15 Beban Akibat Beban Tanah di atas Abutment.....	46
Gambar 4. 16 Beban Akibat Gaya Rem dan Traksi	47
Gambar 4. 17 Gaya Akibat Gaya Geser Pada Tumpuan.....	47
Gambar 4. 18 Beban Akibat Gempa	48
Gambar 4. 19 Beban Akibat Tekanan Tanah Aktif.....	49
Gambar 4. 20 Pembebanan Kepala Abutment	52
Gambar 4. 21 Penulangan Kepala Abutment	54
Gambar 4. 22 Penulangan Badan Abutment	56
Gambar 4. 23 Titik Berat Pilar	57
Gambar 4. 24 Poer Abutment.....	69
Gambar 4. 25 Penulangan Poer Abutment	71

PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON

SOKOKIDUL DEMAK

Abstrak

Jembatan merupakan bagian paling penting pada konstruksi jalan sebab dengan adanya jembatan dapat memudahkan kendaraan melewati sungai, lembah maupun persimpangan jalan yang tidak sebidang. Konstruksi jembatan harus kuat karena dilalui banyak kendaraan dengan muatan yang tidak bisa dibilang kecil maka dari itu pemilihan bahan konstruksi harus diperhatikan agar tidak salah. Dalam perencanaan jembatan terdapat dua bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah.

Pembangunan jembatan Sokokidul ini bertujuan untuk memudahkan warga desa Sokokidul untuk melakukan perjalanan menuju Dempet maupun ke Demak. Jembatan ini merupakan jembatan beton yang memiliki bentang 42 meter dengan lebar 3,5 meter. Dalam tugas akhir ini membahas tentang perencanaan struktur jembatan baik struktur atas maupun struktur bawah jembatan. Perencanaan struktur atas jembatan ini dimulai dengan perencanaan lantai kendaraan, sandaran dan trotoar dan dilanjutkan dengan perencanaan struktur bawah jembatan yaitu perencanaan pilar, *abutment*, dan pondasi tiang pancang.

Kata Kunci: *Jembatan; struktur atas; struktur bawah*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah jalan yang membentang diatas sungai yang berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lain. Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam pembuatan jembatan adalah ketahanan jembatan dalam menahan beban baik manusia maupun kendaraan yang melintas. Seiring dengan perkembangan teknologi transportasi jalan, pembangunan jembatan harus direncanakan sesuai dengan kebutuhan transportasi dalam hal kenyamanan, keamanan dan keindahan.

Oleh karena itu, proses perencanaan harus diperhitungkan sebaik mungkin. Secara umum perhitungan jembatan dibagi menjadi dua bagian penting yaitu struktur atas jembatan dan struktur bawah jembatan. Struktur atas jembatan akan langsung memikul beban lalu lintas di atasnya sedangkan struktur bawah jembatan akan memikul beban di atasnya dan meneruskan beban tersebut ke lapisan tanah yang keras.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada perencanaan jembatan ini adalah :

1. Bagaimana perhitungan struktur atas jembatan?
2. Bagaimana perhitungan struktur bawah jembatan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung struktur atas jembatan.
2. Menghitung struktur bawah jembatan.

1.4 Lokasi Proyek

Proyek pembangunan jembatan Sokokidul ini berlokasi di Desa Sokokidul, Demak.



Gambar 1. 1 Denah Lokasi

1.5 Batasan Masalah

1. Adapun lingkup pekerjaan perencanaan jembatan adalah sebagai berikut :

- Perencanaan sistem lantai jembatan,
- Perencanaan balok melintang (Diafragma Shear).
- Perencanaan girder utama (Main Girder),
- Perencanaan abutment,
- Perencanaan pondasi,
- Analisa Struktur.

2. Perencanaan struktur jembatan menggunakan program Autocad.

3. Kondisi jembatan ditentukan sebagai berikut :

- | | | |
|-----------------------------|---|------------------------|
| a. Tipe Jembatan | : | Jembatan Gelagar Beton |
| b. Panjang Bentang Jembatan | : | 42 meter |
| c. Lebar Total Jembatan | : | 3,5 meter |

4. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, lokasi proyek, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini meliputi tinjauan umum, komponen jembatan, desain penampang, spesifikasi jembatan, bentuk dan tipe jembatan, pembebanan umum dan beton bertulang.

BAB III : Metodologi

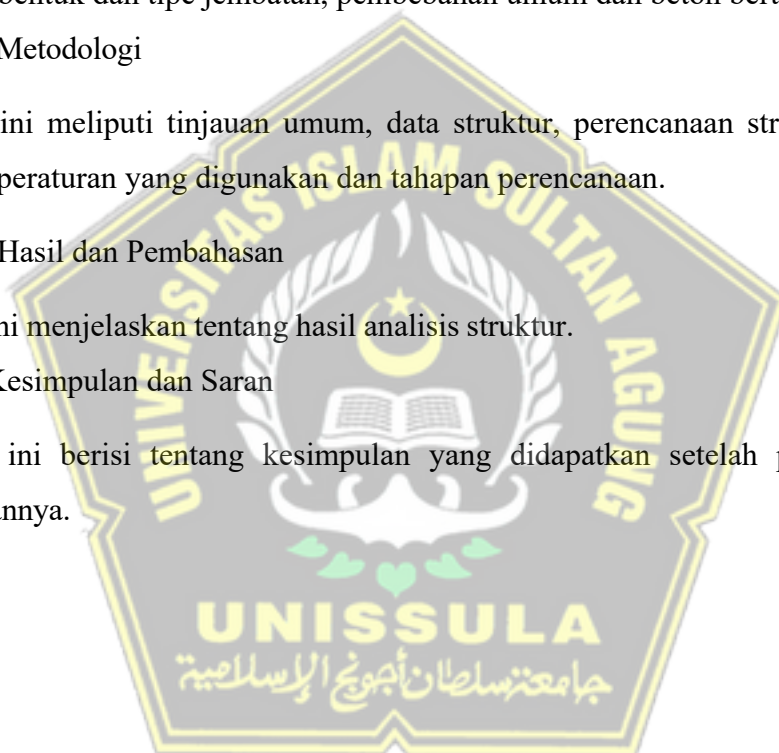
Pada bab ini meliputi tinjauan umum, data struktur, perencanaan struktur jembatan, peraturan-peraturan yang digunakan dan tahapan perencanaan.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil analisis struktur.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan setelah perencanaan dan pembahasannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

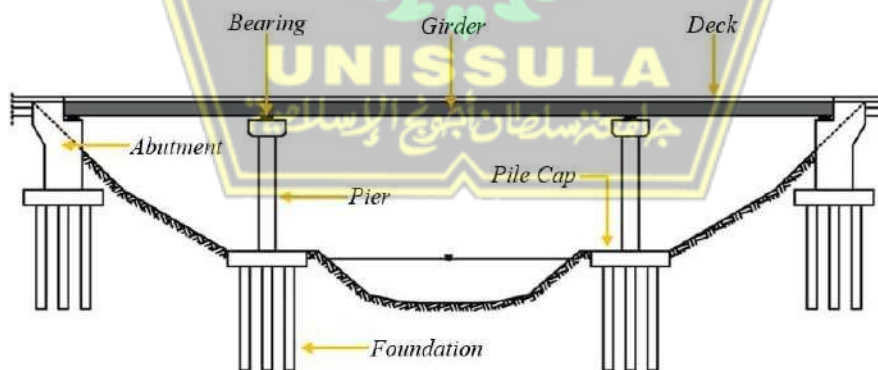
2.1 Tinjauan Umum

Jembatan gelagar beton terdiri dari beberapa girder utama yang dihubungkan dengan diafragma. Girder pada umumnya dipakai sebagai struktur utama untuk jembatan gelagar, karena memiliki kemampuan untuk dilalui beban bergerak di atasnya dengan baik.

Jembatan gelagar adalah jenis jembatan mendatar dimana jenis jembatan yang paling sederhana dan paling umum digunakan di Indonesia karena terdiri dari balok horizontal yang ujungnya ditumpu oleh abutment. Sementara jembatan gelagar yang lebih panjang harus didukung struktur tambahan yaitu pilar.

2.2 Komponen Jembatan

Menurut Supriadi (1997) bagian pokok jembatan dibagi dalam 2 (dua) bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Untuk setiap pembagian jembatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Komponen - Komponen Jembatan

2.2.1 Struktur Atas

Struktur atas jembatan adalah bagian struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas yang selanjutnya disalurkan ke struktur bawah jembatan, bagian struktur atas jembatan termasuk struktur utama, sistem lantai, sistem penentuan posisi, sambungan ekspansi dan peralatan lainnya.

Struktur utama bangunan atas jembatan dapat berupa pelat, balok, sistem rangka, sistem suspensi, jembatan kabel atau pelengkung . Umumnya terdiri dari:

- a. Gelagar induk yang terbentang dari titik tumpu ke titik tumpu.

Komponen ini terletak pada jembatan yang terletak melintang dengan jembatan yang menghubungkan balok-balok utama. Komponen ini juga menghubungkan beberapa balok utama menjadi satu kesatuan sehingga tidak terjadi ketidaksesuaian antar balok utama.



Gambar 2. 2 Gelagar Jembatan

- b. Lantai jembatan, sebagai pemikul beban yang nantinya disalurkan ke struktur bawah. Bagian dari konstruksi jembatan yang mengambil beban langsung dari jalur lalu lintas dan kemudian mendistribusikan beban ke struktur di bawahnya. Jenis tanah ini harus memiliki drainase yang baik untuk mengalirkan air hujan dengan cepat. Untuk keperluan tersebut, roadbed memiliki kemiringan 2% ke kiri dan kanan tepi jalan. Lantai kendaraan jembatan komposit didukung oleh balok memanjang dan diperkuat dengan penghalang.



Gambar 2. 3 Lantai Jembatan

c. Plat injak, sebagai penghubung jalan dan jembatan.

Plat injak berfungsi untuk menghubungkan jalan dan jembatan agar tidak terjadi perbedaan ketinggian keduanya, juga menutup bagian sambungan agar tidak terjadi keausan antara jalan dan jembatan pada plat jembatan.

d. Trotoar, digunakan untuk pejalan kaki.

Bagian dari konstruksi jembatan di kedua sisi taxiway. Trotoar ini berfungsi sebagai tempat penyeberangan pejalan kaki dan terbuat dari beton hancur, menyatu dan homogen dengan pelat lantai kendaraan, dan berfungsi sebagai balok bantalan pelat lantai kendaraan.



Gambar 2. 4 Trotoar Jembatan

2.2.2 Struktur Bawah

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (Modul Pengantar Dan Prinsip- Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah / Pondasi Jembatan, 1988), fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban – beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah. Umumnya terdiri dari:

a. Abutment, digunakan untuk menahan tanah dibelakang struktur

Karena abutment terletak di ujung jembatan, maka abutment ini juga berfungsi sebagai penopang tanah. Biasanya abutmen dilengkapi dengan struktur sayap yang menahan tanah dengan arah tegak lurus terhadap sumbu jembatan. Jenis kolom yang dipilih dilihat dari ketinggian kolom.

b. Pondasi, berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar

Pondasi adalah bagian dari jembatan yang menyalurkan beban langsung ke atau dari tanah atau batuan keras/tanah. Berdasarkan sistem abutment atau pier, dapat dibedakan menjadi banyak jenis, antara lain:

- Pondasi telapak
- Pondasi sumuran
- Pondasi tiang

Karena dalam perencanaan jembatan ini menggunakan pondasi tiang pancang, penulis hanya mengulas tentang pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang dapat diklasifikasikan menurut penggunaan bahan, cara penyaluran tiang pancang dan cara pemasangannya, yang akan dijelaskan satu persatu berikut ini.

1. Pondasi tiang pancang menurut penggunaan material dan karakteristik strukturnya dapat dibagi menjadi beberapa jenis (Bowles, 1991), antara lain:

- Tiang pancang kayu

Jenis ini sangat cocok untuk daerah rawa dan tempat yang banyak kayunya seperti kalimantan, mudah didapat batang/tiang yang panjang, lurus dan diameternya cukup besar untuk digunakan. Sebagai tiang pancang persyaratannya adalah: Kayu yang digunakan harus berumur cukup tua, berkualitas baik dan bebas dari cacat, seperti kayu berlian. Awalnya, pancang kayu harus diperiksa sebelum dipancang untuk memastikan bahwa pancang kayu memenuhi persyaratan material dan toleransi.

- Tiang pancang beton bertulang pracetak

Jenis tiang pancang beton bertulang yang dicap dan dicor menjadi suatu bekisting beton (formwork), kemudian bila cukup kuat maka akan diangkat dan diletakkan pada posisinya. Karena tegangan tarik beton rendah dan praktis nol, sedangkan berat sendiri beton besar, tiang pancang beton harus diperkuat dengan tulangan yang cukup kuat

untuk menahan momen lentur yang terjadi selama pengangkatan dan penutupan.

- Tiang pancang beton prategang

Tiang pancang beton prategang dengan menggunakan tulangan dan kabel sebagai gaya prategang.

- Tiang pancang cetak

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah.

- Tiang pancang baja

Secara umum, tumpukan baja struktural harus berupa gulungan, tetapi tumpukan pipa dan kotak dapat digunakan. Bila menggunakan tiang pancang atau sumur submersible dan akan dituang dengan beton, mutu beton minimal K250. Sebagian besar tiang pancang baja ini berbentuk H. Karena terbuat dari baja, maka tiang pancang itu sendiri sangat tahan lama, sehingga tidak ada resiko pecah atau patah selama pengangkutan dan penggerakan.

- Tiang Pancang Komposit

Tiang Pancang Komposit adalah pancang yang terbuat dari dua bahan berbeda yang bekerja bersama untuk membentuk tumpukan. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menggabungkan bagian atas dan bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan beton di atas permukaan air dan kayu yang tidak dirawat di bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam membuat sambungan menyebabkan metode ini diabaikan.

2. Pondasi tiang pancang sesuai dengan pemasangannya dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

- Tiang pancang pracetak

Tiang pancang pracetak adalah tiang pancang yang dicor dan dicetak dengan bekisting beton, kemudian setelah cukup kuat akan diangkat dan dipancang.

- Tiang yang dicor ditempat (cast-in-place pile)

Tergantung pada teknik penggaliannya, tiang cor di tempat memiliki beberapa metode, yaitu:

- Cara penetrasi alas

Cara penetrasi alas berupa pipa baja yang ditutup di dalam tanah, kemudian pipa baja tersebut dituang dengan beton.

- Cara penggalian

Metode ini dapat dipecah berdasarkan urutan peralatan yang digunakan, termasuk buatan manusia dan buatan mesin.

c. Pilar, sebagai penopang jembatan dengan tanah.

Pilar adalah tumpuan gelagar yang terletak di antara dua abutmen, dimana tujuannya adalah membagi dua bentang untuk mendapatkan bentang yang kecil atau tidak terlalu panjang untuk menghindari retraksi bangunan atas yang signifikan.

2.3 Spesifikasi Jembatan

- 1 Tipe Jembatan : Jembatan Gelagar Beton
- 2 Bentang : 42 m
- 3 Lebar total jembatan : 3,5 m

2.4 Bentuk dan Tipe Jembatan

2.4.1 Jembatan Beton

Beton sangat terkenal di dunia konstruksi. Dengan perkembangan teknologi beton, dimungkinkan untuk mendapatkan bentuk penampang beton yang berbeda. Saat ini, jembatan beton tidak hanya jembatan beton bertulang konvensional, tetapi juga jembatan beton pratekan.



Gambar 2.5 Jembatan Beton

2.4.2 Jembatan Rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari kayu atau logam. Jembatan rangka kayu termasuk tipe klasik dengan banyak material mekanis yang tertinggal. Jembatan rangka kayu dirancang hanya untuk menopang beban yang tidak terlalu besar. Dalam perkembangannya, setelah ditemukannya material baja, jenis rangka mulai menggunakan rangka baja dalam berbagai bentuk.



Gambar 2. 6 Jembatan Rangka

2.4.3 Jembatan Gantung

Seiring kemajuan teknologi dan kebutuhan akan transportasi yang semakin meningkat, maka dikembangkanlah salah satu jenis jembatan gantung yaitu dengan kabel baja. Jenis ini sering digunakan pada jembatan bentang panjang. Bila menggunakan jembatan gantung jenis ini dianggap dapat dibuat untuk bentang panjang tanpa pilar tengah. Jembatan gantung adalah jenis jembatan untuk bentang besar yaitu 500 sampai 2000 m atau 2 km.



Gambar 2. 7 Jembatan Gantung

2.4.4 Jembatan Haubans (*cable stayed*)

Jenis jembatan ini sangat baik dan menguntungkan bila digunakan untuk jembatan bentang panjang. Kombinasi penggunaan kabel dan deck beton prategang merupakan keunggulan dari jenis jembatan ini. Rentang maksimum jembatan kabel adalah sekitar 500 m hingga 900 m.



Gambar 2. 8 Jembatan Haubans

2.5 Pembebanan Umum

Berdasarkan, ” Peraturan Muatan Untuk Jembatan Jalan Raya” No. 12 /Tahun 1987 pasal 1.

1) Muatan mati

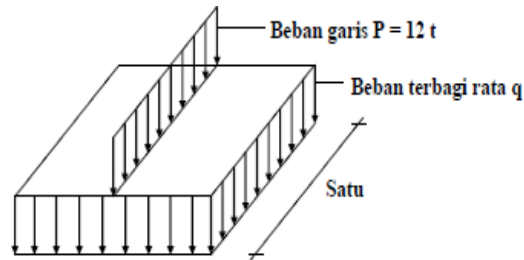
- Beton bertulang $\sigma = 2,5 \text{ t/m}^3$
- Perkerasan Jalan Beraspal $\sigma = 2,2 \text{ t/m}^3$
- Air $\sigma = 1,00 \text{ t/m}^3$

2) Muatan hidup

Yaitu muatan dari berat kendaraan yang bergerak dan berat pejalan kaki yang bekerja pada jembatan. Muatan hidup dibagi menjadi :

a) Beban “D”

Adalah beban pada setiap lajur termasuk beban merata $q \text{ T/m}$ dan beban linier $P = 12 \text{ T}$ pada lajur (tidak termasuk beban kejut). Gambar beban linier dan beban merata pada garis beban “D” dengan nilai 100% dalam 5,5 m. Jika lebarnya lebih dari 5,5m, sisanya sama dengan 50% dari beban "D".



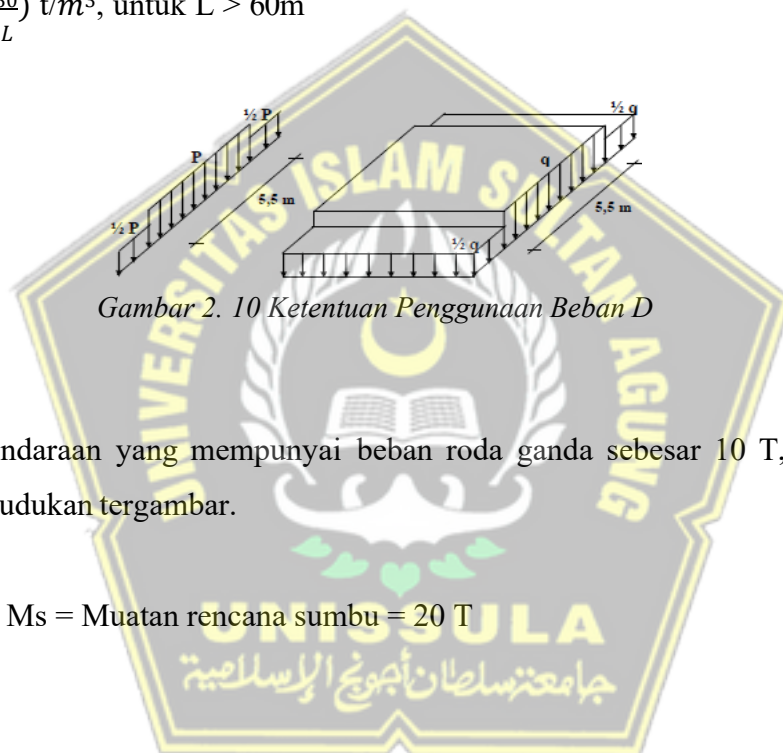
Gambar 2. 9 Distribusi Beban D

Besar q ditentukan sebagai berikut:

$q = 2,2 \text{ t/m'}$, untuk $L < 30 \text{ m}$

$q = 22 - \frac{11}{60} \times (L - 30) \text{ t/m}$, untuk $30\text{m} < L < 60 \text{ m}$

$q = 1,1 \times (1 + \frac{30}{L}) \text{ t/m}^3$, untuk $L > 60\text{m}$



Gambar 2. 10 Ketentuan Penggunaan Beban D

b) Beban “T”

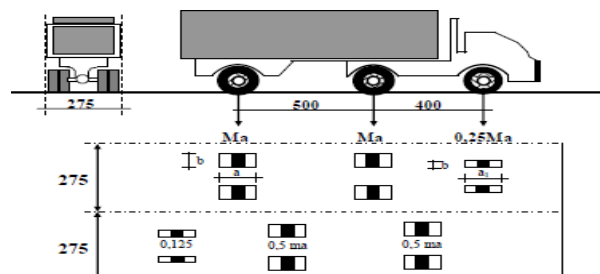
Muatan oleh kendaraan yang mempunyai beban roda ganda sebesar 10 T, dengan ukuran – ukuran serta kedudukan tergambar.

Keterangan :

$a_1 = a_2 = 30 \text{ cm}$; $M_s = \text{Muatan rencana sumbu} = 20 \text{ T}$

$b_1 = 12,50 \text{ cm}$

$b_2 = 50,00 \text{ cm}$



Gambar 2. 11 Distribusi Beban T

Kendaraan truck "T" ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu- lintas rencana dengan ketentuan Jumlah maksimumnya seperti tercantum dalam tabel berikut.

Berikut ini disajikan jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana.

Tabel 2. 1 Jumlah Maksimum Lajur Lalu-lintas Rencana

Type Jembatan (1)	Lebar jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu-Lintas Rencana
Satu jalur	4.0-5.0	1
Dua arah, tanpa median	5.5-8.25	2 (3)
	11.3-15.0	4
Banyak arah	8.25-11.25	3
	11.3-15.0	4
	15.1-18.75	5
	18.8-22.5	6

c) Muatan pada trotoar, kerb dan sandaran

1. Muatan pada trotoar

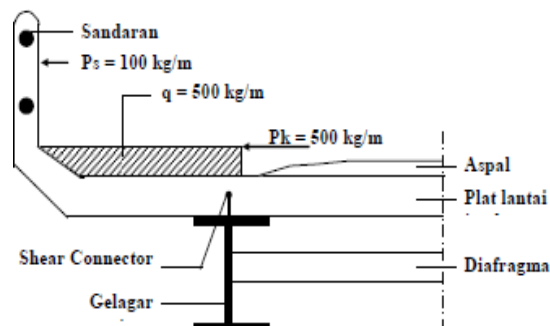
- Untuk konstruksi $q = 500 \text{ kg / m}^2$
- Untuk perhitungan gelagar $q' = 60 \% q$
 $= 60 \% \times 500$
 $= 300 \text{ kg / m}^2$

2. Muatan Kerb pada tepi lantai jembatan

$P_k = 500 \text{ kg / m}$, arah horizontal pada puncak kerb atau 25 cm diatasmuka lantai kendaraan.

3. Muatan pada sandaran

$P_s = 100 \text{ kg / m}$, arah horizontal.



Gambar 2. 12 Muatan Pada Sandaran

d) Muatan kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh – pengaruh getaran dan pengaruh lainnya. Tegangan akibat garis “ P “ harus dikalikan koefisien kejut.

$$\text{Rumus : } K = \frac{1+20}{50+L}$$

Keterangan:

K = Koefisien kejut

L = Panjang bentang

2.6 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton bertulang dengan luas dan jumlah tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang dan dirancang dengan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama untuk melawan gaya yang bekerja.

2.6.1 Kekuatan Nominal Beton

Menurut aturan “Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan” tahun 2008 halaman 2-3 , kekuatan nominal beton terdiri dari,

1) Kuat tekan

Kuat tekan beton untuk jembatan beton non prategang pada umur 28 hari, f_c harus ≥ 20 MPa dan sedangkan untuk beton prategang 30 Mpa.

2) Kuat tarik

Kuat tarik langsung dari beton, f_{ct} bisa diambil dari ketentuan:

- $0,33 \sqrt{f_c'}$ pada umur 28 hari, dengan perawatan standar atau
- Dihitung secara probabilitas statistik dari hasil pengujian

3) Kuat tarik lentur

Kuat tarik lentur beton, f_{cf} bisa diambil sebesar:

- $0,6 \sqrt{f_c'}$ MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar atau
- Dihitung secara probabilitas statistik dari hasil pengujian

2.6.2 Tegangan Ijin

Menurut “Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan” tahun 2008 halaman 2-4 tegangan ijin beton terbagi atas,

- 1) Tegangan ijin tekan pada kondisi layan

Tegangan tekan ijin, layan $\sigma_{tk} = 0,45\sqrt{f_c}$ (untuk semua kombinasi beban).

- 2) Tegangan ijin tekan pada kondisi beban sementara atau kondisi transfer gaya prategang untuk komponen beton prategang

Tegangan tekan ijin penampang beton, $\sigma_{tk} = 0,60\sqrt{f_{ci}'}$

Dimana: f_{ci}' adalah kuat tekan beton initial pada saat transfer gaya prategang

- 3) Tegangan ijin tarik pada kondisi batas layan:

- Beton tanpa tulangan : $0,15\sqrt{f_c'}$
- Beton prategang penuh : $0,5\sqrt{f_c'}$

- 4) Tegangan ijin tarik pada kondisi transfer gaya prategang untuk komponen beton prategang

Tegangan tarik yang diijinkan pada saat transfer gaya prategang:

- $0,25\sqrt{f_{ci}'}$ (selain di perletakan)
- $0,5\sqrt{f_{ci}'}$ (di perletakan)

2.7 Rumus yang Digunakan

1. Tulangan Lentur (satuan ton)

$$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}} \right)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{14}{f_y}$$

$$A_s = \rho x b x d$$

$$\text{Jumlah Tulangan (n)} = \frac{A_s}{A}$$

2. Tulangan Geser (satuan ton)

$$V_n = \frac{V_u}{0,6}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c x b x d}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$S_{max} = \frac{1}{2} d$$

$$A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f_c x b x s}}{f_y}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c x b}}$$

3. Beban Merata (satuan ton)

$$q = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (L-30) \right\} = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (42-30) \right\} = 1,98 \text{ t/m (L > 30 m)}$$

4. Beban Garis (satuan ton)

$$K = 1 + \frac{20}{50+42}$$

$$P = \frac{12 \times 0,75 \times L}{2,75} + \frac{2 (12 \times 0,75 \times L) \times 0,5}{2,75}$$

5. Gaya Rem (satuan ton)

$$R_m = 5\% (216 + \frac{P}{K})$$

6. Gaya Gesek (satuan ton)

$$F = 0,25 \times \text{beban mati}$$

7. Gaya Akibat Gempa (satuan ton)

$$T = C \times W$$

8. Gaya Tekanan Tanah Aktif (satuan ton)

$$K_a = T g^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan suatu bangunan, analisis struktur dibutuhkan dalam perhitungan untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan syarat agar tidak menyebabkan kegagalan pada struktur yang direncanakan. Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan struktur jembatan beton dengan panjang bentang 42 meter.

3.2 Data Struktur

Perencanaan Jembatan ini memiliki data struktur sebagai berikut ini.

3.2.1 Struktur Atas Jembatan

- a. Tipe jembatan adalah jembatan gelagar beton dengan panjang total jembatan 42 meter,
- b. Lebar total jembatan 3,5 meter,
- c. 4 gelagar utama (*main girder*), terdapat pada sisi kanan dan kiri jembatan,
- d. Balok melintang (*diafragma shear*), dipasang dengan jarak 60 cm pada daerah dekat pilar, selain itu jarak antar *diafragma shear* 60 cm,
- e. Struktur jembatan menggunakan beton readymix K-225 dengan kuat tekan beton rencana ($f'c$) 18,68 MPa, kecuali *slab* dan *railing* menggunakan kuat tekan beton rencana ($f'c$) 18,68 MPa,

3.2.2 Struktur Bawah Jembatan

- a. Abutment jembatan terletak di kanan kiri dan 2 pilar di tengah
- b. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang Diameter 30cm

3.3 Perencanaan Struktur Jembatan

Perencanaan struktur atas jembatan terdiri dari perencanaan struktur atas dan perencanaan struktur bawah.

1) Perencanaan Struktur Atas Jembatan

- Perhitungan gelagar induk
- Perhitungan lantai jembatan
- Perhitungan plat injak
- Perhitungan trotoar

2) Perencanaan Struktur Bawah Jembatan

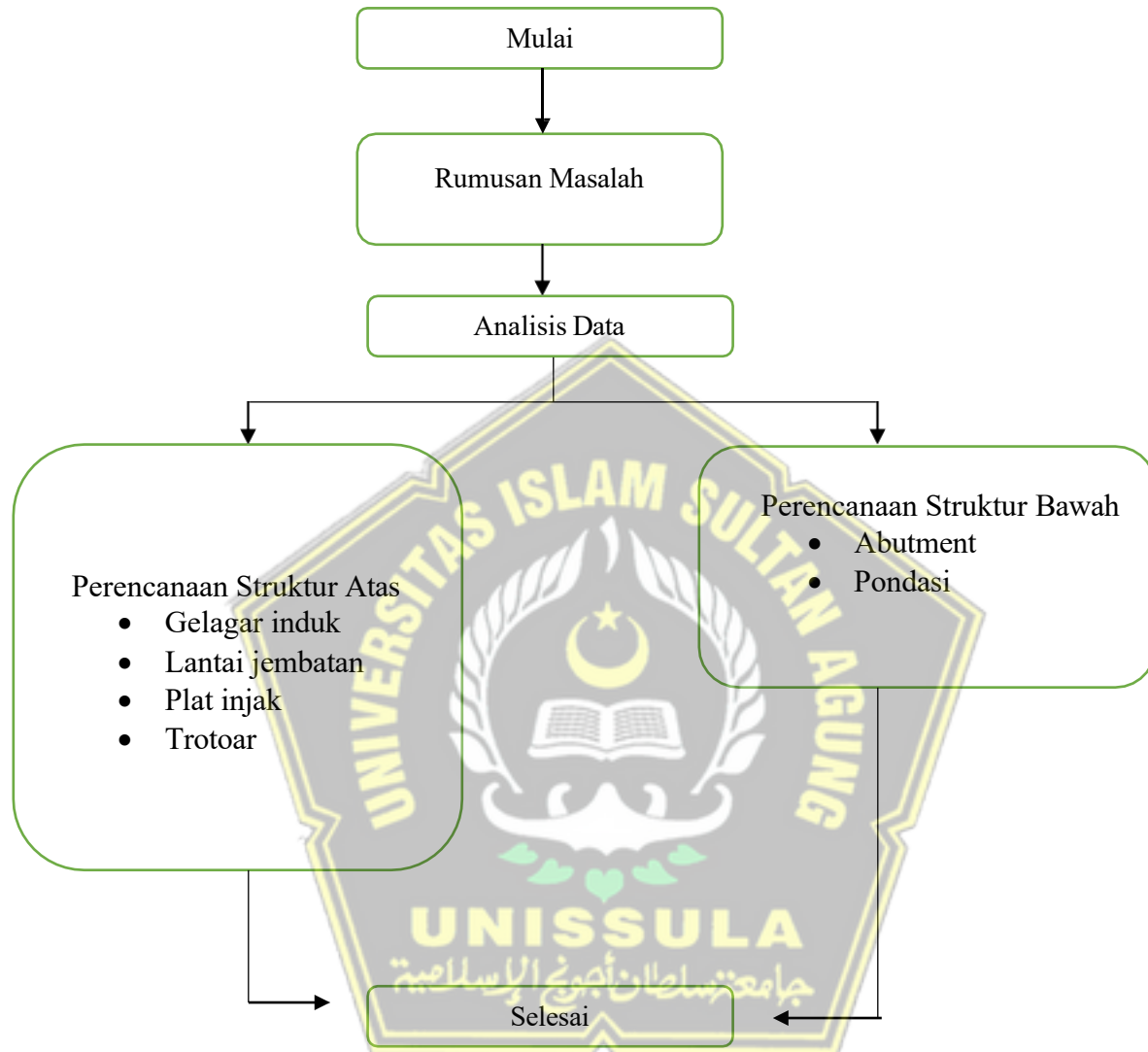
- Perhitungan abutment
- Perhitungan pondasi tiang pancang

3.4 Peraturan – peraturan yang Digunakan

- 1) Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971)
- 2) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (BetaVersion),2002
- 3) Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya 1987 (PPPJJR1987)
- 4) Standar Pembebanan untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)
- 5) Perencanaan struktur Beton Bertulang untuk Jembatan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Jenderal Bina Marga,2008)

3.5 Tahapan Perencanaan

Perencanaan dan analisis struktur jembatan pada tugas akhir ini dilakukan secara bertahap. Adapun tahapan perencanaan jembatan sebagai berikut :



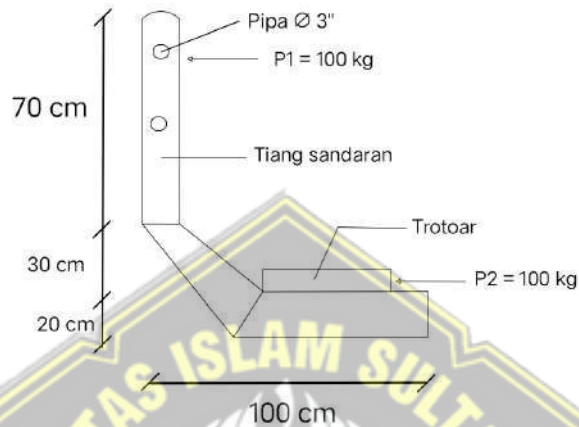
Gambar 3. 1 Bagan Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Trotoar

4.1.1 Perhitungan Sandaran



Gambar 4. 1 Penampang sandaran

- $P_1 = 100 \text{ kg}$, dihitung pada ketinggian 70 cm di atas lantai trotoar
- $P_2 = 100 \text{ kg}$ pada kerb (perhitungan pada tepi jalan)

1) Pipa Sandaran

Direncanakan menggunakan pipa $\phi 3''$ (76,3 mm)

a) Data perencanaan

$$\phi = 7,63 \text{ cm}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu baja BJ 37)}$$

$$t = 0,28 \text{ cm}$$

$$l = 200 \text{ cm (jarak antar tiang sandaran)}$$

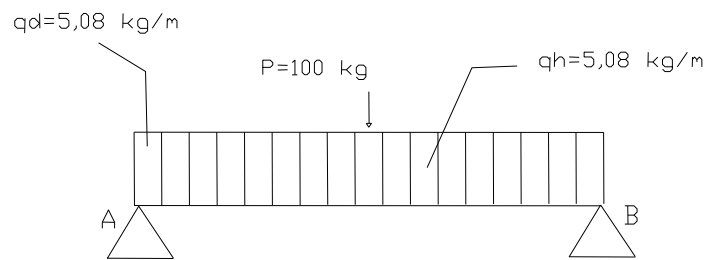
$$F = 4,463 \text{ cm}^2$$

$$I = 43,7 \text{ cm}^2$$

$$W = 11,5 \text{ cm}^3$$

$$G = 5,08 \text{ kg/m}$$

b) Pembebanan



Gambar 4. 2 Pembebanan

$$q = (1,2 \times 5,05) + (1,6 \times 100) = 166,06 \text{ kg/m}$$

$$R_A = R_B = \frac{q \times l_s}{2} + \frac{P}{2} = \frac{166,06 \times 2}{2} + \frac{100}{2} = 216,06 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q L_s^2 + \frac{1}{4} P L = \frac{1}{8} 166,06 \times (2)^2 + \frac{1}{4} 100 \times 2 = 133,03 \text{ kg}$$

c) Kontrol bahan dan tegangan

$$\sigma_{ijin} = 160 \text{ MPa}$$

$$E_{baja} = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

- Terhadap lendutan

$$\frac{5ql^4}{384 EI} + \frac{Pl^3}{48 EI} < \frac{l}{300}$$

$$\frac{5 \times 166,06 \times (200)^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 43,7} + \frac{100 \times (200)^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 43,7} < 0,667 \text{ cm}$$

$$0,559 \text{ cm} < 0,667 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- Terhadap momen

$$\sigma_u < \sigma_{ijin}$$

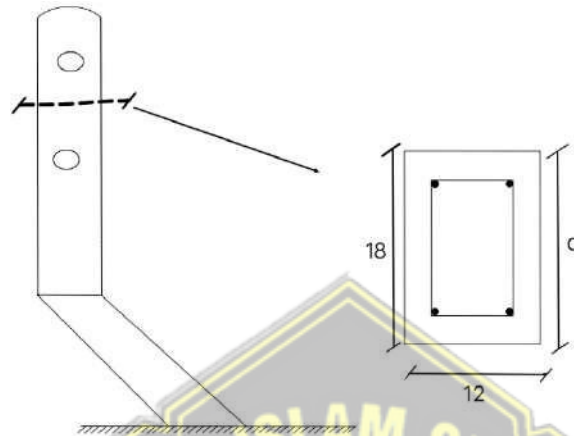
$$\frac{M_u}{W} < \sigma_{ijin}$$

$$\frac{133,03}{11,5} = 1156,76 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pipa $\phi 7,63 \text{ cm}$ dapat digunakan.

2) Tiang Sandaran

Direncanakan dengan ukuran 12/18, yang mampu menahan beban horizontal sebesar 100 kg dan railing sandaran



Gambar 4. 3 Tiang sandaran

a) Data perencanaan

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

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

$$p = 3 \text{ cm (selimut beton)}$$

$$L = 200 \text{ cm (jarak antara tiang sandaran)}$$

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$\phi \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ begel} = 8 \text{ mm}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ utama} - \phi \text{ begel}$$

$$= 18 - 3 - \frac{1}{2} 10 - 8$$

$$= 13,7 \text{ cm}$$

b) Pembebanan

Muatan H= 100 kg/m (H = 70 cm dari trotoar)

$$P = H \times L$$

$$= 100 \times 2 = 200 \text{ kg}$$

Gaya momen H sampai ujung trotoar (h)= 70+25 = 95 cm = 0,95m

$$M = P \times h$$

$$= 200 \times 0,95 = 190000 \text{ kgmm} = 1,9 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

c) Penulangan

- Tulangan lentur

Rasio tulang dan rasio penampang

$$M_n = \frac{Mu}{0,8}$$

$$= \frac{1,9 \times 10^6}{0,8} = 2,375 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2,375 \times 10^6}{120 \times (137)^2} = 1,05 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,05}{0,85 \times 18,68}} = 0,0104$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0104$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0104 \times 120 \times 137$$

$$= 170,976 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 10$ dengan luas penampang ($A = 79 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{A_s}{A} = \frac{170,976}{79} = 2,1 \approx 2$$

Dipakai tulangan 2 $\phi 10$

- Tulangan geser

$$V_u = 100 \text{ kg} = 1000 \text{ N}$$

$$n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{1000}{0,6} = 1666,67$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c \times b \times d}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{18,68 \times 120 \times 137} = 11866,1 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 11866,1$$

$$= 7119,66 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$1000 \text{ N} < 7119,66 \text{ N (perlu tulangan geser)}$$

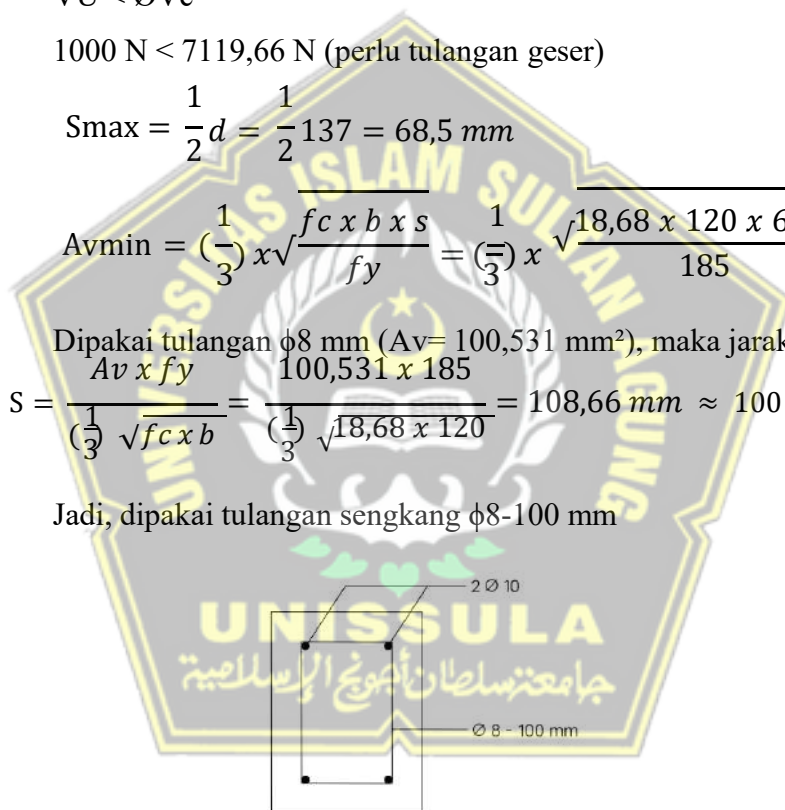
$$S_{\max} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} 137 = 68,5 \text{ mm}$$

$$A_{v\min} = \left(\frac{1}{3}\right) \times \sqrt{\frac{f_c \times b \times s}{f_y}} = \left(\frac{1}{3}\right) \times \sqrt{\frac{18,68 \times 120 \times 68,5}{185}} = 63,37$$

Dipakai tulangan $\phi 8 \text{ mm}$ ($A_v = 100,531 \text{ mm}^2$), maka jarak sengkang

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{f_c \times b}} = \frac{100,531 \times 185}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{18,68 \times 120}} = 108,66 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai tulangan sengkang $\phi 8$ -100 mm



Gambar 4. 4 Penulangan tiang sandaran

3) Plat Lantai Trotoar

Perhitungan ditiadakan karena plat lantai trotoar berupa pasir urug dan paving stone.

4.2 Perhitungan Plat Lantai Jembatan

a) Data Perencanaan

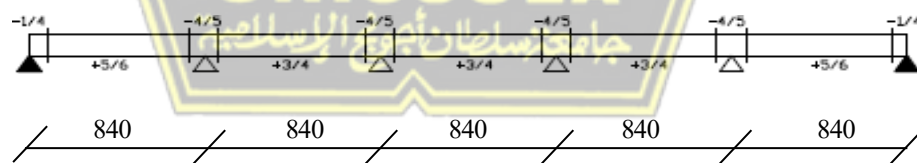
$h = 18 \text{ cm}$ (tebal plat lantai)
 $t = 9 \text{ cm}$ (tebal aspal)
 $t_h = 4 \text{ cm}$ (tebal lapisan air hujan)
 $p = 3 \text{ cm}$ (selimut beton)
 $L_x = 1,2 \text{ m}$
 $L_y = 4,8 \text{ m}$
 $f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$
 $f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$
 Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
 Berat jenis aspal = 2200 kg/m^3
 Berat jenis air hujan = 1000 kg/m^3

b) Pembebanan

- Akibat beban mati

- Berat sendiri plat $= 0,18 \times 1 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}$
 - Berat perkerasan aspal $= 0,09 \times 1 \times 2200 = 198 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan $= 0,04 \times 1 \times 1000 = 40 \text{ kg/m}$
- $q_{\text{total}} = 670 \text{ kg/m}$

Mencari momen



- Momen lapangan ($M +$) $= \frac{5}{6} M_o$

$$= \frac{5}{6} \times \frac{1}{10} \times q L^2$$

$$= \frac{5}{6} \times \frac{1}{10} \times 670 \times (1,2)^2$$

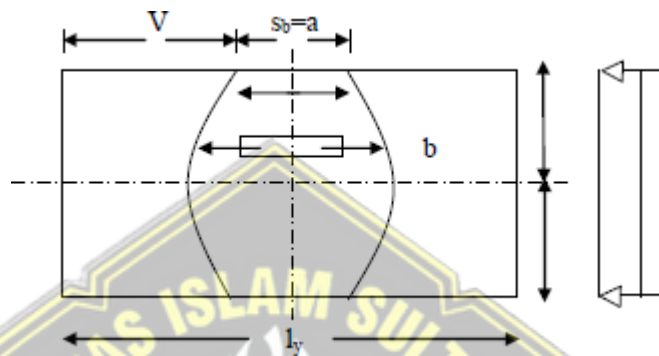
$$= 80,07 \text{ kgm}$$
- Momen tumpuan ($M -$) $= \frac{4}{5} M_o$

$$= \frac{4}{5} \times \frac{1}{14} \times q L^2$$

$$= \frac{4}{5} \times \frac{1}{14} \times 670 \times (1,2)^2$$

$$= 54,02 \text{ kgm}$$

- **Beban hidup**
Pelat lantai dianggap memikul sumbu dalam arah L_x , sehingga untuk perhitungan digunakan tulangan M_lx sebagai tulangan utama dan arah $M_l y$ digunakan sebagai tulangan sekunder (PBBI 1971, pp.204-206)
- **Lebar pelat lantai**
Lebar kerja maksimum di tengah bentang L_x ditentukan dengan rumus berikut.
Peraturan PBB I 1971 hal. 206 dan PPPJIR 1987



Gambar 4. 5 Plat yang menumpu pada 2 tepi sejajar memikul beban terpusat

$r = 1/2$ (untuk plat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya)

- Untuk $L_y > 3r L_x$ $S_a = \frac{3}{4}a + \frac{3}{4}r \times L_x$

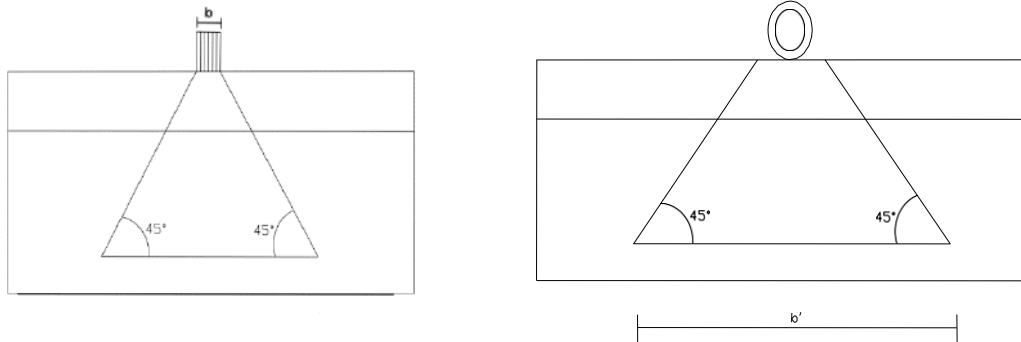
Sesuai PBB I 1971 hal.207, maka ditentukan

$a = 30 \text{ cm}$

$b = 50 \text{ cm}$

$$S_a = \frac{3}{4}30 + \frac{3}{4} \times \frac{1}{2}120 = 67,5 \text{ cm}$$

- Akibat tekanan roda



Tampak depan

Tampak samping

Gambar 4. 6 Penyaluran beban oleh roda

- Keadaan 1 (As roda belakang)

$$P = \frac{1}{2} \text{ tekanan as gandar}$$

$$= \frac{1}{2} \times 20 = 10 \text{ ton}$$

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

$$b = 50 \text{ cm}$$

a' = lebar penyaluran beban pada arah panjang ban dan sudut 45°

b' = lebar penyaluran beban ban dengan sudut 45°

B = lebar penyaluran beban pada arah lebar ban pada plat lantai kerja

$$a' = a + 2 \left(\frac{1}{\tan 45^\circ} \right) 20$$

$$= 30 + 40 = 70 \text{ cm}$$

$$b' = b + 2 \left(\frac{1}{\tan 45^\circ} \right) 20$$

$$= 50 + 40 = 90 \text{ cm}$$

$$B = \sqrt{(a' + L)^2 + (b')^2}$$

$$= \sqrt{(0,7 + 1,2)^2 + (0,9)^2} = 2,1 \text{ m}$$

$$q = \frac{p}{a' \times b} = \frac{10}{0,7 \times 2,1} = 6,80 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{1}{2} q \times a' \left(\frac{1}{2} L - \mu \times a' \right)$$

$$= \frac{1}{2} \times 6,86 \times 0,7 \left(\frac{1}{2} 1,2 - \frac{1}{4} \times 0,7 \right) = 1,01$$

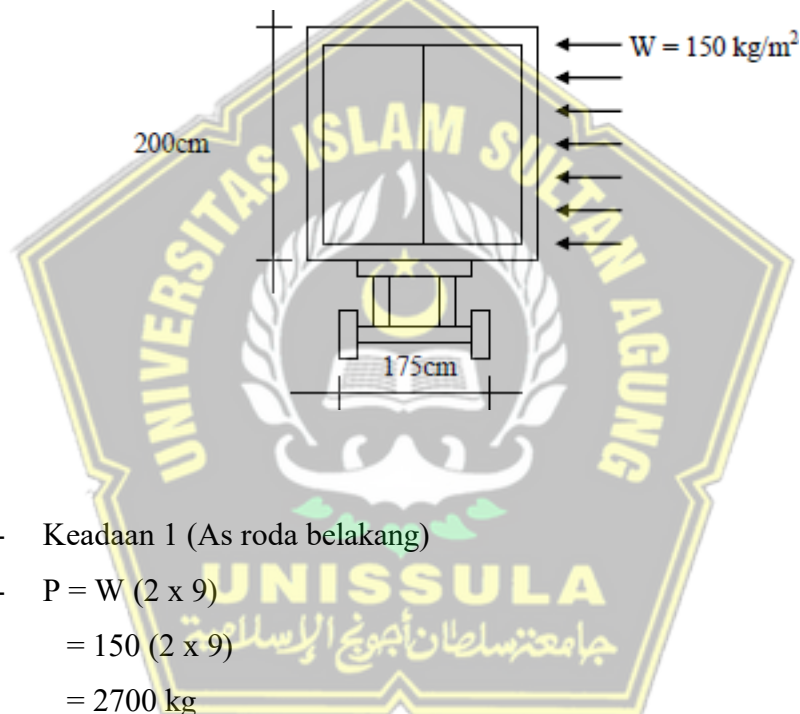
$$\text{Momen lapangan (M+)} = \frac{5}{6} M$$

$$= \frac{5}{6} 1,01 = 0,8417 \text{ tm} = 841,7 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen tumpuan (M-)} = \frac{4}{5} M$$

$$= \frac{4}{5} 1,01 = 0,808 \text{ tm} = 808 \text{ kgm}$$

- Akibat beban sementara (beban angin)



- Keadaan 1 (As roda belakang)
- $P = W (2 \times 9)$
 $= 150 (2 \times 9)$
 $= 2700 \text{ kg}$

$$M = \frac{1}{4} P \times L$$

$$= \frac{1}{4} 2700 \times 1,2 = 810 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen lapangan (M+)} = \frac{5}{6} M$$

$$= \frac{5}{6} \times 810 = 675 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen tumpuan (M-)} = \frac{4}{5} M$$

$$= \frac{4}{5} \times 810 = 648 \text{ kgm}$$

Momen max. total untuk plat lantai

Momen lapangan

- Muatan mati = 80,08 kgm
- Muatan = 841,7 kgm
- Muatan sementara = 675 kgm

$$\sum MLx = 1596,7 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

- Muatan mati = 54,02 kgm
- Muatan = 808 kgm
- Muatan sementara = 648 kgm

$$\sum MTx = 1510,02 \text{ kgm}$$

$$Ly \geq 3Lx \quad \text{PBB1 1971, hal.208}$$

$$Mly = \frac{MLx}{1 + \frac{4a}{3Lx}} = \frac{1596,7}{1 + \frac{4 \times 0,3}{3 \times 1,2}} = \frac{1596,7}{1 + 0,33} = 1200,52 \text{ kgm}$$

c) Penulangan

- Penulangan arah x lapangan

$$dx = h - p - \frac{1}{2} \Phi \text{ tulangan utama}$$

$$= 200 - 30 - \frac{1}{2} 13 = 163,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{MLx}{0,8} = \frac{1596,7}{0,8} = 1995,8 \text{ kgm} = 1995800 \text{ kgmm} = 19,958 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{19,958 \times 10^6}{1000 \times (163,5)^2} = 0,75 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,75}{0,85 \times 18,68}} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,007$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \, b d \\
 &= 0,007 \times 1000 \times 163,5 \\
 &= 1144,5 \, \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \, \text{mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1144,5} = 116,2 \, \text{mm} \approx 100 \, \text{mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13-100$

- Penulangan arah x tumpuan

$$dx = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

$$= 200 - 30 - \frac{1}{2} 13 = 163,5 \, \text{mm}$$

$$M_n = \frac{MT_x}{0,8} = \frac{1510,02}{0,8} = 1887,525 \, \text{kgm} = 1887525 \, \text{Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{1887525}{1000 \times (163,5)^2} = 0,07 \, \text{MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,7}{0,85 \times 18,68}} = 0,0064$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$, dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,007$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \, b d \\
 &= 0,007 \times 1000 \times 163,5 \\
 &= 1144,5 \, \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \, \text{mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1144,5} = 116,2 \, \text{mm} \approx 100 \, \text{mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13-100$

- Penulangan arah y lapangan

$$Mly = 1200,52 \text{ kgm}$$

$$dy = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

$$= 200 - 30 - \frac{1}{2} 13 = 163,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{MLx}{0,8} = \frac{1200,52}{0,8} = 1500,65 \text{ kgm} = 15006500 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{15006500}{1000 \times (163,5)^2} = 0,056 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,056}{0,85 \times 18,68}} = 0,0056$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,007$$

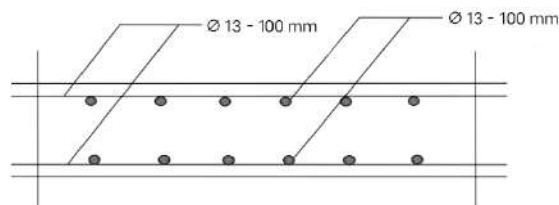
$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,007 \times 1000 \times 163,5 \\ &= 1144,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1144,5} = 116,2 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13-100$



Gambar 4. 7 Penulangan plat lantai

4.3 Perhitungan Gelagar Memanjang

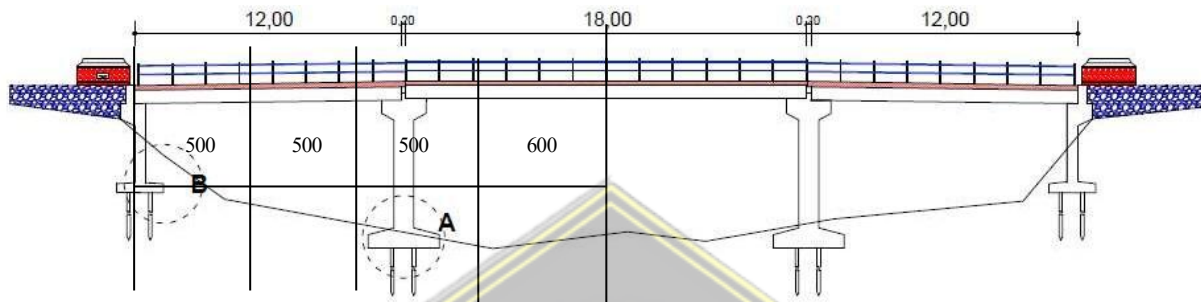
a) Data Perencanaan

Panjang bentang = 42 m

Lebar jembatan = 3,5 m

f_y baja U32 = 185 Mpa

f_c beton K225 = 18,68 Mpa



Gambar 4. 8 Penampang memanjang jembatan

b) Beban Mati

- Berat plat lantai $= 0,18 \times 1 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}$
- Berat perkerasan aspal $= 0,09 \times 1 \times 2200 = 198 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan $= 0,04 \times 1 \times 1000 = 40 \text{ kg/m}$
- Gelagar $= 1386 \text{ kg/m}$
- $q_{DL} = 2056 \text{ kg/m}$
- Diafragma, $T_b = 0,35 \times 0,80 \times 0,5 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}$

c) Momen Lentur Akibat Beban Mati

$$M_{q_{DL}} = M_x = \frac{1}{2} q_{DL} x L^2 \left\{ \frac{k}{L} \left(1 - \frac{k}{L} \right) \right\}$$

Momen pada potongan 1, x = 5 m (M1)

$$M_{q_{DL}} = \frac{1}{2} 2056 x 42^2 \left\{ \frac{5}{42} \left(1 - \frac{5}{42} \right) \right\} = 190114 \text{ kgm}$$

$$M_{Tb} = \frac{1}{2} 336 x 5 = 840 \text{ kgm}$$

$$M1 = 190954 \text{ kgm} = 1909540 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 2, x = 10 m (M2)

$$M_{q_{DL}} = \frac{1}{2} 2056 x 42^2 \left\{ \frac{10}{42} \left(1 - \frac{10}{42} \right) \right\} = 321151 \text{ kgm}$$

$$M_{Tb} = \frac{1}{2} 336 x 10 = 1680 \text{ kgm}$$

$$M2 = 322831 \text{ kgm} = 3228310 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 3, x = 15 m (M3)

$$M_{q_{DL}} = \frac{1}{2} 2056 x 42^2 \left\{ \frac{15}{42} \left(1 - \frac{15}{42} \right) \right\} = 412546 \text{ kgm}$$

$$M_{Tb} = \frac{1}{2} 336 x 15 = 2520 \text{ kgm}$$

$$M3 = 415066 \text{ kgm} = 4150660 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 4, x = 21 m (M4)

$$M_{q_{DL}} = \frac{1}{2} 2056 x 42^2 \left\{ \frac{21}{42} \left(1 - \frac{21}{42} \right) \right\} = 453348 \text{ kgm}$$

$$M_{Tb} = \frac{1}{2} 336 x 21 = 1185408 \text{ kgm}$$

$$M4 = 1638756 \text{ kgm} = 16387560 \text{ Nm}$$

d) Beban Hidup

$$\text{Koefisien kejut, } K = 1 + \frac{20}{50+L} = \frac{20}{50+42} = 1,22$$

$$\text{Beban garis, } P = 1,22 x \frac{8400}{2,75} x 1,2 = 4471 \text{ kg}$$

Beban terbagi merata, $q = \frac{1540}{2,75} \times 1,2 = 672 \text{ kg/m}$

e) Momen lentur beban hidup

$$M_x(P) = Px L \left\{ \frac{x}{L} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right\}$$

$$M_x(q) = \frac{1}{2} q x L^2 \left\{ \frac{x}{L} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right\}$$

Momen pada potongan 1, $x = 5 \text{ m}$ (M1)

$$M_x(P) = \frac{1}{2} 4471 \times 42 \left\{ \frac{5}{42} \left(1 - \frac{5}{42} \right) \right\} = 9843,4 \text{ kgm}$$

$$M_x(q) = \frac{1}{2} 672 \times 42^2 \left\{ \frac{5}{42} \left(1 - \frac{5}{42} \right) \right\} = 62138 \text{ kgm}$$

$$M1 = 71981,4 \text{ kgm} = 719814 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 2, $x = 10 \text{ m}$ (M2)

$$M_x(P) = \frac{1}{2} 4471 \times 42 \left\{ \frac{10}{42} \left(1 - \frac{10}{42} \right) \right\} = 16628,1 \text{ kgm}$$

$$M_x(q) = \frac{1}{2} 672 \times 42^2 \left\{ \frac{10}{42} \left(1 - \frac{10}{42} \right) \right\} = 104967 \text{ kgm}$$

$$M2 = 121595,1 \text{ kgm} = 1215951 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 3, $x = 15 \text{ m}$ (M3)

$$M_x(P) = \frac{1}{2} 4471 \times 42 \left\{ \frac{15}{42} \left(1 - \frac{15}{42} \right) \right\} = 21330,2 \text{ kgm}$$

$$M_x(q) = \frac{1}{2} 672 \times 42^2 \left\{ \frac{15}{42} \left(1 - \frac{15}{42} \right) \right\} = 134840 \text{ kgm}$$

$$M3 = 156170,2 \text{ kgm} = 1561702 \text{ Nm}$$

Momen pada potongan 4, $x = 21 \text{ m}$ (M4)

$$M_x(P) = \frac{1}{2} 4471 \times 42 \left\{ \frac{21}{42} \left(1 - \frac{21}{42} \right) \right\} = 23472,7 \text{ kgm}$$

$$M_x(q) = \frac{1}{2} 672 \times 42^2 \left\{ \frac{21}{42} \left(1 - \frac{21}{42} \right) \right\} = 148176 \text{ kgm}$$

$$M4 = 171648 \text{ kgm} = 1716487 \text{ Nm}$$

Berikut ini disajikan tabel momen lentur total pada gelagar memanjang.

Tabel 4.1 Momen lentur total

Pembebanan	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
Beban mati, DL	1909540 Nm	3228310 Nm	4150660 Nm	16387560 Nm
Beban hidup, LL	719814 Nm	1215951 Nm	1561702 Nm	1716487 Nm
Total	2629354 Nm	4444261 Nm	5712362 Nm	18104047 Nm

f) Momen Pada Tumpuan

$$M_s = \frac{1}{3} \times M_{max} = \frac{1}{3} \times 18104047 = 5974335,51 \text{ Nm}$$

g) Gaya Geser

$$\text{- Beban mati} = \frac{1}{2} \times 2056 \times 42 = 43176 \text{ kg}$$

$$\text{- Balok melintang} = 2,5 \times 336 = 840 \text{ kg}$$

$$\text{- Beban hidup (P)} = \frac{1}{2} \times 4471 = 2235,5 \text{ kg}$$

$$\text{- Beban mati} = \frac{1}{2} \times 672 \times 42 = 14112 \text{ kg}$$

$$\text{- V} = 60363,5 \text{ kg} = 603,635 \text{ N}$$

h) Perhitungan Tulangan

Pada tumpuan:

$$M_{\text{support}} = 5974335,51 \text{ Nm}$$

$$V = 603635 \text{ N}$$

$$b = 550 \text{ mm}$$

$$h = 1750 \text{ mm}$$

$$d = 1750 - 60 = 1690 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$M_n = \frac{5974335,51 \times 10^3}{0,8} = 746791938 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{746791938}{550 \times 1690^2} = 0,475 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,475}{0,85 \times 18,68}} = 0,004$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{min} > \rho_{perlu}$, dipakai $\rho_{min} = 0,007$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,007 \times 550 \times 1690 \\ &= 6506,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 32$ dengan luas penampang ($A = 803,84 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{A_s}{A} = \frac{6506,5}{803,84} = 8,1 \approx 9$$

Dipakai $A_{s1} = n \times A$

$$= 9 \times 803,84 = 7234,56 \text{ mm}^2$$

NT = ND

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 f_c b} = \frac{6506,5 \times 185}{0,85 \times 18,68 \times 550} = 137,83 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{137,83}{0,85} = 162,15 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \frac{(d-c)}{c} = 600 \frac{(1690-162,15)}{162,15} = 5610 > f_y \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 7234,56 \times 185 \left(1690 - \frac{137,83}{2} \right) = 2169649789 \text{ Nmm} \\ &= 2169649,789 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_n}{M_u} = \frac{2169649,789}{5974335,51} = 0,36 \dots \dots \dots \text{OK}$$

- Perencanaan tulangan geser

$$V_u = 603635 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{603635}{0,6} = 1006058,33 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c \times b \times d} \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{18,68 \times 550 \times 1690} = 642773,27 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times 642773,27 \\ &= 385663,962 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c$$

1000 N < 12612,144 N (maka tidak perlu sengkang)

Untuk kestabilan struktur dan peraturan mensyaratkan dipasang tulangan minimum (spasi minimum).

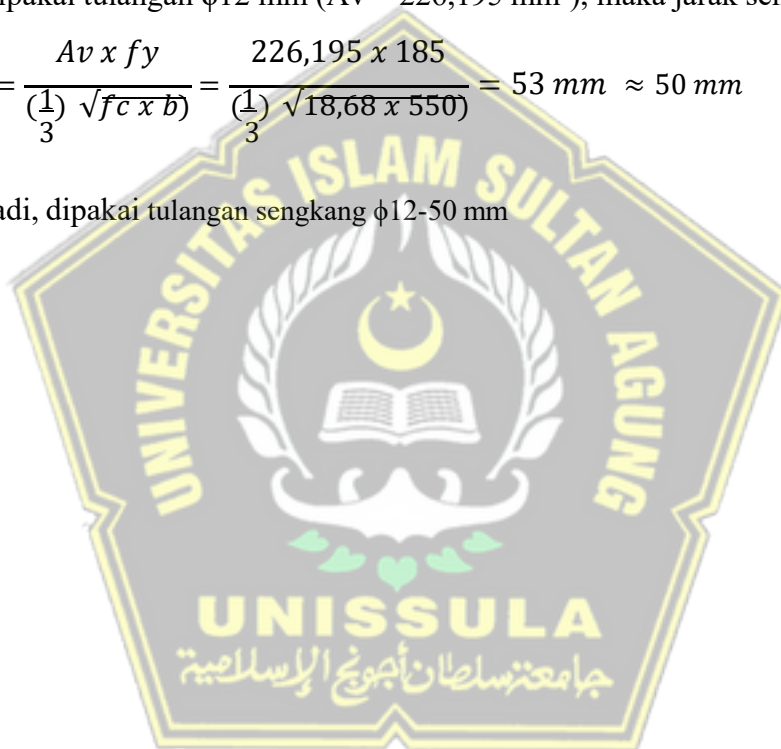
$$S_{\max} = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2} \times 550 = 275 \text{ mm (d diganti b)}$$

$$\begin{aligned} A_{v\min} &= \frac{\frac{1}{(3)} \sqrt{f_c \times b \times s}}{f_y} \\ &= \frac{\frac{1}{(3)} \sqrt{18,68 \times 550 \times 275}}{185} = 1165,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 12$ mm ($A_v = 226,195 \text{ mm}^2$), maka jarak sengkang

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{f_c \times b}} = \frac{226,195 \times 185}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{18,68 \times 550}} = 53 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai tulangan sengkang $\phi 12$ -50 mm



4.4 Perhitungan Diafragma

Dalam pembebanannya, diafragma ini tidak menahan beban luar apapun kecuali berat sendiri balok diafragma tersebut.

a) Data Perencanaan

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$p = 3 \text{ cm (selimut beton)}$$

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$BJ \text{ beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi \text{ tulangan utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$d = h - p - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

$$= 600 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \times 16 = 552$$

$$q_d = 1,2 \times 0,35 \times 0,552 \times 2400 = 556,4 \text{ kg/m} = 5564 \text{ N/m}$$

b) Perhitungan Tulangan Utama

$$M = \frac{1}{2} q L^2 = \frac{1}{2} \times 5564 \times (1,2)^2 = 1001,5 \text{ Nm} = 1001500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1001500}{200 \times 552^2} = 0,016 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} (1) \times \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,016}{0,85 \times 18,68}} = 0,001$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,007$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,007 \times 200 \times 552$$

$$= 772,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 16$ dengan luas penampang ($A_s = 201 \text{ mm}^2$)

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{As}{A} = \frac{772,8}{201} = 3,8 \approx 4$$

Dipakai tulangan 4 (φ16)

$$As_1 = n.A$$

$$= 4 \times 201 = 804$$

c) Perhitungan Tulangan Pembagi

Tulangan Pembagi = 0,2 x As tulangan utama

$$= 0,2 \times 804 = 160,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai φ13 (A = 133 mm²)

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{As}{A} = \frac{160,8}{133} = 1,2 \approx 2$$

Dipakai tulangan 2 (φ13)

d) Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser

$$\text{- Beban mati} = \frac{1}{2} \times 2136 \times 42 = 44856 \text{ kg}$$

$$\text{- Balok melintang} = 1,2 \times 1386 = 1663,2 \text{ kg}$$

$$\text{- Beban hidup (P)} = \frac{1}{2} \times 4655 = 2327,5 \text{ kg}$$

$$\text{- Beban mati} = \frac{1}{2} \times 672 \times 42 = 14112 \text{ kg}$$

$$\text{- V} = 62958,5 \text{ kg} = 629,585 \text{ N}$$

$$Vu = 629585 \text{ N}$$

$$Vn = \frac{Vu}{0,6} = \frac{629585}{0,6} = 1049308,33 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c \times b \times d}$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68 \times 200 \times 552} = 76344,4 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,6 \times 76344,4$$

$$= 45806,64 \text{ N}$$

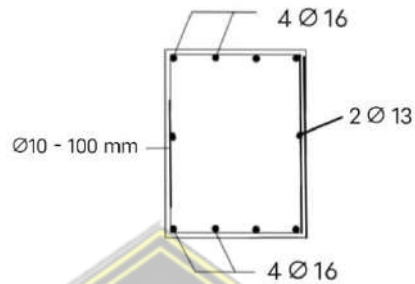
$$Vu < \phi Vc$$

629585 N > 45806,64 N (maka perlu sengkang)

Dipakai tulangan $\phi 10$ ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{f_c \times b}} = \frac{157 \times 185}{\left(\frac{1}{3}\right) \sqrt{18,68 \times 200}} = 101,82 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai tulangan sengkang $\phi 10$ -100 mm

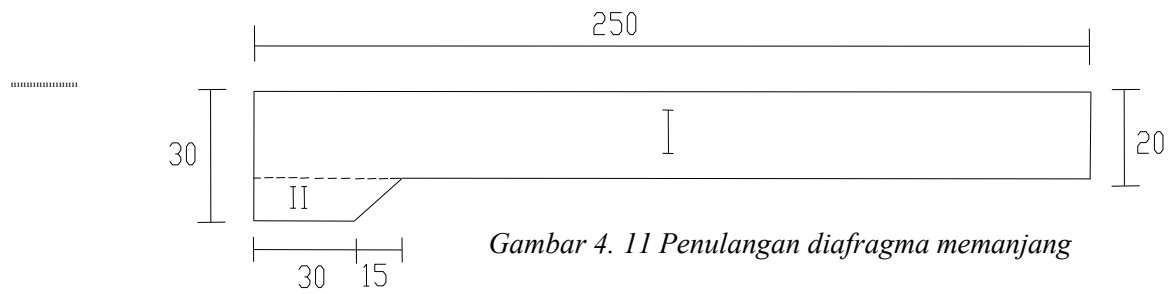


Gambar 4. 9 Penulangan diafragma melintang



Gambar 4. 10 Penulangan diafragma memanjang

4.5 Perhitungan Plat Injak



Gambar 4. 11 Penulangan diafragma memanjang

Berat sendiri plat injak

$$I = 0,2 \times 1 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}$$

$$II = \left(\frac{0,45 \times 0,3 \times 0,1}{2} \right) \times 1 \times 2400 = 90 \text{ kg/m}$$

$$= 570 \text{ kg/m}$$

a) Pembebanan Plat Injak

$$\text{Berat aspal} = 0,09 \times 1 \times 2200 = 198 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat agregat} = 0,4 \times 1 \times 1450 = 580 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri plat} = 570 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma q = 1370 \text{ kg/m} = 1,37 \text{ ton}$$

Beban terpusat (P)

$$P = 12 \text{ ton} \rightarrow \text{PPJJR N0.12/1987}$$

$$M = \frac{1}{8} q l^2 + \frac{1}{4} P L$$

$$= \frac{1}{8} 1,37 \times (2,5)^2 + \frac{1}{4} 12 \times 2,5$$

$$= 8,57 \text{ t/m} = 85,7 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

b) Penulangan

$$L = 2,5 \text{ m}$$

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

$$P = 3 \text{ cm (tebal selimut beton)}$$

$$\Phi \text{ tulangan rencana} = 13 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

$$= 200 - 30 - \frac{1}{2} 13 = 163,5$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{85,7 \times 10^6}{1000 \times 163,5^2} = 3,2 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,2}{0,85 \times 18,68}} = 0,032$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,032$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,032 \times 1000 \times 163,5$$

$$= 5232 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A_s = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A_s \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{5232} = 25,42 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13-20$

- Tulangan bagi

Tulangan Pembagi = $0,2 \times A_s$ tulangan utama

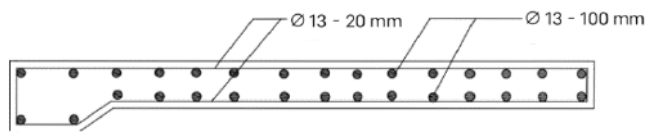
$$= 0,2 \times 5232 = 1046,4 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A_s = 133 \text{ mm}^2$)

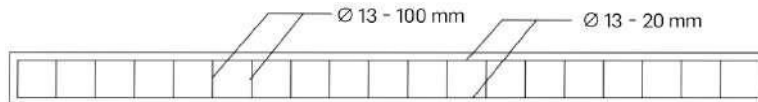
Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A_s \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1046,4} = 127,10 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13-100$



Gambar 4. 12 Penulangan plat injak arah melintang



Gambar 4. 13 Penulangan plat injak arah memanjang



4.6 Perhitungan Abutment

4.6.1 Data Perencanaan

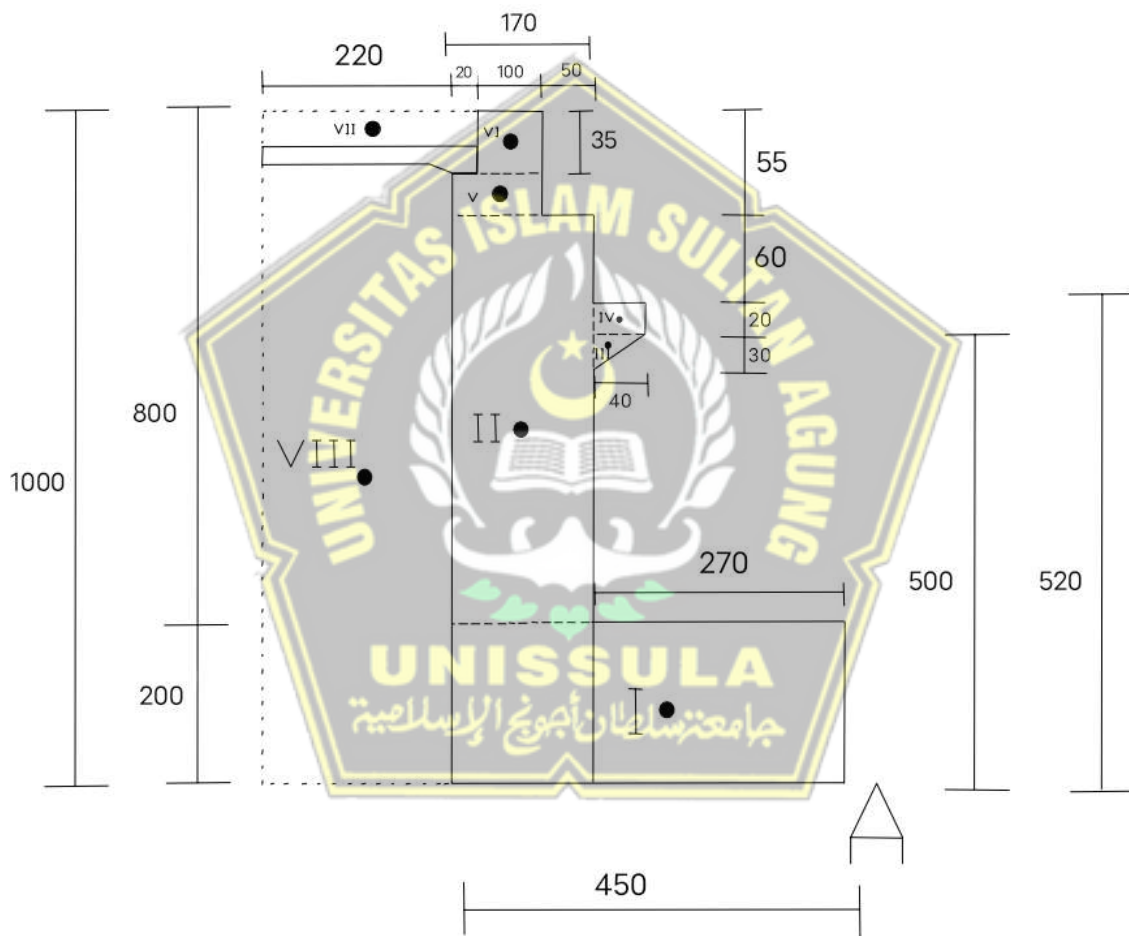
Tipe jembatan = Jembatan beton

Panjang bentang jembatan = 42 m

Lebar jembatan = 3,5 m

4.6.2 Pembebanan Abutment

- Gaya vertikal
 - Gaya akibat berat sendiri abutment



Gambar 4.14 Titik berat abutment

Berikut ini disajikan tabel perhitungan titik berat abutment.

No	b	h	A	x	y	A.x	A.y	W
1	4,5	2	9	2,5	0,7	25,2	6,3	237,6
2	1,7	7,45	12,665	1	4,5	12,665	56,99	334,356
3	0,4	0,3	0,12	2,3	6,5	0,276	0,78	3,168
4	0,4	0,2	0,08	2,3	6,8	0,184	0,544	2,112
5	1,2	0,2	0,24	0,5	8	0,12	1,92	6,336
6	1	0,35	0,35	0,8	9,5	0,28	3,325	9,24
Total			22,455			29,179	69,859	592,812

$$W = A \times L \times \gamma \quad L = 12 \text{ m (panjang total abutment)}$$

$$\gamma = 2,4$$

Titik berat abutment

$$x = \frac{\sum Ax}{\sum A} = \frac{29,179}{22,455} = 1,3 \text{ m}$$

$$y = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{69,859}{22,455} = 3,1 \text{ m}$$

$$\text{Berat abutment} = 592,812 \text{ t}$$

$$\text{Gaya terhadap titik x} = 592,812 \times 1,3 = 770,65 \text{ tm}$$

$$\text{Gaya terhadap titik y} = 592,812 \times 3,1 = 1837,71 \text{ tm}$$

- Beban mati akibat konstruksi atas

$$\text{Lantai kendaraan} = 0,2 \times 3,5 \times 2,4 = 1,68 \text{ t}$$

$$\text{Air hujan} = 0,05 \times 3,5 \times 42 \times 1 = 7,35 \text{ t}$$

$$\text{Trotoar} = 2 \times 1 \times 42 \times 2 = 168 \text{ t}$$

$$\text{Pipa sandaran} = 4 \times 42 \times 5,08 \times 10^{-3} = 0,853 \text{ t}$$

$$\text{Tiang sandaran} = 0,15 \times 0,2 \times 0,5 \times 2,4 \times 26 = 0,936 \text{ t}$$

$$\text{Gelagara memanjang} = 4 \times 1,386 \times 42 = 232,848 \text{ t}$$

$$\text{Air hujan} = 6 \times 0,35 \times 0,8 \times 3,5 \times 2,4 = 14,112 \text{ t}$$

$$\Sigma P = 425,779 \text{ t}$$

$$\text{Beban mati yang diterima abutment } R_{VD} = \frac{425,779}{2} = 212,889 \text{ t}$$

- Beban hidup akibat konstruksi atas

- Beban merata

$$q = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (L-30) \right\} = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (42-30) \right\} = 1,98 \text{ t/m}$$

$$L > 30 \text{ m,}$$

karena lebar lantai jembatan <5,5 m maka muatan q adalah 100%

$$q' = \frac{5,5}{2,75} \times 1,98 \times 100 \% = 3,96 \text{ t/m}$$

- Beban garis = 12 t (PPJIR 1987)

karena lebar lantai jembatan <5,5 m maka muatan q adalah 100%

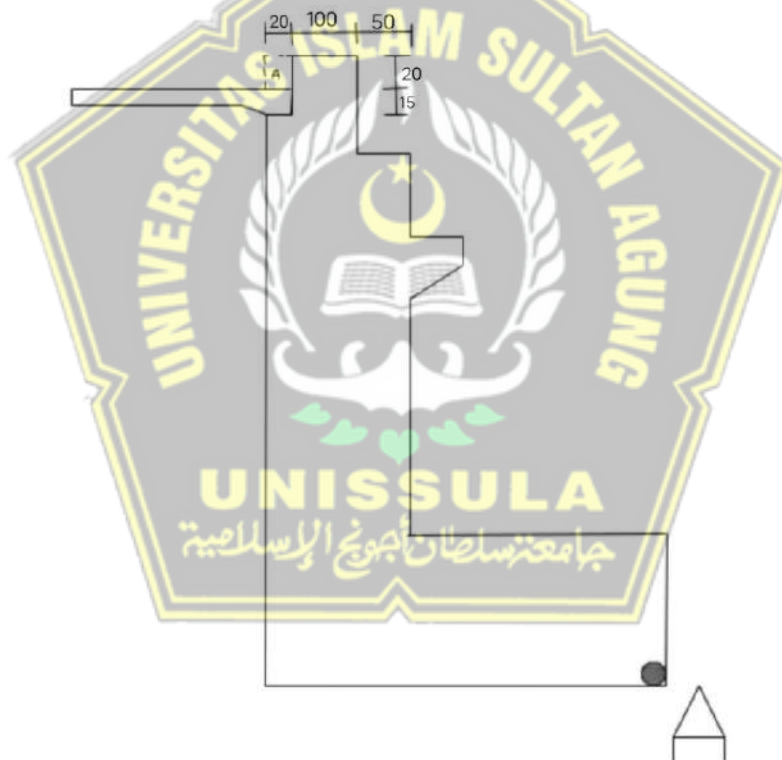
$$K = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+42} = 1,217$$

$$P = \frac{12 \times 0,75 \times 3,5}{2,75} + \frac{2 \times (12 \times 0,75 \times 3,5) \times 0,5}{2,75} \times 1,217 = 27,869$$

$$\text{Beban hidup total} = (26 \times 3,96 + 27,869) \times 2 = 261,658$$

$$\text{Beban tiap abutment} = \frac{261,658}{2} = 130,829 \text{ t}$$

- Berat tanah vertikal



Gambar 4.15 Beban akibat beban tanah di atas abutment

$$W = A.L.\gamma$$

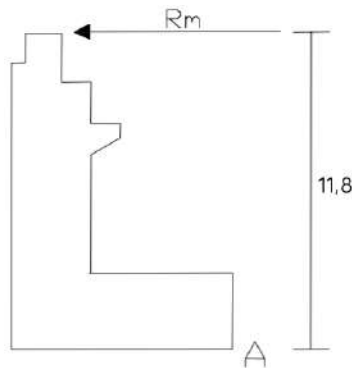
$$L = 12 \text{ m (Panjang total abutment)}$$

$$\gamma (\text{tanah urug}) = 1,6 \text{ t/m}^2$$

Segmen	b	h	A	W	x	y	Wx	Wy
Tanah (A)	0,2	0,35	0,07	1,344	4,5	9	6,048	12,096

- Gaya horizontal

- a) Gaya rem dan traksi



Gambar 4.16 Beban akibat gaya rem dan traksi

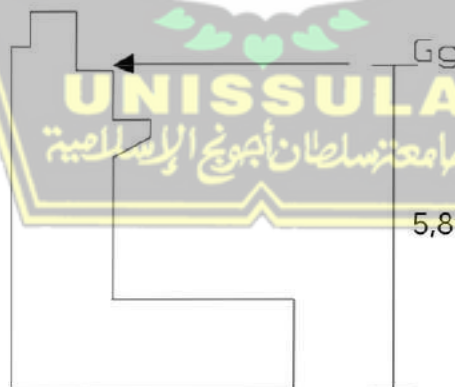
Dihitung 5% dari beban D tanpa koefesien kejut dengan titik tangkap 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan

$$Rm = 5\% \left(216 + \frac{27,869}{1,217} \right) = 11,94t$$

Jarak titik A, $y = 10 + 1,8 = 11,8 \text{ m}$

$$MRm = 11,94 \times 11,8 = 140,892 \text{ t}$$

- b) Gaya gesekan pada tumpuan



Gambar 4.17 Gaya akibat gaya geser pada tumpuan

$F = 0,25 \times \text{beban mati} \rightarrow 0,25 = \text{koefesien gesek (PPJJR 1987,pasal 2.6.2)}$

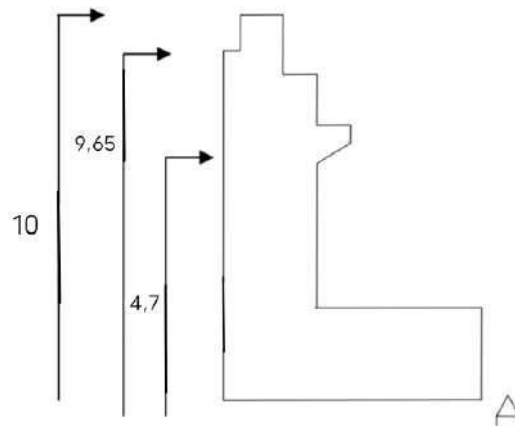
$$= 0,25 \times 212,889$$

$$= 53,22 \text{ t}$$

Jarak titik A, $y = 5,8 \text{ m}$

$$MGg = 53,22 \times 5,8 = 308,676 \text{ t}$$

c) Gaya akibat gempa



Gambar 4.18 Beban akibat gempa

$$T = C \times W$$

T = Gaya horizontal akibat gempa (ton)

C = Koefesien gempa = 0,10

W = Muatan mati dari bagian konstruksi yang ditinjau (ton)

- Gaya gempa terhadap bangunan atas

$$W_{ba} = 212,889 \text{ t}$$

$$T_{ba} = C \times W = 0,10 \times 212,889 = 21,28 \text{ t}$$

$y = 9,65$ (lengan gaya titik A)

$$M_{ba} = W \times y = 21,28 \times 9,65 = 205,352 \text{ tm}$$

- Gaya gempa terhadap abutment

$$W = 592,812 \text{ t}$$

$$T_{ab} = C \times W = 0,10 \times 592,812 = 59,2812 \text{ t}$$

$y = 4,7$ (lengan gaya titik A)

$$M_{ab} = W \times y = 59,2812 \times 4,7 = 278,62 \text{ tm}$$

- Gaya gempa terhadap beban tanah

$$W_{ta} = 1,344 \text{ t}$$

$$T_{ta} = C \times W = 0,10 \times 1,3444 = 0,1344 \text{ t}$$

$y = 10$ (lengan gaya titik A)

$$M_{ta} = T \times y = 0,1344 \times 10 = 1,344 \text{ tm}$$

d) Gaya tekanan tanah aktif

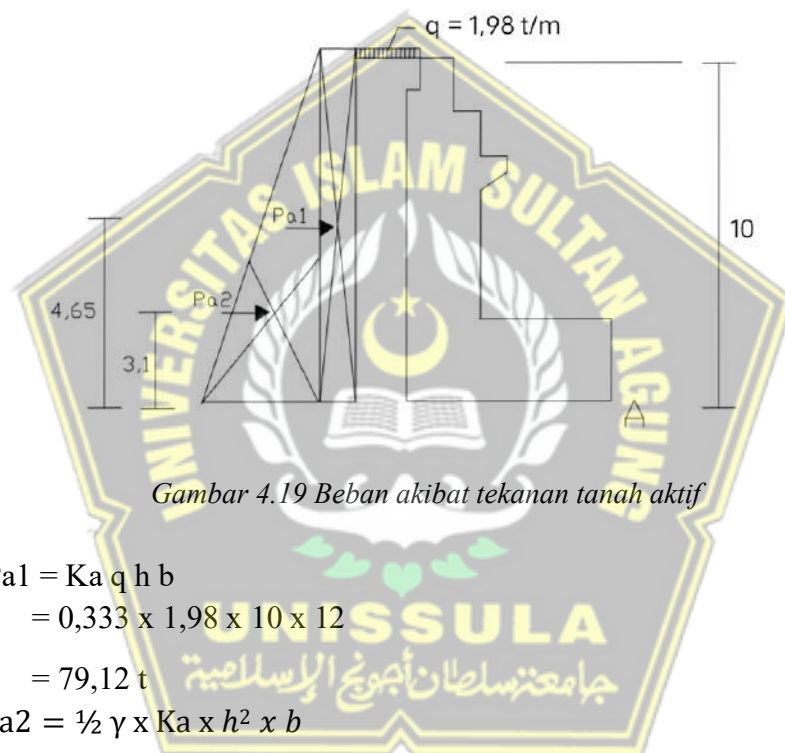
$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,6 \text{ t/m}^2$$

$$b = 12 \text{ m (panjang abutment)}$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,333$$



Gambar 4.19 Beban akibat tekanan tanah aktif

$$Pa1 = K_a q h b$$

$$= 0,333 \times 1,98 \times 10 \times 12$$

$$= 79,12 \text{ t}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \gamma \times K_a \times h^2 \times b$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,333 \times (10)^2 \times 12$$

$$= 319,68 \text{ t}$$

$$\Sigma P = 398,8 \text{ t}$$

$$\text{Titik berat dari titik A (y)} = \frac{(79,12 \times 4,65) + (319,68 \times 3,1)}{398,8} = 4,24 \text{ m}$$

- Kombinasi pembebanan

Kestabilan konstruksi harus ditinjau berdasarkan komposisi pembebanan dan gaya yang mungkin akan terjadi. Kombinasi pembebanan pada perencanaan abutment sesuai dengan aturan yang tercantum dalam PPJRR 1987 halaman 21.

Tabel 4.3 Kombinasi pembebanan dan gaya

No	Kombinasi pembebanan	Tegangan yang dipakai terhadap tegangan ijin
I	M+Hk+Ta	100%
II	M+Ta+Ah+Gg+SR+Tm	125%
III	Kombinasi (I)+Rm+Gg	140%
IV	M+Gh+Tag+Gg	150%

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya I yang bekerja pada abutment.

Tabel 4.4 Kombinasi pembebanan dan gaya I

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
Jenis	Bagian	V	H	x	y	Mv	Mh
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
HK		130,829	-	3,1	-	405,569	-
Ta		-	398,8	-	4,24	-	1690,912
Total		937,874	398,8	-	-	1841,323	1690,912

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya II yang bekerja pada abutment.

Tabel 4.5 Kombinasi pembebanan dan gaya II

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen TM	
Jenis	Bagian	V	H	x	y	Mv	Mh
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
Ta		-	398,8	-	4,24	-	1690,912
Gg	Gg	-	53,22		5,8	308,676	-
Total		807,045	452,02	-	-	1744,43	1690,912

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya III yang bekerja pada abutment.

Tabel 4.6 Kombinasi pembebanan dan gaya III

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
		V	H	x	y	Mv	Mh
Kombinasi I		937,874	398,8	-	-	1841,323	1690,912
Rm	-	-	11,94	-	11,8	-	140,892
Gg	Gg	-	53,22	-	5,8	-	308,676
Total		937,874	463,96	-	-	1841,323	2140,48

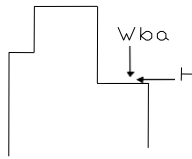
Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya IV yang bekerja pada abutment.

Tabel 4.7 Kombinasi pembebanan dan gaya IV

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
		V	H	x	y	Mv	Mh
Jenis	Bagian	-	-	-	-	-	-
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
Gh	Tba	-	21,28	-	9,65	-	205,352
	Tab	-	59,2812	-	4,7	-	278,62
	Tta	-	0,1344	-	10	-	1,344
Gg	Gg	-	53,22	-	5,8	-	308,676
Total		807,045	133,9156	-	-	1435,754	793,992

- Penulangan abutment

1. Penulangan kepala abutment



Gambar 4.20 Pembebanan kepala abutment

- Gaya rem = 11,94 t

$$M_r = 11,94 \times 10 = 119,4 \text{ tm}$$

- Beban mati konstruksi atas

$$M_{ba} = 659,95 \text{ tm}$$

- Beban hidup

$$W = 130,829 \text{ t}$$

$$M_{qL} = 130,829 \times 1,3 = 170,07 \text{ tm}$$

- Gaya horizontal akibat beban gempa

$$M_g = 308,676 \text{ tm}$$

$$M_{total} = 119,4 + 659,95 + 170,07 + 308,676$$

$$= 1258,096 \text{ tm} = 12580960 \text{ Nm}$$

$$M_n = \frac{M_{total}}{L_{abutment}} = \frac{12580960}{12} = 1048413,333 \text{ Nm} = 1048413333 \text{ Nmm}$$

Data perencanaan:

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$d = 1000 - 30 - \frac{1}{2} 22 \times 10 = 949 \text{ mm}$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1048413333}{1000 \times (949)^2} = 1,16 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85f_c}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,16}{0,85 \times 18,68}} = 0,0112$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0112$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0112 \times 1000 \times 949$$

$$= 10628,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ dengan luas penampang ($A = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380 \times 1000}{10628,8} = 35,75 \approx 30 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22 - 30 \text{ mm}$

- Tulangan bagi

Tulangan bagi = $0,2 \times A_s$ tulangan utama

$$= 0,2 \times 10628,8 = 2125,76 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{2125,76} = 62,5 \approx 60 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13 - 60 \text{ mm}$

- Tulangan geser

Syarat diperlukan tulangan geser

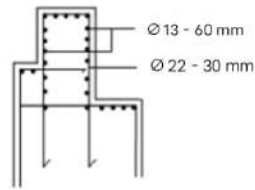
$$V_u > \phi V_c$$

$$P_u = 1,05 \times W_{ba}$$

$$= 1,05 \times 212889 = 223533 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times f_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68} = 0,430$$

$$V_u = \frac{p_u}{b \cdot d} = \frac{223533}{1000 \times 949} = 0,2 < \phi V_c, \text{ maka tidak perlu tulangan geser}$$



Gambar 4.21 Penulangan kepala abutment

2. Penulangan badan abutment

Penulangan badan abutment ditinjau terhadap momen yang terjadi di dasar badan abutment. Dari tabel kombinasi pembebanan dan gaya diperoleh (ambil dengan nilai M_h terbesar (kombinasi III))

$$P_V = 937,874 \text{ t}$$

$$P_H = 463,96 \text{ t}$$

$$M_H = 2140,48 \text{ t}$$

Data perencanaan:

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$d = 1000 - 30 - \frac{1}{2} 22 \times 10 = 949 \text{ mm}$$

$$R_I = 0,85 \times f_c$$

$$= 0,85 \times 18,68 = 15,878 \text{ Mpa}$$

$$M_H = 2140,48 \text{ t} = 2140480 \text{ N}$$

$$M_u = \frac{MH}{Labutment} = \frac{2140480}{12} = 178373,333 \text{ Nm} = 178373333 \text{ Nmm}$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{178373333}{1000 \times (949)^2} = 0,198 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85f_c}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,198}{0,85 \times 18,68}} = 0,0016$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{min} > \rho_{perlu}$, dipakai $\rho_{min} = 0,007$

$$A_s = \rho \text{ bd}$$

$$= 0,007 \times 1000 \times 949$$

$$= 6643 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ dengan luas penampang ($A = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380 \times 1000}{6643} = 57,2 \approx 50 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22 - 50 \text{ mm}$

- Tulangan bagi

Tulangan bagi = $0,2 \times A_s$ tulangan utama

$$= 0,2 \times 6643 = 1328,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1328,6} = 100,1 \approx 100 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13 - 100 \text{ mm}$

- Tulangan geser

Syarat diperlukan tulangan geser

$$V_u > \phi V_c$$

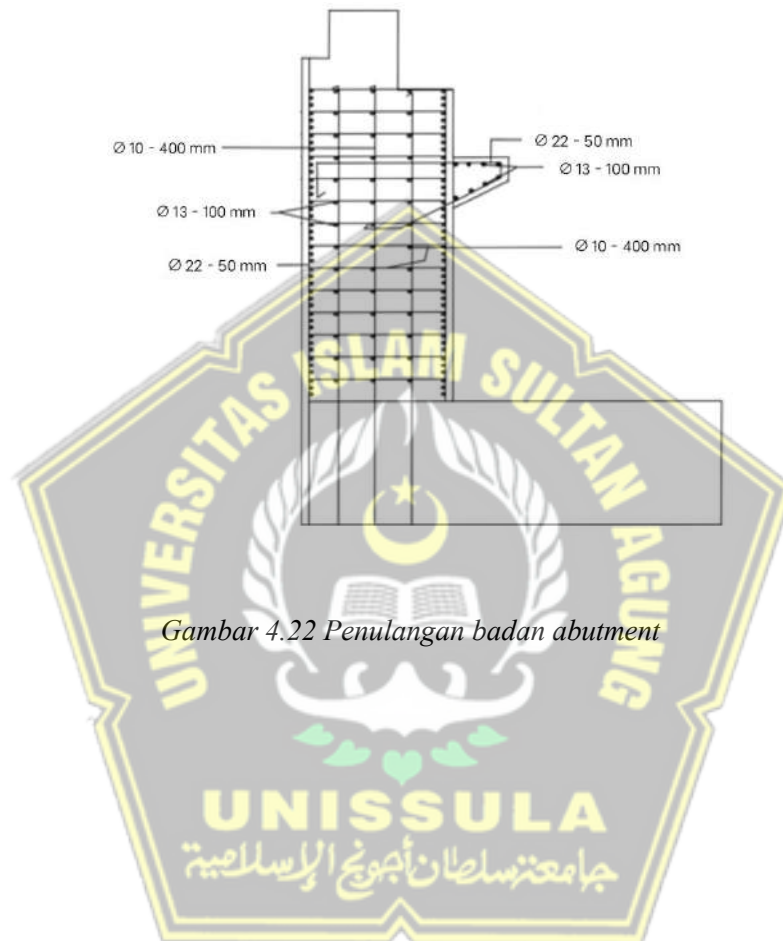
$$P_u = 1,05 \times H_{\max}$$

$$= 1,05 \times 463,96 = 487,158 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times f_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68} = 0,430$$

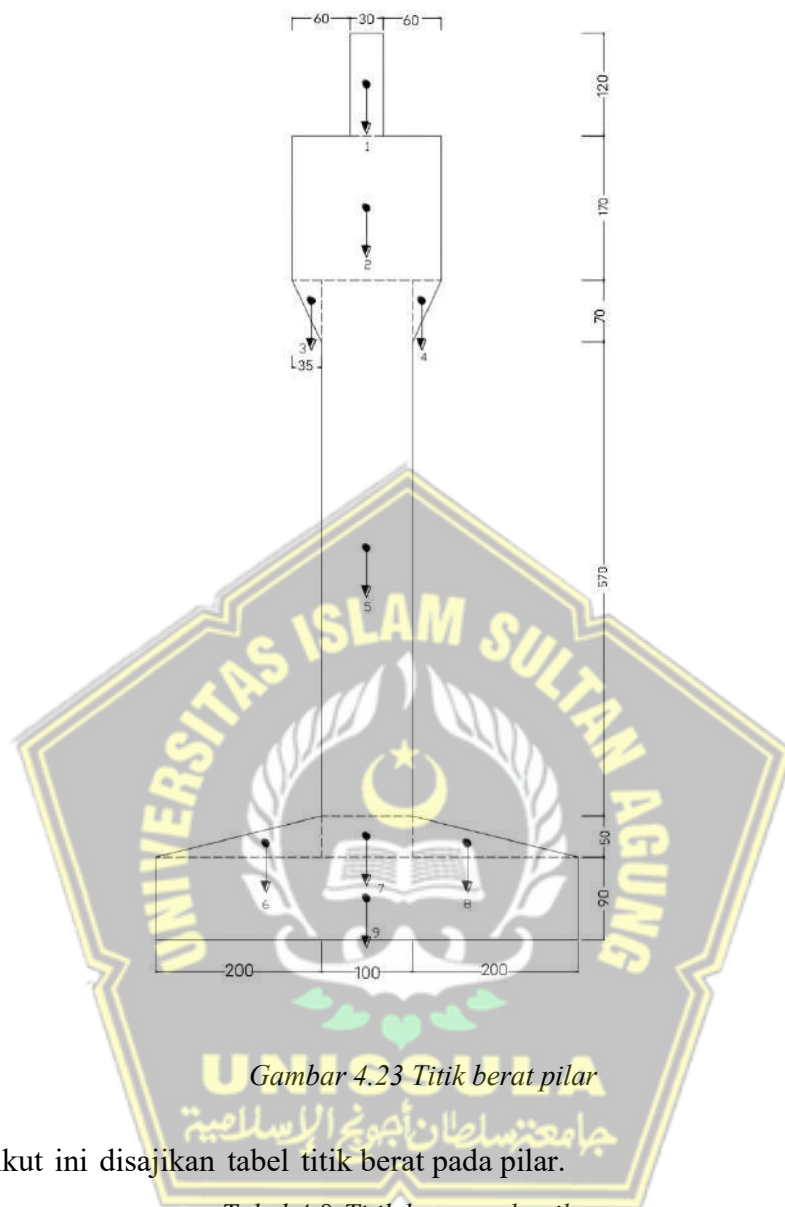
$$V_u = \frac{H_u}{bd} = \frac{487,158}{1000 \times 949} = 0,0005 < \phi V_c, \text{ maka tidak perlu tulangan geser}$$

Dipakai tulangan geser praktis $\phi 10$ -400



Gambar 4.22 Penulangan badan abutment

4.7 Perhitungan Pilar



Berikut ini disajikan tabel titik berat pada pilar.

Tabel 4.8 Titik berat pada pilar

NO	VOLUME	Lengan (m)	Momen (tm)
1	$0,3 * 1,2 * 1$	2,55	2,295
2	$1,5 * 1,7 * 1$	2,55	16,25
3	$0,4 * 0,35 * 0,7 * 1$	3,12	0,76
4	$0,4 * 0,35 * 0,7 * 1$	1,56	0,38
5	$1,0 * 6,4 * 1$	2,55	40,8
6	$0,5 * 0,5 * 2 * 1$	3,67	4,5875
7	$1,0 * 0,5 * 1$	2,55	3,1875
8	$0,5 * 0,5 * 2 * 1$	1,23	1,5375
9	$1,0 * 5,0 * 1$	2,55	31,875

Berat pilar = 592,812 t

$$x = 1,3 \text{ m}$$

$$y = 3,1 \text{ m}$$

Gaya terhadap titik x = $592,812 \times 1,3 = 770,65 \text{ tm}$

Gaya terhadap titik y = $592,812 \times 3,1 = 1837,71 \text{ tm}$

- Beban mati akibat konstruksi atas

$$\text{Lantai kendaraan} = 0,2 \times 3,5 \times 2,4 = 1,68 \text{ t}$$

$$\text{Air hujan} = 0,05 \times 3,5 \times 42 \times 1 = 7,35 \text{ t}$$

$$\text{Trotoar} = 2 \times 1 \times 42 \times 2 = 168 \text{ t}$$

$$\text{Pipa sandaran} = 4 \times 42 \times 5,08 \times 10^{-3} = 0,853 \text{ t}$$

$$\text{Tiang sandaran} = 0,15 \times 0,2 \times 0,5 \times 2,4 \times 26 = 0,936 \text{ t}$$

$$\text{Gelagara memanjang} = 4 \times 1,386 \times 42 = 232,848 \text{ t}$$

$$\text{Air hujan} = 6 \times 0,35 \times 0,8 \times 3,5 \times 2,4 = 14,112 \text{ t}$$

$$\Sigma P = 425,779 \text{ t}$$

$$\text{Beban mati yang diterima pilar } R_{VD} = \frac{425,779}{2} = 212,889 \text{ t}$$

- Beban hidup akibat konstruksi atas

- Beban merata

$$q = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (L-30) \right\} = 2,2 \text{ t/m} - \left\{ \left(\frac{11}{60} \right) \times (42-30) \right\} = 1,98 \text{ t/m}$$

$$L > 30 \text{ m,}$$

karena lebar lantai jembatan $< 5,5 \text{ m}$ maka muatan q adalah 100%

$$q' = \frac{5,5}{2,75} \times 1,98 \times 100 \% = 3,96 \text{ t/m}$$

- Beban garis = 12 t (PPJIR 1987)

karena lebar lantai jembatan $< 5,5 \text{ m}$ maka muatan q adalah 100%

$$K = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+42} = 1,217$$

$$P = \frac{12 \times 0,75 \times 3,5}{2,75} + \frac{2 \times (12 \times 0,75 \times 3,5) \times 0,5}{2,75} \times 1,217 = 27,869$$

$$\text{Beban hidup total} = (26 \times 3,96 + 27,869) \times 2 = 261,658$$

$$\text{Beban tiap pilar} = \frac{261,658}{2} = 130,829 \text{ t}$$

- Gaya horizontal

- Gaya rem dan traksi

Dihitung 5% dari beban D tanpa koefesien kejut dengan titik tangkap 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan

$$Rm = 5\% \left(216 + \frac{27,869}{1,217} \right) = 11,94t$$

$$\text{Jarak titik A, } y = 10 + 1,8 = 11,8 \text{ m}$$

$$MRm = 11,94 \times 11,8 = 140,892 \text{ t}$$

- Gaya gesekan pada tumpuan

$$F = 0,25 \times \text{beban mati} \rightarrow 0,25 = \text{koefesien gesek (PPJIR 1987, pasal 2.6.2)}$$

$$= 0,25 \times 212,889$$

$$= 53,22 \text{ t}$$

$$\text{Jarak titik A, } y = 5,8 \text{ m}$$

$$MGg = 53,22 \times 5,8 = 308,676 \text{ t}$$

- Gaya akibat gempa

$$T = C \times W$$

$$T = \text{Gaya horizontal akibat gempa (ton)}$$

$$C = \text{Koefesien gempa} = 0,10$$

$$W = \text{Muatan mati dari bagian konstruksi yang ditinjau (ton)}$$

- Gaya gempa terhadap bangunan atas

$$Wba = 212,889 \text{ t}$$

$$Tba = C \times W = 0,10 \times 212,889 = 21,28 \text{ t}$$

$$y = 9,65$$

$$Mba = W \times y = 21,28 \times 9,65 = 205,352 \text{ tm}$$

- Gaya gempa terhadap pilar

$$W = 592,812 \text{ t}$$

$$Tab = C \times W = 0,10 \times 592,812 = 59,2812 \text{ t}$$

$$y = 4,7$$

$$Mab = W \times y = 59,2812 \times 4,7 = 278,62 \text{ tm}$$

- Gaya gempa terhadap beban tanah

$$Wta = 1,344 \text{ t}$$

$$Tta = C \times W = 0,10 \times 1,344 = 0,1344 \text{ t}$$

$$y = 10$$

$$Mta = T \times y = 0,1344 \times 10 = 1,344 \text{ tm}$$

- Gaya tekanan tanah aktif

$$\gamma \text{ tanah} = 1,6 \text{ t/m}^2$$

$$b = 12 \text{ m (panjang pilar)}$$

$$\emptyset = 30^\circ$$

$$Ka = Tg^2 \left(45 - \frac{\emptyset}{2} \right)$$

$$Ka = Tg^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,333$$

$$Pa1 = Ka \times q \times h \times b$$

$$= 0,333 \times 1,98 \times 10 \times 12$$

$$= 79,12 \text{ t}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \gamma \times Ka \times h^2 \times b$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,333 \times (10)^2 \times 12$$

$$= 319,68 \text{ t}$$

$$\Sigma P = 398,8 \text{ t}$$

$$\text{Titik berat dari titik A (y)} = \frac{(79,12 \times 4,65) + (319,68 \times 3,1)}{398,8} = 4,24 \text{ m}$$

- Kombinasi pembebanan

Kestabilan konstruksi harus ditinjau berdasarkan komposisi pembebanan dan gaya yang mungkin akan terjadi. Kombinasi pembebanan pada perencanaan pilar sesuai dengan aturan yang tercantum dalam PPJJR 1987 halaman 21.

Tabel 4.9 Kombinasi pembebanan dan gaya

No	Kombinasi pembebanan	Tegangan yang dipakai terhadap tegangan ijin
I	M+Hk+Ta	100%
II	M+Ta+Ah+Gg+SR+Tm	125%
III	Kombinasi (I)+Rm+Gg	140%
IV	M+Gh+Tag+Gg	150%

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya I yang bekerja pada pilar.

Tabel 4.10 Kombinasi pembebanan dan gaya I

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
Jenis	Bagian	V	H	x	y	Mv	Mh
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
HK		130,829	-	3,1	-	405,569	-
Ta		-	398,8	-	4,24	-	1690,912
Total		937,874	398,8	-	-	1841,323	1690,912

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya II yang bekerja pada pilar.

Tabel 4.11 Kombinasi pembebanan dan gaya II

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen TM	
Jenis	Bagian	V	H	x	y	Mv	Mh
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
Ta		-	398,8	-	4,24	-	1690,912
Gg	Gg	-	53,22		5,8	308,676	-
Total		807,045	452,02	-	-	1744,43	1690,912

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya III yang bekerja pada pilar.

Tabel 4.21 Kombinasi pembebanan dan gaya III

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
		V	H	x	y	Mv	Mh
Kombinasi I		937,874	398,8	-	-	1841,323	1690,912
Rm	-	-	11,94	-	11,8	-	140,892
Gg	Gg	-	53,22	-	5,8	-	308,676
Total		937,874	463,96	-	-	1841,323	2140,48

Berikut ini disajikan tabel kombinasi dari pembebanan dan gaya IV yang bekerja pada pilar.

Tabel 4.13 Kombinasi pembebanan dan gaya IV

Beban		Gaya (P)		Jarak terhadap acuan (A)		Momen (Tm)	
		V	H	x	y	Mv	Mh
Jenis	Bagian	-	-	-	-	-	-
M	Wab	592,812	-	1,3	-	769,756	-
	Wba	212,889	-	3,1	-	659,95	-
	Wt	1,344	-	4,5	-	6,048	-
Gh	Tba	-	21,28	-	9,65	-	205,352
	Tab	-	59,2812	-	4,7	-	278,62
	Tta	-	0,1344	-	10	-	1,344
Gg	Gg	-	53,22	-	5,8	-	308,676
Total		807,045	133,9156	-	-	1435,754	793,992

- Penulangan pilar

1. Penulangan kepala pilar

- Gaya rem = 11,94 t

$$M_r = 11,94 \times 10 = 119,4 \text{ tm}$$

- Beban mati konstruksi atas

$$M_{ba} = 659,95 \text{ tm}$$

- Beban hidup

$$W = 130,829 \text{ t}$$

$$M_{qL} = 130,829 \times 1,3 = 170,07 \text{ tm}$$

- Gaya horizontal akibat beban gempa

$$M_g = 308,676 \text{ tm}$$

$$M_{total} = 119,4 + 659,95 + 170,07 + 308,676$$

$$= 1258,096 \text{ tm} = 12580960 \text{ Nm}$$

$$M_n = \frac{M_{total}}{L_{pilar}} = \frac{12580960}{12} = 1048413,333 \text{ Nm} = 1048413333 \text{ Nmm}$$

Data perencanaan:

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$d = 1000 - 30 - \frac{1}{2} 22 \times 10 = 949 \text{ mm}$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1048413333}{1000 \times (949)^2} = 1,16 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,16}{0,85 \times 18,68}} = 0,0112$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0112$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0112 \times 1000 \times 949 \\ &= 10628,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ dengan luas penampang ($A = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380 \times 1000}{10628,8} = 35,75 \approx 30 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22 - 30 \text{ mm}$

- Tulangan bagi

$$\begin{aligned} \text{Tulangan bagi} &= 0,2 \times A_s \text{ tulangan utama} \\ &= 0,2 \times 10628,8 = 2125,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{2125,76} = 62,5 \approx 60 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13 - 60 \text{ mm}$

- Tulangan geser

Syarat diperlukan tulangan geser

$$V_u > \phi V_c$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,05 \times W_{ba} \\ &= 1,05 \times 212889 = 223533 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times f_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68} = 0,430$$

$$V_u = \frac{p_u}{b d} = \frac{223533}{1000 \times 949} = 0,2 < \phi V_c, \text{ maka tidak perlu tulangan geser}$$

2. Penulangan badan pilar

Penulangan badan pilar ditinjau terhadap momen yang terjadi di dasar badan pilar. Dari tabel kombinasi pembebanan dan gaya diperoleh (ambil dengan nilai M_h terbesar (kombinasi III))

$$P_V = 937,874 \text{ t}$$

$$P_H = 463,96 \text{ t}$$

$$M_H = 2140,48 \text{ t}$$

Data perencanaan:

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$d = 1000 - 30 - \frac{1}{2} 22 \times 10 = 949 \text{ mm}$$

$$R_I = 0,85 \times f_c$$

$$= 0,85 \times 18,68 = 15,878 \text{ Mpa}$$

$$M_H = 2140,48 \text{ t} = 2140480 \text{ N}$$

$$M_u = \frac{M_H}{L_{\text{pilar}}} = \frac{2140480}{12} = 178373,333 \text{ Nm} = 178373333 \text{ Nmm}$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{178373333}{1000 \times (949)^2} = 0,198 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 18,68}{185} \times (1) \times \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,198}{0,85 \times 18,68}} = 0,0016$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}, \text{ dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,007$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,007 \times 1000 \times 949$$

$$= 6643 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ dengan luas penampang ($A = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380 \times 1000}{6643} = 57,2 \approx 50 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22 - 50 \text{ mm}$

- Tulangan bagi

Tulangan bagi = $0,2 \times A_s$ tulangan utama

$$= 0,2 \times 6643 = 1328,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1328,6} = 100,1 \approx 100 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13 - 100 \text{ mm}$

- Tulangan geser

Syarat diperlukan tulangan geser

$$V_u > \phi V_c$$

$$P_u = 1,05 \times H_{\max}$$

$$= 1,05 \times 463,96 = 487,158 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} f_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \sqrt{18,68} = 0,430$$

$$V_u = \frac{H_u}{bd} = \frac{487,158}{1000 \times 949} = 0,0005 < \phi V_c, \text{ maka tidak perlu tulangan geser}$$

Dipakai tulangan geser praktis $\phi 10-400$

4.8 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

4.8.1 Gaya yang Bekerja

$$P = 937,874 \text{ t}$$

4.8.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tiang individu ditinjau berdasarkan

- Kekuatan bahan tiang

$$\phi \text{ tiang} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang} = 24 \text{ m}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_{bk} \text{ (kekuatan beton karateristik)} = 186,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{b} \text{ (tegangan ijin bahan tiang)} = 0,33 \times 186,8 = 61,644 \text{ kg/cm}^2$$

$$A \text{ tiang} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 30^2 = 706,5 \text{ cm}^2$$

$$K = \pi \times d = 3,14 \times 30 = 94,2 \text{ cm}$$

$$P \text{ tiang} = 61,644 \times 706,5 = 43,551 \text{ kg} \approx 43,6 \text{ t}$$

- Daya dukung tanah

Rumus Begemann (1965):

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{q_c \times A}{3} + \frac{K \times T_f}{4} \\ &= \frac{140 \times 706,5}{3} + \frac{94,2 \times 1994}{5} \\ &= 70536,96 \text{ kg} = 70,536 \text{ t} \end{aligned}$$

Keterangan :

A = luas total tiang pancang

K = keliling tiang pancang

Tf : JHL = total friction rata sepanjang tiang = 1994 kg/m

qc = conus resistance rata ujung tiang = 140 kg/cm²

- Daya dukung kelompok tiang pancang

$$n = \frac{p}{Q_{all}} = \frac{937,874}{70,536} = 13,296 \text{ buah} = 14 \text{ buah}$$

Keterangan :

$$P = 937,874 \text{ t}$$

$$Q_{all} = 70,536 \text{ t}$$

Efisiensi tiang berdasarkan rumus dari Uniform Building Code (AASHO)

Syarat,

$$\eta = 1 - \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right\} \times \theta$$

$$= 1 - \left\{ \frac{(7-1)2 + (2-1)7}{90 \times 2 \times 7} \right\} \times 18,26 = 0,726$$

Keterangan :

$$\theta = \text{Arc. tg } \frac{D}{S} = \text{Arc. tg } \frac{0,3}{0,9} = 18,26^\circ$$

d = diameter tiang pancang = 0,30 m

$$m = 2$$

$$n = 7$$

$$Q_g = n \times Q_{all} \times \eta$$

$$= 14 \times 70,536 \times 0,726 = 716,93 \text{ t}$$

- Daya dukung tiap tiang pada kelompok tiang

$$P_{ult} \geq Q_g$$

$$937,65 \text{ t} \geq 716,93 \text{ t} \text{ (tidak aman kemudian tambahkan pile jd 20)}$$

$$\eta = 1 - \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right\} \times \theta$$

$$= 1 - \left\{ \frac{(5-1)4 + (4-1)5}{90 \times 4 \times 5} \right\} \times 18,26 = 0,685$$

Keterangan :

$$\theta = \text{Arc. tg } \frac{D}{S} = \text{Arc. tg } \frac{0,3}{0,9} = 18,26^\circ$$

d = diameter tiang pancang = 0,30 m

$$m = 4$$

$$n = 5$$

$$Q_g = n \times Q_{all} \times \eta$$

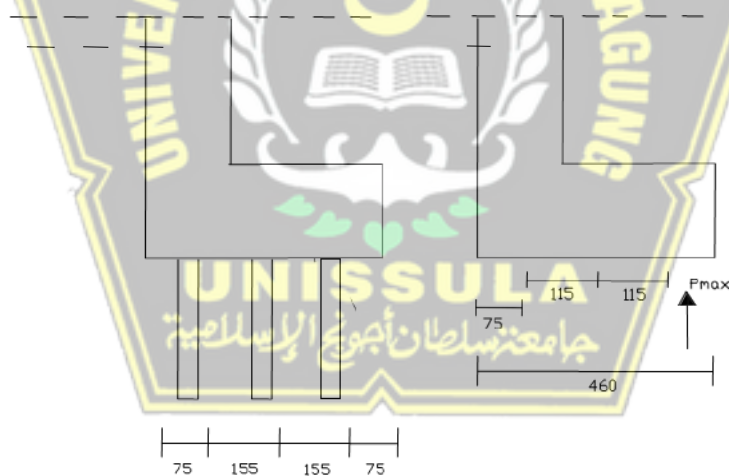
$$= 20 \times 70,536 \times 0,685 = 966,34 \text{ t}$$

- Daya dukung tiap tiang pada kelompok tiang

$$P_{ult} \geq Q_g$$

$$937,65 \text{ t} < 966,34 \text{ t} \text{ (aman ... ok)}$$

4.8.3 Penulangan Poer Abutment



Gambar 4.24 Poer abutment

$$M_u = \frac{81,638}{0,8} = 102,0475 \text{ tm} = 1020475 \text{ Nmm}$$

Data perencanaan:

$$f_y \text{ baja U32} = 185 \text{ Mpa}$$

$$f_c \text{ beton K225} = 18,68 \text{ Mpa}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$p = 40 \text{ mm}$ (selimut beton)

ϕ tulangan utama = 22 mm

$$d = 1200 - 40 - \frac{1}{2} 22 = 1149 \text{ mm}$$

- Tulangan utama

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1020475}{1000 \times (1149)^2} = 0,0007 \text{ Mpa}$$
$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{185} = 0,007$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, dipakai $\rho_{\min} = 0,007$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,007 \times 1000 \times 1149$$

$$= 8043 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ dengan luas penampang ($A = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380 \times 1000}{8043} = 47,24 \approx 50 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22 - 50 \text{ mm}$

- Tulangan bagi

Tulangan bagi = $0,2 \times A_s$ tulangan utama

$$= 0,2 \times 8043 = 1608,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan luas penampang ($A = 133 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{133 \times 1000}{1608,6} = 82,7 \approx 100 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13 - 100 \text{ mm}$

- Tulangan geser

Syarat diperlukan tulangan geser

$$V_u > \phi V_c$$

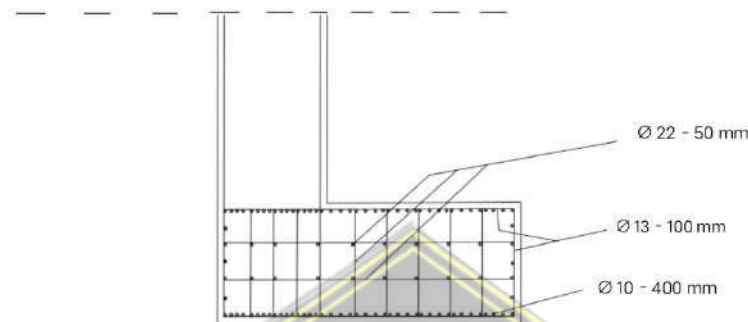
$$P_u = 1,05 \times (W_{ba} + W_{ab})$$

$$= 1,05 \times (212,889 + 592,812) = 845,986 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times f_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68} = 0,430$$

$$V_u = \frac{P_u}{bd} = \frac{845986}{1000 \times 1149} = 0,7 > \phi V_c, \text{ maka tidak perlu tulangan geser}$$

Dipakai tulangan geser praktis $\phi 10-400$



Gambar 4. 25 Penulangan poer abutment



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan perhitungan pada pembahasan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Jembatan Beton Sokokidul Demak” dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Panjang tiang sandaran 18 cm, lebar 12 cm dan tinggi 50 cm, Panjang trotoar 2,5 m, lebar 100 cm, dan tinggi 25 cm, Panjang plat lantai kendaraan 2,5 m, lebar 4,5 m, dan tinggi 20 cm, Panjang gelagar 42 m, lebar 3,5 m, Panjang plat injak 2,5 m, lebar 30 cm, dan tinggi 20 cm
2. Panjang kepala abutment atas 12 m, lebar 100 cm, dan tinggi 35 cm, Panjang badan abutment 12 m, lebar 170 cm dan tinggi 580 cm, Panjang pilar 12 m, lebar 150 cm dan tinggi 10,7 m, Panjang poer abutment 12 m, lebar 450 cm dan tinggi 200 cm, Panjang tiang pancang 24 m, diameter 30 cm

5.2 Saran

Saran yang penulis ambil dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan struktur atas jembatan sebaiknya menggunakan program SAP 2000 sebagai perbandingan.
2. Pada saat perhitungan tipe jembatan beton sebaiknya menggunakan referensi tipe jembatan lain, misalnya tipe jembatan baja.

DAFTAR PUSTAKA

Asiyanto, 2008. *Metode Konstruksi Jembatan Beton*, UI Press, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Jenderal Bina Marga. 2008. *Perencanaan struktur Beton Bertulang untuk Jembatan*.

Departemen Pekerjaan Umum. RSNI T-02-2005: Standar Pembebanan untuk Jembatan. Badan Litbang PU.

Gunawan, R. 1983, *Pengantar Teknik Pondasi*. Kanisius, Yogyakarta.

Longa, N. (2015). Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya

Pengantar Dan Prinsip – Prinsip Perencanaan Bangunan bawah / Pondasi Jembatan, 1988.

Struyk, J.H., Van Der Veen, W.C.H.K., 1984, alih bahasa Soemargono, *Jembatan*, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.

Sunggono, KH. 1984, *Mekanika Tanah*. Nova, Bandung.

Supryadi, B., Muntohar A.S., 2007, *Jembatan*, Beta Offset, Yogyakarta

Vis, W.C., Gideon. 1993, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

<https://www.wika-beton.co.id/artikel-det/Jembatan-Gelagar-Bagian-dari-Sejarah-Panjang-Produk-WIKA-Beton14/ind>