

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintah Provinsi Jambi bekerjasama dengan Pemerintah Kabupaten Sarolangun membuat suatu program pembangunan pada bidang pertanian di Kabupaten Sarolangun. Program pembangunan bidang pertanian tersebut perlu didukung infrastruktur bidang pertanian yang baik, diantaranya adalah ketersediaan jaringan irigasi teknis yang baik demi ketersediaan air untuk pertanian.

Melalui Balai Wilayah Sungai Sumatera (BWSS) VI Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) maka dibangun infrastruktur sumber daya air berupa Bendungan Batang Asai dan Jaringan Daerah Irigasi Batang Asai yang terletak di Kecamatan Cermin Nan Gedang Kabupaten Sarolangun, dimana pembangunan bendungan dan jaringan irigasi ini akan mampu mengairi sekitar 5.850 Ha lahan persawahan.

Pembangunan Bendungan Batang Asai pada bagian hulu atau daerah genangan bendung berdampak pada perubahan trase jalan raya yaitu ruas jalan Simpang Pelawan - Batang Asai yang mana juga mengakibatkan 1 (satu) unit jembatan dengan bentang 25 meter harus dipindahkan atau dibangun baru.

Begitu juga pada pembangunan jaringan irigasi yaitu pada jaringan saluran primer juga berdampak pada beberapa ruas jalan desa dan jalan milik salah satu perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA), dimana

saluran primer irigasi memotong ruas jalan desa dan ruas jalan perusahaan PMA tersebut.

Perpotongan ruas jalan desa dan jalan perusahaan PMA dengan jaringan irigasi primer, maka harus dibangun konstruksi jembatan agar jalan tersebut tetap dapat berfungsi seiring berfungsinya jaringan irigasi tersebut.

Dari beberapa jembatan yang perlu dibangun yang melintasi jaringan irigasi, salah satu yang akan dilalui lalu lintas kendaraan berat adalah pada ruas jalan perusahaan PMA, sedangkan untuk jembatan yang lainnya adalah jembatan untuk lalu lintas kendaraan ringan bobot maksimum 2 (dua) ton dan jembatan untuk pejalan kaki atau kendaraan roda dua atau roda tiga.

Jembatan pada ruas jalan perusahaan PMA memotong saluran irigasi primer dengan lebar saluran 10 meter sehingga perlu dibangun jembatan dengan bentang antara 12,00 – 14,00 meter dengan alternatif konstruksi bangunan atas jembatan adalah konstruksi komposit baja-beton atau konstruksi beton bertulang. Volume lalu lintas pada ruas jalan perusahaan ini sangat kecil akan tetapi sering dilalui kendaraan berat jenis trailer dengan bobot total sampai 45 (empat puluh lima) ton, sehingga lebar jembatan yang akan dibangun adalah 4,50 meter tanpa trotoar.

Dengan berbagai pertimbangan khususnya biaya dan waktu pelaksanaan maka pihak BWSS 6 akan membangun jembatan tersebut dengan konstruksi komposisi baja beton dengan bentang 12,00 meter.

Berdasarkan pada uraian diatas, maka Penulis mencoba membuat suatu analisa perhitungan perencanaan konstruksi bangunan atas jembatan komposit baja-beton tersebut yang terdiri dari gelagar utama profil baja I

dan plat lantai beton bertulang yang selanjutnya dituangkan dalam tugas akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu “Bagaimana merencanakan konstruksi bangunan atas jembatan dengan balok utama mempergunakan profil baja I yang dikompositkan dengan plat beton untuk jembatan pada ruas jalan perusahaan PMA yang berpotongan dengan jaringan irigasi primer di Kecamatan Cermin Nan Gedang Kabupaten Sarolangun.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

Merencanakan konstruksi Jembatan yang menggunakan balok profil baja komposit dengan bentang 12,00 meter untuk lalu lintas kendaraan pada ruas jalan perusahaan PMA di Kecamatan Cermin Nan Gedang Kabupaten Sarolangun sesuai dengan persyaratan pembebanan jembatan yang telah ditetapkan pada SNI 1725 Tahun 2016

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Merencanakan dan menghitung Konstruksi bangunan atas jembatan yang terdiri dari : pipa dan tiang sandaran, plat lantai kendaraan dan balok memanjang.
2. Pembebanan Jembatan berdasarkan SNI 1725 Tahun 2016
3. Perencanaan dan perhitungan balok memanjang jembatan sistem komposit baja-beton dengan sistem terlayang.

4. Tidak melakukan perencanaan dan perhitungan bangunan bagian bawah jembatan atau pondasi dan abutment.
5. Tidak melakukan perhitungan anggaran biaya pembangunan jembatan

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menambah dan mengembangkan pengetahuan Penulis dalam bidang Teknik Sipil khususnya tentang perhitungan dan perencanaan Konstruksi Jembatan komposit baja beton.
2. Untuk mengetahui langkah-langkah penyelesaian perhitungan pada Jembatan sesuai dengan persyaratan dan peraturan yang berlaku di Indonesia.

1.6 Lokasi Studi

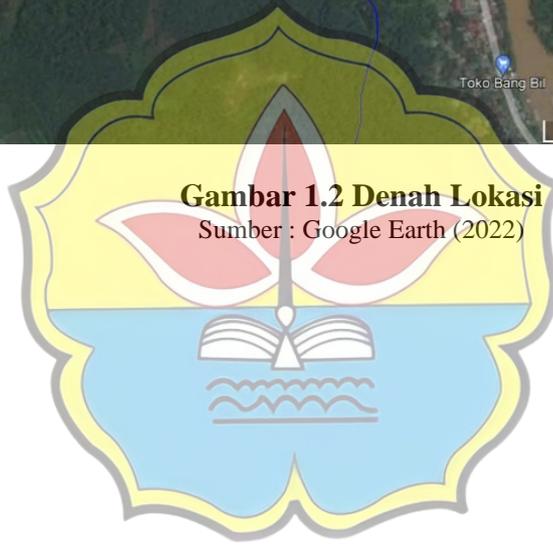
Lokasi studi ini terletak di ruas jalan perusahaan PMA di Kecamatan Cermin Nan Gedang Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi, yang dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 1.1 Peta Lokasi
Sumber : Google Maps (2022)



Gambar 1.2 Denah Lokasi
Sumber : Google Earth (2022)



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jembatan

Menurut H. J. Struyk (1984), Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan yang melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah dari permukaan jalan. Rintangan ini biasanya jalan lain seperti jalan air atau jalan lalu lintas biasa. Jembatan yang merupakan bagian dari jalan, sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan ekonomis.

Keamanan jembatan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan dalam perancangan jembatan. Beban primer, beban sekunder dan beban khusus harus diperhitungkan dalam perancangan jembatan agar memiliki ketahanan dalam menopang beban-beban tersebut. Keselamatan dan keamanan pengguna jembatan menjadi hal penting yang harus diutamakan.

Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, dari bentuk sederhana sampai yang paling kompleks, demikian juga bahan-bahan yang digunakan mulai dari bambu, kayu, beton dan baja. Penggunaan bahan baja untuk saat-saat sekarang maupun di masa mendatang, untuk struktur jembatan akan memberikan keuntungan yang berlebih terhadap perkembangan serta kelancaran sarana transportasi antar daerah maupun antar pulau yang ada diseluruh Indonesia.

2.2 Sejarah Tentang Jembatan

Menurut B. Supriyadi dan A. S. Muntohar (2016), dapat dikatakan bahwa sejarah jembatan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi sekarang ini. Jembatan, sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (*structure engineering*), diawali dengan proses “*cut and try*” atau banyak orang mengatakan proses “*try and fail*”.

Perkembangan jembatan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Jembatan zaman purba

Pemikiran pada peradaban zaman purba telah menjadi sumbangan yang sangat bernilai bagi teknologi jembatan. Manusia zaman purba melintasi sungai dengan memasang pilar-pilar batu, kayu gelondongan, atau pohon yang tumbang dengan bentang yang sangat pendek. Manusia purba juga memanfaatkan akar-akar atau ranting-ranting pohon sebagai jembatan gantung untuk bergelantungan melompati dari satu pohon ke pohon lain.

2. Periode Romawi Kuno

Zaman romawi kuno dimulai dari tahun 300 SM dan berlangsung kurang lebih selama 600 Tahun. Teknologi jembatan pada periode ini, telah membangun jembatan dari kayu, batu dan beton. Untuk jembatan batu dan beton, bentuknya sama seperti periode jembatan purba yaitu berbentuk lengkung (*arch*). Namun periode ini, telah berhasil mengatasi permasalahan rumit yang ada, seperti membuat konstruksi yang dibangun di atas pilar yang berada di bawah air dan melindunginya dari bahaya banjir.

3. Periode zaman pertengahan

Zaman pertengahan di Eropa berlangsung dari abad ke-11 sampai dengan abad ke-16 sesudah runtuhnya Romawi. Secara fisik konstruksi jembatan pada periode ini tidak jauh berbeda dengan periode Romawi kuno. Bentuk jembatan lengkung dan pilar-pilar batu masih sering digunakan pada jembatan periode ini.

4. Teknologi jembatan zaman besi dan baja

Era jembatan besi dan baja jalan dengan adanya revolusi industri. Pada zaman ini jembatan besi dibangun dengan menggunakan prinsip-prinsip bentuk lengkung, terutama untuk jembatan jalan raya namun pada era ini sudah menggunakan kantilever pada konstruksi. Pada era ini jembatan menggunakan berbagai macam komponen dan sistem struktur baja : deck, girder, rangka batang, pelengkung, penahan dan penggantung kabel. Jembatan besi yang pertama kali dibangun adalah jembatan Coalbrookdale yang melintasi sungai Severn, Inggris pada tahun 1776 yang dibangun dengan bagian yang berbeda yang berbentuk setengah lingkaran.

2.3 Jenis-Jenis Jembatan

Jembatan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk struktur atas jembatan yang telah berkembang hingga saat ini, seperti yang diuraikan berikut ini, antara lain :

1. Jembatan lengkung-batu (*stone arch bridge*)

Jembatan pelengkung (busur) dari bahan batu, telah ditemukan pada masa lampau, di masa Babylonia. Pada perkembangannya jembatan jenis ini semakin banyak ditinggalkan, jadi saat ini hanya berupa sejarah.

2. Jembatan Rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Jembatan rangka kayu, hanya terbatas untuk mendukung beban yang tidak terlalu besar. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka menggunakan rangka baja, dengan berbagai macam bentuk.

3. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kebutuhan transportasi, manusia mengembangkan tipe jembatan gantung, yaitu dengan memanfaatkan kabel-kabel baja. Tipe ini tentunya sangat menguntungkan bila digunakan.

4. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dewasa ini, dengan kemajuan teknologi beton dimungkinkan untuk memperoleh bentuk penampang beton yang beragam bahkan dalam kenyataan sekarang jembatan beton ini tidak hanya berupa beton bertulang konvensional saja, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.

5. Jembatan *haubans/cable stayed*

Jembatan tipe ini sangat baik dan menguntungkan bila digunakan untuk jembatan bentang panjang. Kombinasi penggunaan kabel dan dek beton prategang merupakan keunggulan jembatan tipe ini.

2.4 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan

Secara umum konstruksi jembatan memiliki dua bagian utama yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban-beban lalu lintas yang bekerja. Sedangkan bangunan bawah adalah konstruksi yang menerima beban-beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke lapisan pendukung atau tanah keras di bawahnya.

2.4.1 Bangunan Atas Jembatan (*upper structure*)

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi yang menopang beban - beban akibat lalu lintas kendaraan, orang, barang ataupun berat sendiri konstruksi jembatan. Konstruksi yang termasuk dalam bangunan atas adalah:

a. Sistem Tiang sandaran

Sistem tiang sandaran terdiri dari pipa sandaran dan tiang sandaran. Pipa-pipa sandaran terdiri dari 2 atau 3 buah pipa berdiameter 3 inchi yang dipasang pada tiang sandaran yang berfungsi sebagai pagar pengaman lalu lintas orang dan kendaraan yang melewati jembatan. Tiang sandaran berfungsi sebagai perletakan dari pipa-pipa sandaran. Tinggi tiang sandaran berkisar antara 125 -145 cm dengan lebar 16 cm dan tebal 10 cm. Tiang sandaran ini dipasang pada jarak 2,0 meter

b. Trotoar

Trotoar adalah bagian yang digunakan sebagai lintasan pejalan kaki. Pada pembangunan jembatan berdasarkan standar Bina Marga Kementerian PUPR, lebar trotoar yang digunakan berkisar antara 0,5 - 1,0 meter dan tinggi 30 cm dari lantai kendaraan. Lantai trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran beban trotoar dan beban pejalan kaki.

c. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah bagian tengah dari plat jembatan yang berfungsi sebagai perlintasan kendaraan. Lebar jalur untuk kendaraan berdasarkan ketentuan Bina Marga untuk jalan 2 lajur 2 arah berkisar antara 4,50 – 7,00 meter.

d. Gelagar Jembatan

Gelagar jembatan terdiri dari 2 jenis gelagar yaitu gelagar induk atau gelagar memanjang utama dan gelagar melintang.

Gelagar induk atau balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun kendaraan yang melewati jembatan tersebut, sedangkan dimensi dari balok induk tergantung dari panjang bentang, bahan konstruksi dan kelas jembatan.

Gelagar terbagi atas gelagar memanjang dan gelagar melintang.

1. Gelagar melintang (diafragma) berfungsi untuk menahan beban dan gaya yang bekerja pada pelat lantai dan beban yang berasal dari beban hidup dan beban sendiri, sebagai pengikat antar gelagar

memanjang dan menjaga adanya gaya puntir akibat beban lantai jembatan.

2. Gelagar memanjang atau gelagar induk berfungsi mendukung beban yang bekerja di atasnya seperti beban kendaraan, beban mati dan beban hidup, gelagar melintang, pelat lantai, trotoar dan sandaran lalu mendistribusikan beban-beban tersebut ke perletakan.

e. Landasan atau Perletakan

Landasan atau perletakan jembatan adalah bagian ujung bawah dari suatu bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas kepada bangunan bawah. Menurut fungsinya dibedakan landasan sendi (*fixed bearing*) dan landasan gerak (*movable bearing*).

2.4.2 Bangunan Bawah Jembatan (*sub structure*)

Bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya ke pondasi. Yang termasuk dalam bangunan bawah jembatan yaitu :

a. Kepala jembatan (*Abutment*)

Kepala Jembatan atau Abutment adalah bangunan penahan tanah yang mendukung bangunan atas pada bagian ujung-ujung suatu jembatan. Bentuk umum abutment yang sering dijumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semua sama yaitu sebagai pendukung bangunan atas, tetapi yang paling dominan ditinjau dari kondisi

lapangan seperti daya dukung tanah dasar dan penurunan (*settlement*) yang terjadi. Adapun jenis abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok.

b. Pelat injak

Pelat injak adalah bagian dan bangunan jembatan bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima di atasnya secara merata ke tanah dibawahnya dan juga untuk mencegah terjadinya defleksi yang terjadi pada permukaan jalan.

c. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya. Dalam perencanaan suatu konstruksi atau bangunan yang kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- Daya dukung tanah serta sifat-sifat tanah.
- Jenis serta besar kecilnya bangunan yang dibuat.
- Keadaan lingkungan lokasi pelaksanaan.
- Peralatan yang tersedia.

Pondasi terbagi menjadi 2 bagian yaitu:

1. Pondasi Dangkal (Pondasi Langsung)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung bagian bawah secara langsung pada tanah. Pondasi ini dapat dibagi menjadi:

- Pondasi Menerus (*Continous Footing*)
- Pondasi Telapak (*Footing*)
- Pondasi Setempat (*Individual Footing*)

2. Pondasi Dalam (Pondasi Tak Langsung)

Pondasi dalam adalah beban pondasi yang dipikul akan diteruskan kelapisan tanah yang mampu memikulnya. Untuk menyalurkan beban bangunan tersebut kelapisan tanah keras maka dibuat suatu konstruksi penerus yang disebut pondasi tiang atau pondasi sumuran. Pondasi dalam terdiri dari:

1. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman > 8 meter, yang berdasarkan tes penyelidikan dilapangan.

2. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman 2-8 meter. Bentuk penampang pondasi ini adalah bundar, segi empat dan oval.

d. Dinding Sayap (*Wing Wall*)

Dinding sayap adalah bagian dan bangunan bawah jembatan yang berfungsi untuk menahan tegangan tanah dan memberikan kestabilan pada posisi tanah terhadap jembatan.

2.5 Klasifikasi Jembatan

Klasifikasi jembatan untuk lalu lintas jalan raya terdiri dari kelas A, B, dan C tergantung dari lebar lajur lalu lintas, dan pembebanan yang ditentukan.

Potongan melintang dari pada tipe jembatan tergantung pada lebar jalur lalu lintas, harus dirancang sebagai berikut :

1. Kelas A - Lebar lajur lalu lintas 2 x 3,50 m (lajur ganda) ditambah 2 x 1 m lebar trotoar untuk pejalan kaki dan sandaran pada kanan dan kiri, jembatan ini juga disebut jembatan BM – 100 (100 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988))
2. Kelas B - Lebar lajur lalu lintas 2 x 3,00 m (lajur ganda) ditambah 2 x 0,50 m lebar trotoar untuk pejalan kaki dan sandaran pada kanan dan kiri, jembatan ini juga disebut jembatan BM – 100 (100 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988))
3. Kelas C - Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 4,5 m yang terdiri dari lantai kendaraan 3,50 m dan lebar trotoar 2 x 0.5 m (kanan-kiri) atau lebar lantai kendaraan 4,50 meter tanpa trotoar, jembatan ini digunakan volume lalu lintas yang rendah, jembatan ini juga disebut BM – 70 (70 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988)).

2.6 Pembebanan Jembatan

Pembebanan jembatan ini akan berbicara tentang spesifikasi pembebanan yang membahas masalah beban dan aksi aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan.

a. Umum

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam SNI 1725 (2016) adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$.

Tabel 2.1 Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'_c < 35 \text{ Mpa}$	22,0-25,0	2320
	$35 < f'_c < 105 \text{ Mpa}$	$22 + 0,022 f'_c$	$2240 + 2,29 f'_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725 (2016)

Pengambilan kerapatan massa yang besar, aman untuk suatu keadaan batas akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban terkurangi. Akan tetapi, apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran nilai, dan nilai yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan

tepat, perencana harus memilih diantara nilai tersebut yang memberikan keadaan yang paling kritis.

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non-struktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban berkurang. Perencanaan jembatan harus menggunakan keahliannya didalam menentukan komponen-komponen tersebut.

b. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen - elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (y_{ms})			
	Keadaan Batas Layan (y_{ms}^s)		Keadaan Batas Ultimit (y_{ms}^u)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,90
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,70

Sumber : SNI 1725 (2016)

c. Beban Mati Tambahan/*Utilitas*

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada tabel 2.3 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

Tabel 2.3 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban (y_{ma})			
	Keadaan Batas Layan (y_{ma}^s)		Keadaan Batas Ultimit (y_{ma}^u)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
Catatan : faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas.				

Sumber : SNI 1725 (2016)

1. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar rencana.

2. Sarana lain di jembatan

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum ditempatkan pada jembatan harus dihitung seakurat mungkin. Berat pipa untuk saluran air

bersih, saluran air kotor dan lain-lainnya harus ditinjau pada keadaan kosong dan penuh sehingga keadaan yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

d. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur D terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT), adapun penjelasan beban lajur D sebagai berikut :

- Beban Terbagi Rata (BTR)

Mempunyai intensitas q kPa dengan besar q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

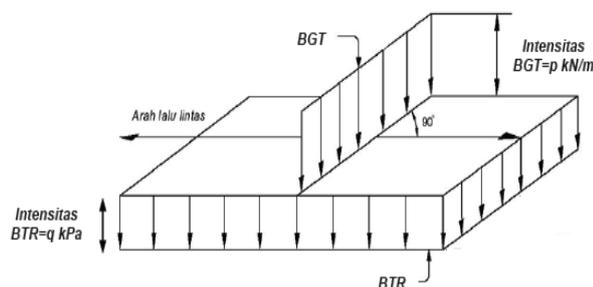
Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa

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

keterangan:

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.1 Beban Lajur (D)

Sumber : SNI 1725 (2016)

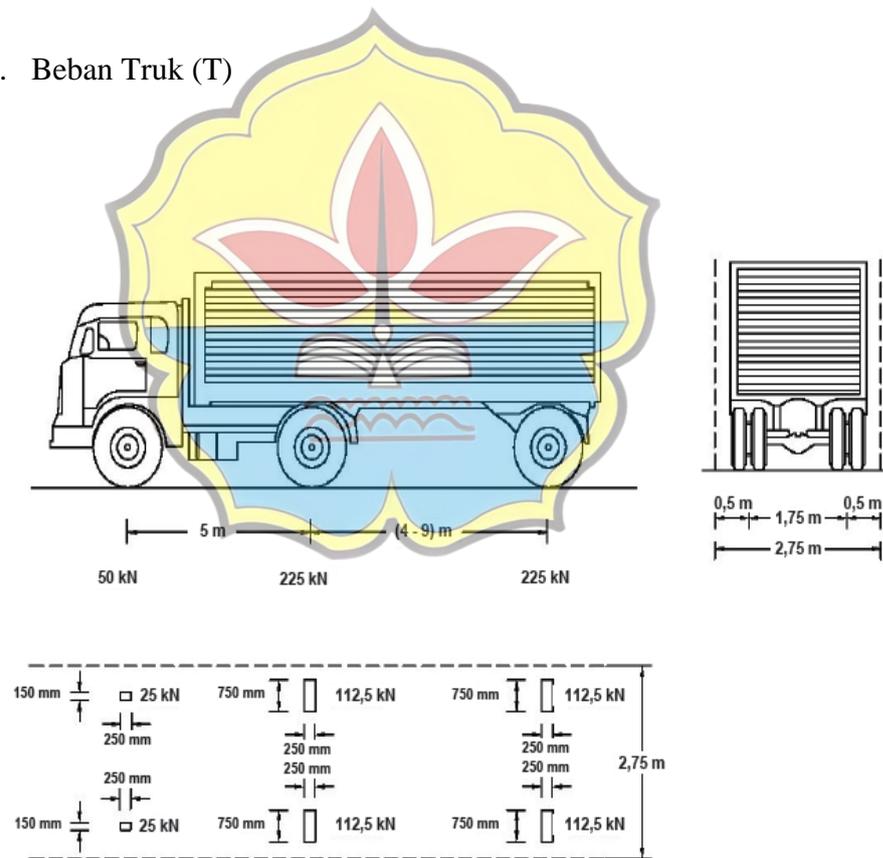
- Beban Garis Terpusat (BGT)

Dengan intensitas P kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas P adalah $49,0$ kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

- Penyebaran Beban (D) pada Arah Melintang

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum.

d. Beban Truk (T)



Gambar 2.2 Pembebanan truk “T” (500 kN)

Sumber : SNI 1725 (2016)

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.4. Berat dari masing – masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah – ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m, sesuai dengan keadaan lalu lintas yang ada.

2.7 Perencanaan Balok Jembatan

2.7.1 Balok Utama

1. Pembebanan

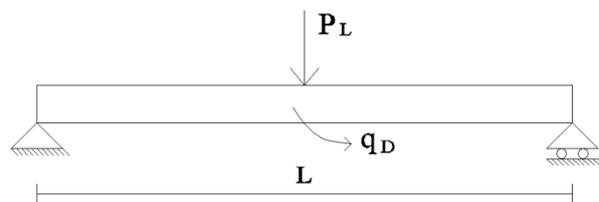
a) Beban mati

beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban mati terdiri atas sumbangan dari berat sendiri struktur plat lantai, perkerasan, air hujan, dan gelagar baja dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen.

b) Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban terbagi rata (BTR), dan beban garis terpusat (BGT).

c) Momen maksimum beban mati dan beban hidup



Gambar 2.3 Gaya Lintang Ditengah Bentang

Sumber : Data Olahan (2022)

$$M_{DL} = \left(\frac{1}{8} \times q_{DL} \times L^2\right) \times 1,2 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$M_{LL} = \left(\frac{1}{4} \times P_{LL} \times L\right) \times 1,6 \dots \dots \dots (2.2)$$

2.8 Teori Perhitungan Komposit

Penggunaan balok baja untuk menopang suatu pelat beton telah ditemukan sejak lama. Namun pada saat itu pelat beton dan balok baja tidak dihubungkan dengan suatu penghubung geser sehingga yang dihasilkan adalah suatu penampang non komposit. Pada penampang non komposit, pelat beton akan mengalami lendutan yang cukup besar disebabkan oleh besarnya beban yang harus dipikul oleh pelat beton tersebut. Seiring berkembangnya metode pengelasan yang baik serta ditemukannya alat-alat penghubung geser yang menahan gaya geser horizontal, maka lekatan antara pelat beton dan balok baja dapat ditingkatkan. Pada akhirnya kedua material ini (baja dan beton) akan menjadi satu komponen struktur yang disebut dengan komponen struktur komposit. Komponen struktur komposit ini dapat menahan beban sekitar 33 hingga 50% lebih besar daripada beban yang dapat dipikul oleh balok baja saja tanpa adanya perilaku komposit.

2.8.1 Lebar efektif plat beban kendaraan balok komposit

Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk balok-balok interior:

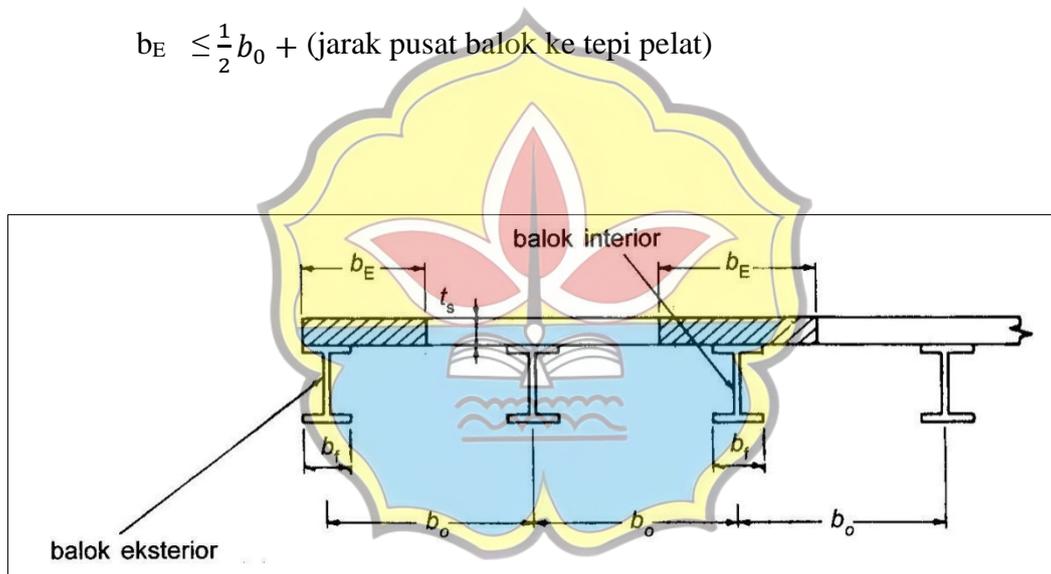
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_0$$

- b. Untuk balok-balok eksterior:

$$b_E \leq \frac{L}{8} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$



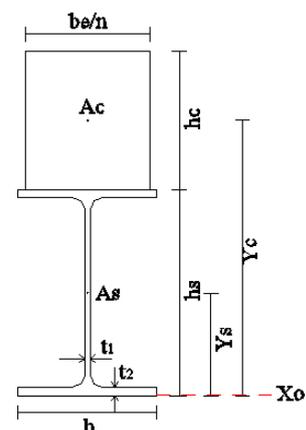
Gambar 2.4 Lebar Efektif Balok Komposit

Sumber : Agus Setiawan (2008)

Perhitungan analisa penampang komposit

$$A_c = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \right)$$

$$A_{tot} = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \right) + A_s$$



$$S_{xo} = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \times y_c \right) + (A_s \times y_s)$$

$$y_b = \frac{S_{xo}}{A_{tot}}$$

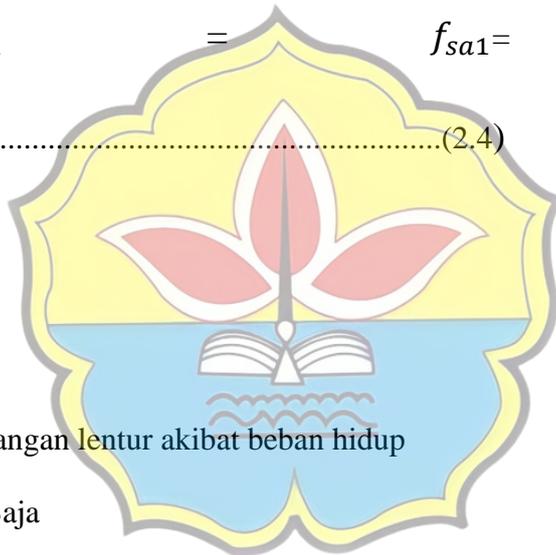
$$y_a = (h_s + h_c) - y_b$$

$$I_{xcomp} = \left(\frac{1}{12} \times \frac{b_e}{n} \times h_c^3 \right) + \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \times y_1^2 \right) + I_x + (A_s \times y_2^2) \dots\dots\dots(2.3)$$

Perhitungan tegangan lentur sistem terlayang

- Beban mati dipikul profil baja dan beban hidup di plat komposit
 - a. Tegangan lentur akibat beban mati pada baja

$$f_{sb1} = f_{sa1} = \frac{M_{DL}}{\phi \times W \times 1,1} \dots\dots\dots(2.4)$$



- b. Tegangan lentur akibat beban hidup

1) Baja

$$f_{sb2} = \frac{M_{LL} \times y_b}{\phi \times I_{xcomp} \times 1,1} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$f_{sa2} = \frac{M_{LL} \times y_3}{\phi \times I_{xcomp} \times 1,1} \dots\dots\dots(2.6)$$

2) Beton

$$f_{cb} = \frac{M_{LL} \times y_3}{\phi \times I_{xcomp} \times n} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$f_{ca} = \frac{M_{LL} \times y_a}{\phi \times I_{xcomp} \times n} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Lendutan

$$\delta = \frac{S \times q_{DL} \times L^4}{384 \times E \times I_{xcomp}} + \frac{P_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_{xcomp}} \leq \frac{1}{300} \times L \dots\dots\dots(2.9)$$

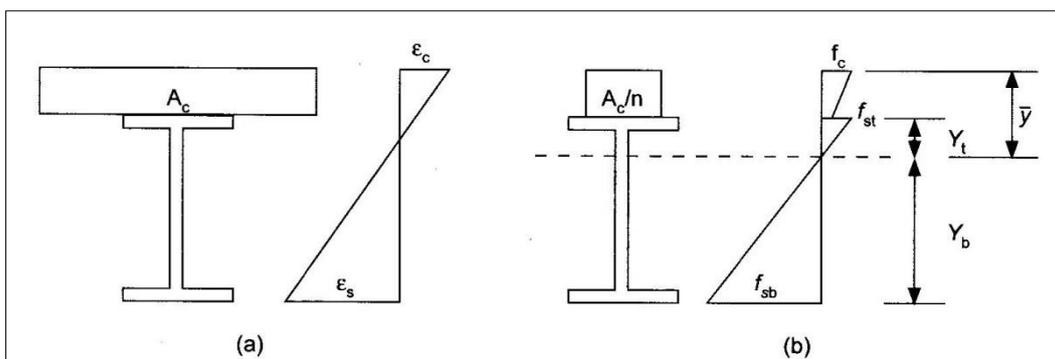
Jika ya maka dimensi gelagar aman.

2.8.2 Tegangan Elastis dalam Balok Komposit

Tegangan lentur dan geser dalam balok homogen dapat dihitung berdasarkan formula:

$$f_b = \frac{Mc}{I} \text{ dan } f_v = \frac{VQ}{I.t} \dots\dots\dots(2.10)$$

Balok komposit bukan merupakan suatu balok homogen, sehingga persamaan di atas tidak dapat digunakan. Untuk dapat menghitung tegangan-tegangan pada suatu penampang komposit, diperlukan transformasi penampang. Umumnya penampang beton ditransformasikan menjadi baja, namun mempunyai efek yang sama dengan beton. Gambar (2.4) menunjukkan sebuah segmen dari balok komposit dengan diagram tegangan dan regangannya.



Gambar 2.5 (a) Diagram Regangan Balok Komposit, (b) Diagram Tegangan Balok Komposit dengan Penampang Tertransformasi

Sumber : Agus Setiawan (2008)

Jika pelat beton dihubungkan secara kaku terhadap profil baja, maka diagram tegangan akan mempunyai bentuk pada gambar tersebut. Hal ini sesuai dengan teori lendutan kecil, yang menyatakan bahwa penampang melintang akan tetap datar sebelum atau sesudah terjadi lentur. Namun distribusi tegangan linear seperti dalam gambar hanya tepat untuk balok yang homogen. Hubungan antara tegangan dan regangan baja dan beton dapat dinyatakan sebagai:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \text{ atau } \frac{f_c}{E_c} = \frac{f_s}{E_s}$$

$$\text{Atau } f_s = \frac{E_s}{E_c} f_c = n f_c$$

Dengan:

E_c = modulus elastisitas beton

$n = E_s/E_c$ = rasio modulus

modulus elastisitas beton diberikan dalam SNI pasal 12.3.2:

$$E_c = 0,041 w^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

Dengan w adalah berat jenis beton (2400 kg/m^3)

f'_c adalah kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Selanjutnya dapat dihitung besarnya tegangan lentur pada bagian atas dan bawah profil baja, dengan menggunakan persamaan:

$$f_{st} = \frac{M \cdot y_t}{I_{tr}}$$

$$f_{sb} = \frac{M \cdot y_b}{I_{tr}}$$

Dengan :

M = momen lentur yang harus dipikul

I_{tr} = momen inersia terhadap sumbu netral

y_t = jarak dari sumbu netral ke serat atas profil baja

y_b = jarak dari sumbu netral ke serat bawah profil baja

Tegangan yang terjadi pada serat atas beton dihitung berdasarkan persamaan

$$f_c = \frac{M \cdot \bar{y}}{n \cdot I_{tr}}$$

2.8.3 Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Penghubung geser dapat dari jenis paku baja berkepala dengan panjang dalam kondisi terpasang tidak kurang dari 4 kali diameternya atau berupa penampang baja kanal gilas. Penghubung geser jenis paku dan penghubung geser kanal harus mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku. Massa jenis pelat beton yang digunakan pada struktur balok komposit dengan penghubung geser tidak boleh kurang dari 1.500 kg/m³.

Kuat nominal satu penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton masif adalah:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} f_u \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku (mm²)

f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku (mPa)

Q_n = kuat nominal geser untuk penghubung geser (N)

Untuk penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton yang berada di atas dek baja bergelombang, suku $0,5 A_{sc}\sqrt{f'_c E_c}$ diatas harus dikalikan dengan faktor reduksi r_s .

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{w_r}{h_r} \right) \left\{ \left(\frac{H_s}{h_r} \right) - 1,0 \right\} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

r_s = faktor reduksi

N_r = jumlah penghubung geser jenis paku pada setiap gelombang pelat berprofil di perpotongannya dengan balok

H_s = tinggi penghubung geser jenis paku $\leq (h_r + 75\text{mm})$

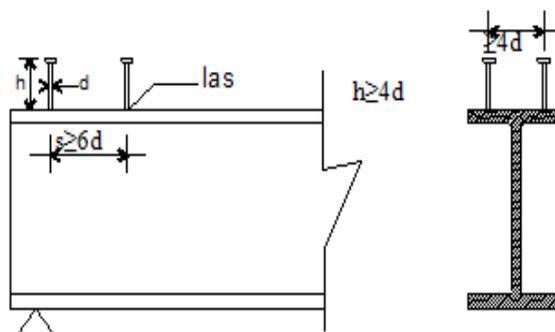
h_r = tinggi nominal gelombang pelat baja berprofil

w_r = lebar efektif gelombang pelat baja berprofil

$r_s = 1,00$ untuk pelat beton biasa, $r_s \leq 1,00$ untuk deck baja gelombang

$A_{sc} =$ luas penampang *Shear Connector* $\left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)$

$E_c =$ Modulus elastisitas beton



Gambar 2.6 Shear Connector

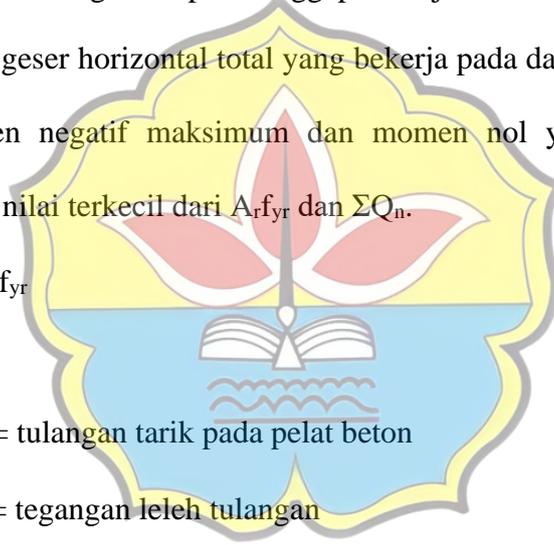
Sumber : Data olahan (2022)

Untuk aksi komposit di mana beton mengalami gaya tekan akibat lentur, gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen positif maksimum dan momen nol yang berdekatan harus diambil sebagai nilai terkecil dari :

- $0,85 f_c' A_c \rightarrow$ beton
- $A_s f_y \rightarrow$ profil baja
- $\Sigma Q_n \rightarrow$ *shear connector*

Untuk balok komposit yang menerus di mana tulangan baja longitudinal pada daerah momen negatif dapat dianggap bekerja secara komposit dengan balok baja maka gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen negatif maksimum dan momen nol yang berdekatan harus diambil sebagai nilai terkecil dari $A_r f_{yr}$ dan ΣQ_n .

- $A_r \cdot f_{yr}$
- ΣQ_n
- $A_r =$ tulangan tarik pada pelat beton
- $f_{yr} =$ tegangan leleh tulangan



2.9 Sambungan

Suatu konstruksi bangunan baja adalah tersusun atas batang-batang baja yang digabung membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Adapun fungsi/tujuan sambungan baja antara lain:

- 1) Untuk menggabungkan beberapa batang baja membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
- 2) Untuk mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan

sebagainya).

- 3) Untuk memudahkan dalam penyetelan konstruksi bajadi lapangan.
- 4) Untuk memudahkan penggantian bila suatu bagian/batang konstruksi mengalami rusak.
- 5) Untuk memberikan kemungkinan adanya bagian/batang konstruksi yang dapat bergerak, misalnya peristiwa muai-susut baja akibat perubahan suhu.

Jenis-jenis sambungan struktur baja yang digunakan adalah pengelasan serta Sambungan yang menggunakan alat penyambung berupa paku keling (*rivet*) dan baut. Baut kekuatan tinggi (*high strength bolt*) telah banyak menggantikan paku keling sebagai alat utama dalam sambungan struktural yang tidak dilas.

2.9.1 Sambungan Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali.

Keuntungan sambungan baut :

1. Lebih muda dalam pemasangan/penyetelan konstruksi di lapangan
2. Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang
3. Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja $\gt 4d$ (tidak seperti paku keling dibatasi maksimum 4d)
4. Dengan menggunakan jenis baut pass maka dapat digunakan untuk konstruksi berat/jembatan

Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor R_u sesuai persyaratan DFBK harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dengan R_n adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya R_n berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

a. Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b$$

b. Tahanan Tarik Baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut :

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

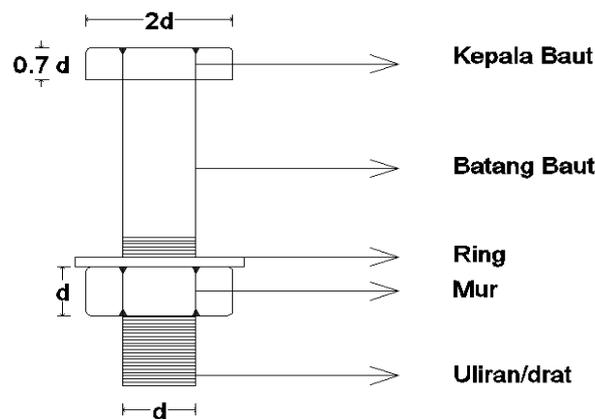
Persamaan diatas berlaku untuk semua baut, sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah gaya berlaku :

$$R_n = 2,0 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

c. Tahanan Tumpu Baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$



Gambar 2.7 Sambungan Baut

Sumber : Data Olahan (2021)

2.9.2 Sambungan Balok

Girder yang ditinjau adalah balok profil I dan bentang panjang sehingga momen lebih dominan dibanding gaya geser. Untuk girder dengan profil I, maka pelat sayap akan memikul $\geq 85\%$ dari momen lentur, dan pelat badan hampir 100% gaya geser. Oleh sebab itu untuk perencanaan sambungan dianggap momen lentur akan dipikul oleh pelat sayap (resultan gaya pada sayap atas dan bawah sebagai momen kopel), dan gaya geser pada keseluruhan pelat badan. Jadi pelat sambungan pada sayap dan badan dipilih dan direncanakan untuk memikul gaya-gaya tersebut. Konsep ini dianggap cukup konservatif dibanding asumsi yang lain.

Prinsip kerja sistem sambungan balok telah dipahami, yang perlu dipertanyakan adalah besar momen dan gaya geser rencana untuk sambungan. Maklum untuk struktur balok, maka besarnya momen dan gaya geser tergantung dimana sambungan itu akan dipasang. Ketentuan J1.1 (AISC 2010 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) hanya memberikan gambaran umum tentang momen dan gaya geser rencana untuk sambungan, yaitu atas dasar hasil analisis struktur terhadap beban-beban rencana, dan harus konsisten dengan metode konstruksi

yang dipilih. Adapun perencanaan sambungan girder jembatan menurut ketentuan 6.13.1 (AASHTO 2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) harus didesain terhadap kondisi kuat batas, yang tidak kurang dari nilai terbesar dari :

- Nilai rata-rata momen (gaya) dari beban terfaktor R_u dengan momen (gaya) dari tahanan elemen terfaktor R_r di titik sama.
- Atau minimum 75% tahanan elemen terfaktor R_r ($r = \text{resistant}$). Untuk tinjauan kondisi kuat batas (ultimate) maka $R_r = \phi R_n$.

Untuk balok menerus, AASHTO (2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) mensyaratkan sambungan harus dipasang dekat dengan titik belok (*inflection point*) akibat beban mati. Untuk sekitar titik tersebut maka momen lentur tidak dominan, walaupun ada itu adalah akibat variasi beban hidup. Meskipun begitu, ada syarat kuat sambungan minimum 75% R_r termasuk momen dan geser. Itu berarti perencanaan sambungan harus didesain cukup konservatif atau kondisi paling aman.

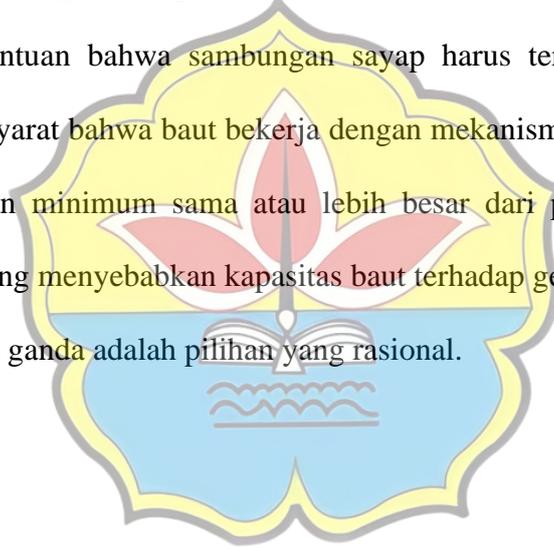
Selain menetapkan besarnya momen, gaya geser rencana, dan lokasi pemasangannya, AASHTO (2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) meminta detail sambungannya yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bentuk sambungan selain praktis (mudah diaplikasikan), juga harus dibuat simetri terhadap sumbu penampang. Ketentuan ini menyebabkan pelat untuk sambungan pelat badan harus terdiri dari pelat ganda (pelat dua sisi).
2. Profil balok yang disambung dianggap elemen terpisah : pelat sayap dan pelat badan, juga dianggap kondisinya utuh (*gross*) tanpa lubang. Agar persyaratan fatig ini tidak menentukan, pelat penyambung harus

mempunyai luasan minimal sama atau lebih besar dari pelat yang disambung. Tebal pelat ≥ 8 mm.

3. Sambungan pelat sayap atau pelat badan dengan baut, harus dipasang minimum dua baris baut setiap sisinya. Alasannya untuk kemudahan pemasangan, dan untuk menjaga stabilitas selama proses konstruksi berlangsung.
4. Semua sambungan baut mutu tinggi harus didesain berdasarkan mekanisme *slip* - kritis. Ini dikarenakan struktur jembatan berisiko terhadap fatig. Lubang bautnya standar.

Tidak ada ketentuan bahwa sambungan sayap harus terdiri dari pelat ganda. Tetapi adanya syarat bahwa baut bekerja dengan mekanisme *slip*-kritis dan luasan pelat sambungan minimum sama atau lebih besar dari pelat yang disambung, maka pilihan yang menyebabkan kapasitas baut terhadap geser meningkat dua kali lipat, yaitu pelat ganda adalah pilihan yang rasional.





BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Studi pustaka terhadap materi desain untuk menentukan garis besarnya.
2. Survey pada instansi-instansi yang dapat dijadikan nara sumber data.
3. Pengadaan persyaratan administrasi untuk perencanaan data.
4. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum.
5. Menentukan kebutuhan data.

Dalam membuat suatu perencanaan, diperlukan beberapa data yang diperlukan untuk membuat suatu perencanaan. Data merupakan sekumpulan

informasi atau juga keterangan – keterangan dari suatu hal yang diperoleh dengan melalui pengamatan atau juga pencarian ke sumber – sumber tertentu. Data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data pertama kali yang dikumpulkan peneliti atau perencana dengan melakukan pengambilan data langsung dilapangan, data primer juga disebut dengan data mentah. Sedangkan data sekunder adalah data dengan berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dikumpulkan oleh peneliti atau perencana yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian atau data perencanaan.

3.2 Standar Yang Dipergunakan

Standar yang digunakan dalam perhitungan dan perencanaan jembatan dalam tugas akhir ini meliputi :

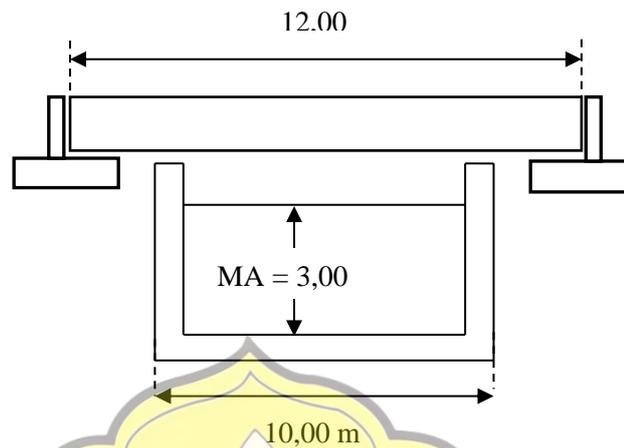
1. Pembebanan untuk jembatan (SNI 1725 :2016).
2. Perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12-2004).
3. Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005).
4. Standar tulangan beton (SNI 2052-2017)

3.3 Gambaran Lokasi

Gambaran umum tentang lokasi untuk pembangunan jembatan ini adalah sebagai berikut :

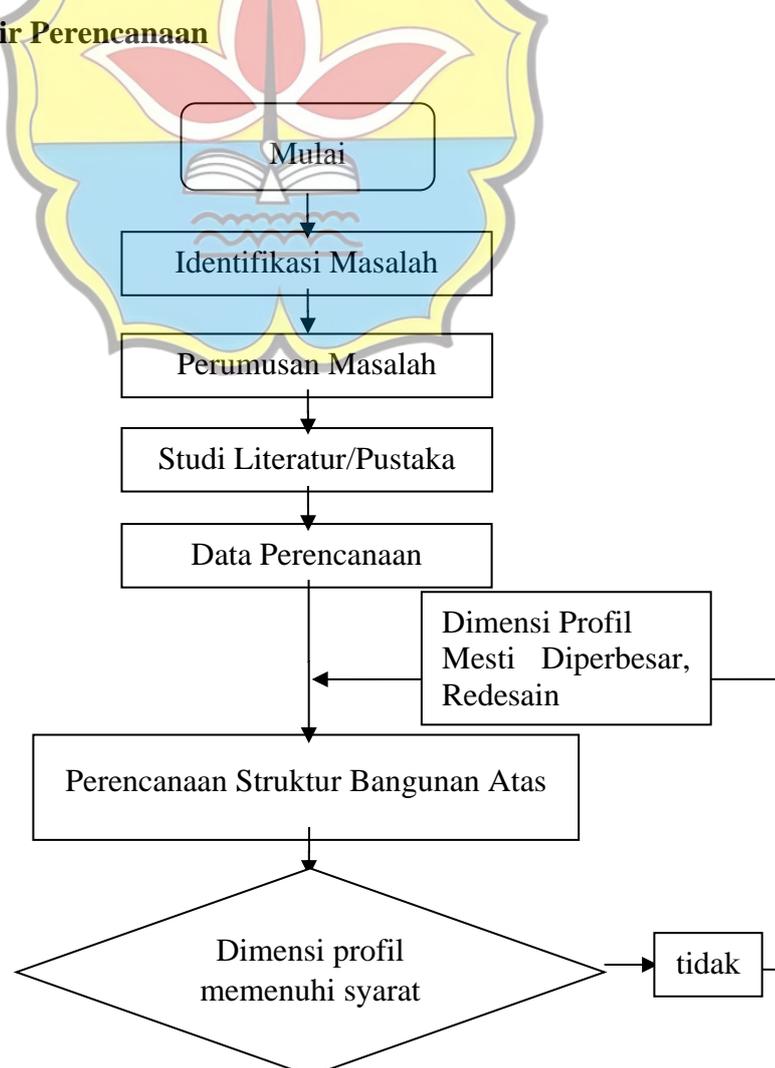
1. Ruas jalan perusahaan PMA merupakan jalan yang diperkeras dengan lapisan batu tanpa pengaspalan dengan lebar 4,50 meter dan bahu jalan 2 x 1,00 meter

2. Saluran primer irigasi yang memotong ruas jalan tersebut berpenampang empat persegi panjang dengan lebar 10,00 meter dan tinggi 3,50 meter
3. Tinggi muka air maksimum aliran irigasi adalah 3,00 meter



Gambar 3.1 Penampang Saluran Irigasi dan Bentang Jembatan

3.4 Bagan Alir Perencanaan





Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan



4.1 Data Perencanaan

Data perencanaan jembatan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Fungsi Jalan : Lokal
- Bentang Jembatan Total : 12,00 Meter
- Bentang Jembatan Teoritis : 11,50 Meter
- Bangunan Atas
 - a. Lantai Jembatan
 - Lebar Lantai Jembatan : 4,70 m
 - Mutu Beton (f'_c) : K-350 ($f'_c = 0,083 \times 350 = 29,05$ MPa)
 - Mutu Baja Tulangan Ulir : $f_y = 400$ MPa

Mutu Baja Tulangan Polos : $f_y = 240 \text{ MPa}$

Tebal Pelat : 20 cm

Tebal Lapisan Aspal : 4,0 cm

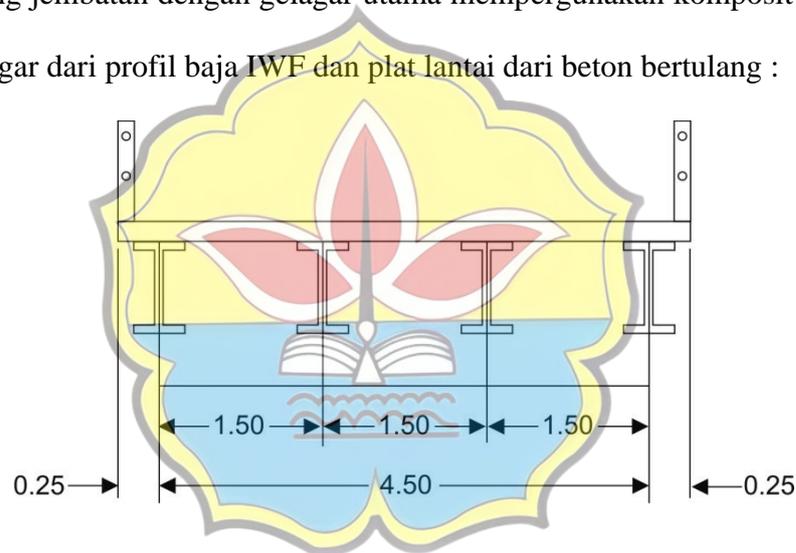
b. Gelagar Jembatan

Jumlah Gelagar Memanjang : 4 buah

Mutu Baja Balok Jembatan : BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$, $f_u = 500 \text{ MPa}$)

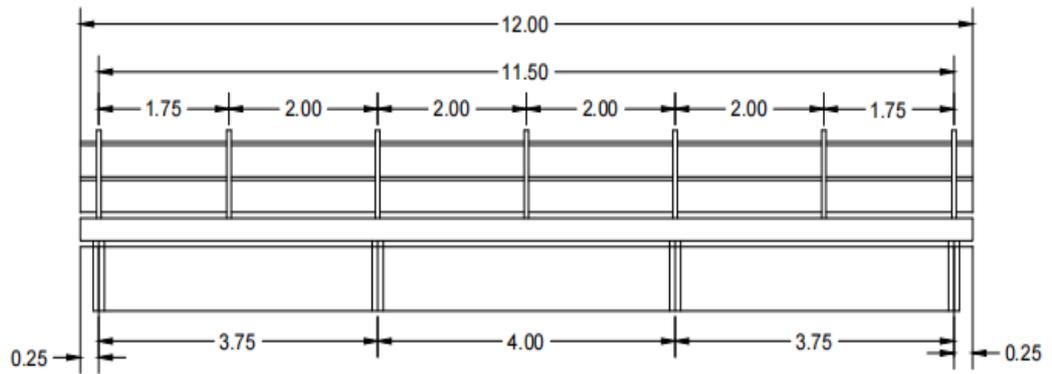
Modulus Elastisitas Baja (E_s) : 200.000 MPa

Berikut ini ditampilkan rencana tampak pada potongan melintang dan potongan memanjang jembatan dengan gelagar utama mempergunakan komposit baja beton yaitu gelagar dari profil baja IWF dan plat lantai dari beton bertulang :



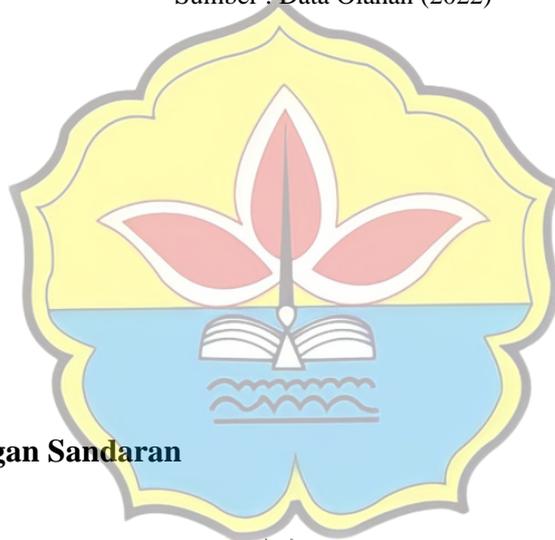
Gambar 4.1 Potongan Melintang Jembatan

Sumber : Data Olahan (2022)

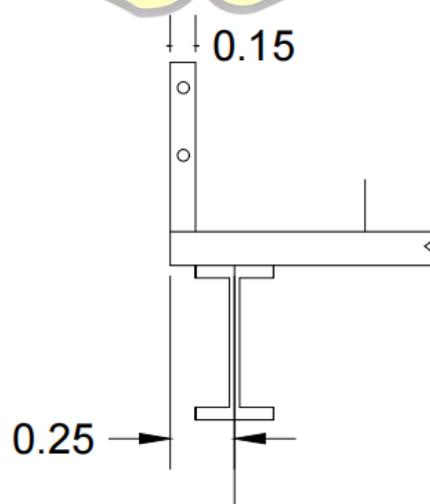


Gambar 4.2 Potongan Memanjang Jembatan

Sumber : Data Olahan (2022)



4.2 Perhitungan Sandaran



Gambar 4.3 Tiang Sandaran dan Balok Tepi Jembatan

Sumber : Data Olahan (2022)

4.2.1 Perencanaan pipa sandaran

- Data perencanaan pipa sandaran

Jarak tiang sandaran = 2 m

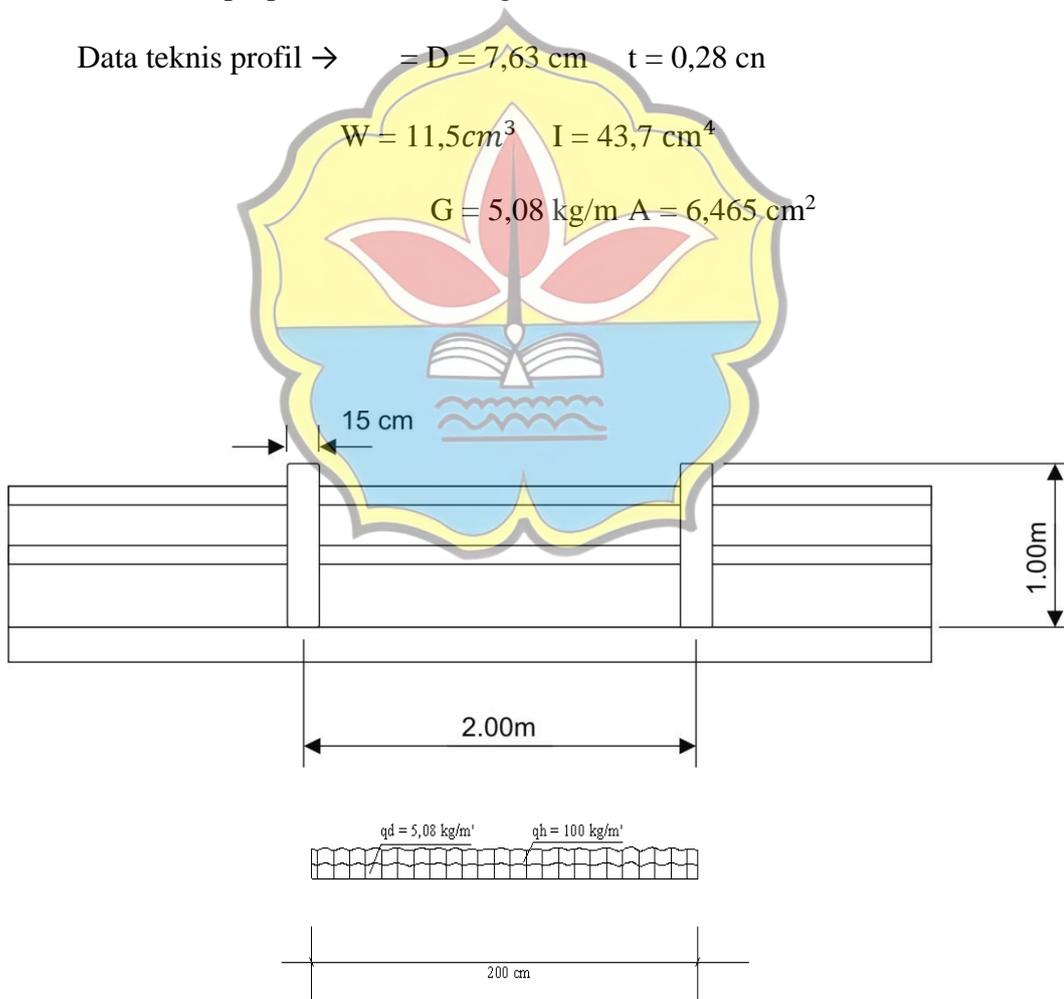
Tinggi tiang sandaran = 1 m

Dimensi pipa sandaran = $\varnothing 76,3$ mm

Mutu pipa baja = BJ 37 (σ ijin = 1600 kg/cm^2)

Beban hidup (qL) = 100 kg/m

Data teknis profil \rightarrow = $D = 7,63$ cm $t = 0,28$ cm



Gambar 4.4 Tiang dan Pipa Sandaran

Sumber : Data Olahan (2022)

Kombinasi pembebanan sandaran :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\ &= 1,2 (5,08) + 1,6 (100) \\ &= 166,096 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{q \cdot l}{2} \\ &= \frac{166,096 \times 2}{2} = 166,096 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 166,096 \cdot 2^2 \\ &= 83,048 \text{ kg.m} = 8304,800 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_U &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 166,096 \cdot 2 \\ &= 166,096 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 = 160 \text{ Mpa}$$

$$E_{\text{baja}} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Terhadap tegangan lentur:

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

$$\frac{M_u}{W} = \sigma_{\text{ijin}}$$

$$\sigma = \frac{8304,800}{11,5} < 1600$$

$$\sigma = 722,157 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{(ok)}$$

Terhadap geser:

$$v_{\text{ijin}} = 0,6 \times f_y = 0,6 \times 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$v = \frac{D_u}{A} = \frac{166,096}{6,465} = 25,692 \text{ kg/cm}^2 < 960 \text{ kg/cm}^2$$



Kontrol lendutan

$$q = G \times ql$$

$$= 5,08 + 100$$

$$= 105,08 \text{ kg/m}$$

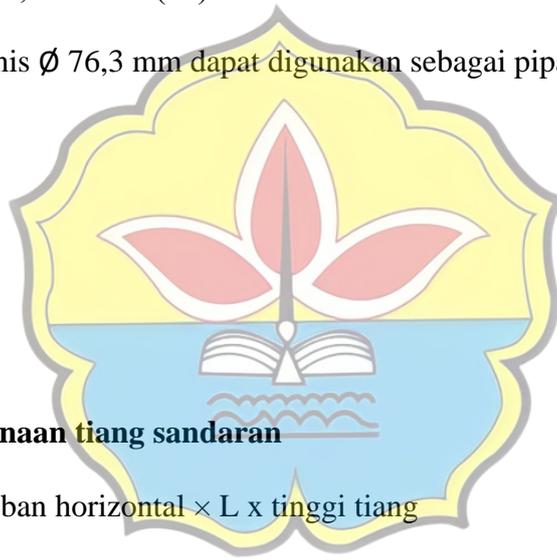
$$= 1,050 \text{ kg/cm}$$

$$\frac{5ql^4}{384 EI} < \frac{L}{300}$$

$$\delta = \frac{5 \times 1,050 \times 200^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 43,7} < \frac{200}{300}$$

$$\delta = 0,239 \text{ cm} < 0,83 \text{ cm} \dots (\text{ok})$$

Jadi, pipa galvanis \varnothing 76,3 mm dapat digunakan sebagai pipa sandaran.

**4.2.2 Perencanaan tiang sandaran**

$$M_U = \text{beban horizontal} \times L \times \text{tinggi tiang}$$

$$= 100 \times 2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 200 \text{ kg.m} = 1961330 \text{ N.mm}$$

Penulangan tiang sandaran:

– Tulangan lentur

$$M_n = \frac{M_U}{\phi} = \frac{1961330}{0,8} = 2451662,5 \text{ N.mm}$$

$$\text{Diketahui : Dimensi tiang} = 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 40 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ perlu} \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{2451662,5}{150 \times 110^2} = 1,650 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 29,05}{240} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,650}{0,85 \times 29,05}} \right) = 0,007\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006 < \rho_{perlu} = 0,007$$

Digunakan $\rho = 0,007$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,007 \times 150 \times 110 = 116 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 12$ dengan luas penampang $A = 113 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{A} = \frac{116}{113} = 1,026 \approx 2 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 6 $\emptyset 12$ mm

– Tulangan geser

$$\begin{aligned}\text{Berat pipa sandaran} &= n \times l \times \text{berat sendiri pipa} \\ &= 2 \times 2 \text{ m} \times 5,08 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$= 20,320 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat tiang sandaran} &= \text{luas tiang} \times \text{tinggi tiang} \times \gamma_c \\ &= (0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times 1,25 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 67,50 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\sum V_u = 20,320 + 67,50 = 87,820 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{87,820}{0,6} = 146,366 \text{ kg}$$

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

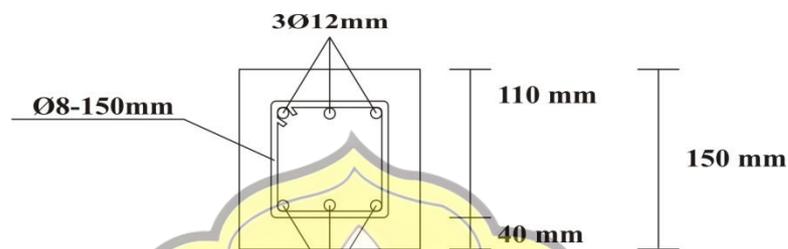
$$= \frac{\sqrt{29,05}}{6} \times 150 \times 110 = 36306,249 \text{ N} = 3630,624 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 3630,624 \text{ kg}$$

$$= 2722,968 \text{ kg} > V_n = 123,866 \text{ kg} \quad \dots\text{OK}$$

Tulangan geser tidak diperlukan, sehingga cukup digunakan tulangan geser praktis yaitu $\text{Ø}8\text{--}150 \text{ mm}$.

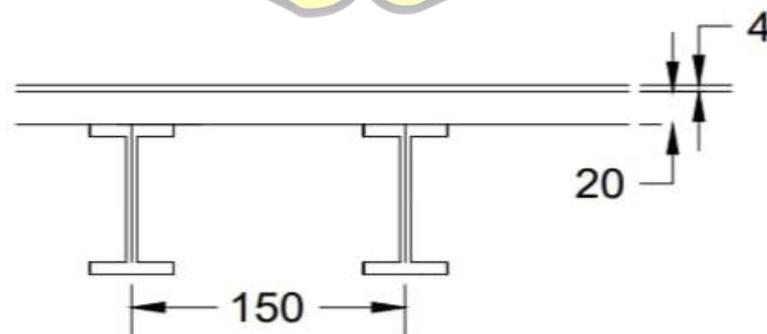
Detail penulangan tiang sandaran:



Gambar 4.5 Penulangan tiang sandaran

Sumber: Data Olahan (2022)

4.3 Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan



Gambar 4.6 Pelat Lantai Kendaraan

Sumber :Data Olahan (2022)

a. Data Perencanaan

- Mutu beton ($f'c$) = 29,05 MPa
- Mutu tulangan ulir (f_y) = 400 MPa
- Mutu tulangan polos (f_y) = 240 MPa
- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal lapis aspal = 4 cm
- \emptyset tulangan ulir rencana = 14 mm
- Tebal selimut beton (p) = 40 mm (untuk konstruksi lantai yang langsung berhubungan dengan cuaca).
- Berat jenis beton (γ_c) = 24 kN/m³ = 2400 kg/m³
- Berat jenis aspal (γ_a) = 22 kN/m² = 2200 kg/m³



b. Perhitungan Momen Lentur Pada Pelat Lantai Kendaraan

1) Akibat Beban Mati :

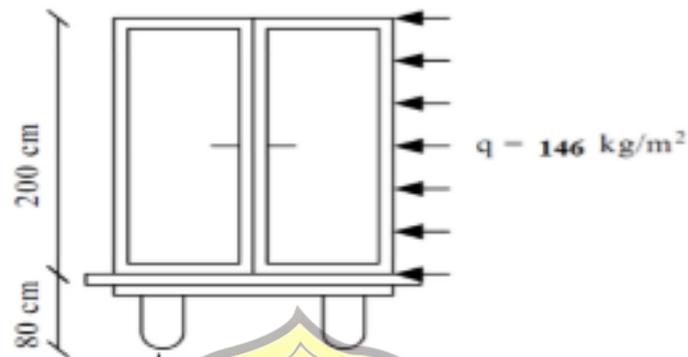
- Berat sendiri pelat = $0,20 \times 1,00 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}$
 - Berat aspal = $0,04 \times 1,00 \times 2200 = 88 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan = $0,05 \times 1,00 \times 1000 = 50 \text{ kg/m} +$
- $$\Sigma q_{DL} = 618 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan} &= \text{Momen Lapangan} = (1/12) \times q \times L^2 \\ &= (1/12) \times 618 \times 2^2 \\ &= 115,875 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

2) Beban Angin

Beban angin bekerja pada kendaraan dengan arah horizontal
sebesar:

- q (tekanan angin) = 146 kg/m^2 .
- Panjang kendaraan = 11 m



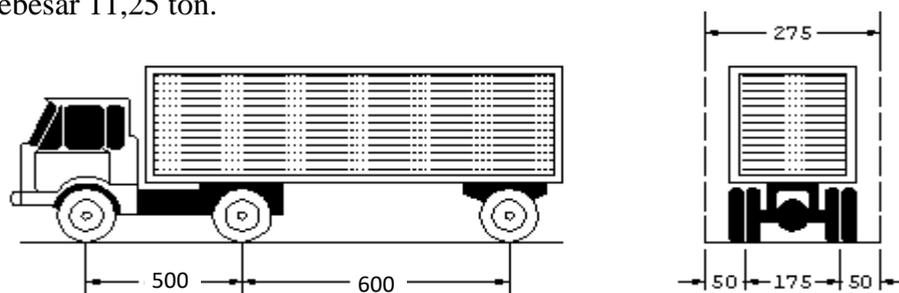
Gambar 4.7 Beban akibat angin

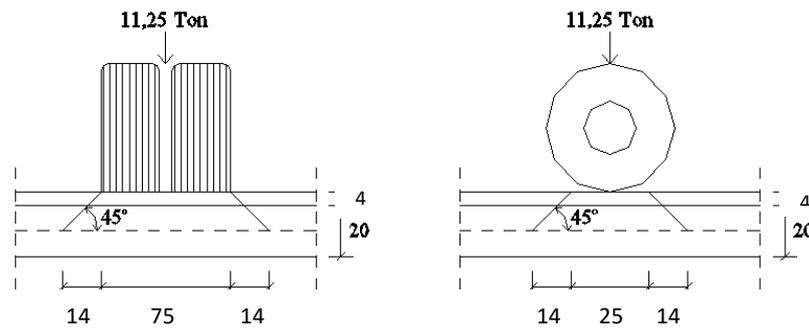
Sumber : Data Olahan (2022)

$$\text{Reaksi pada roda } W = \frac{2 \times 6 \times 1.8 \times 146}{1.75 \times 2} = 901,029 \text{ kg} = 0,901 \text{ ton}$$

3) Akibat Beban Hidup (T) :

Untuk perhitungan kekuatan rantai kendaraan atau sistem rantai kendaraan jembatan harus digunakan beban "T" yaitu beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*Dual Wheel Load*) sebesar 11,25 ton.





Gambar 4.8 Beban “ T ”

Sumber : Data Olahan (2022)

o Beban “ T ” = 11,25 ton

o Bidang kontak pada sumbu plat

$$t_x = (75 + (2 \times 14)) = 103 \text{ cm} = 1,03 \text{ m}$$

$$t_y = (25 + (2 \times 14)) = 53 \text{ cm} = 0,53 \text{ m}$$

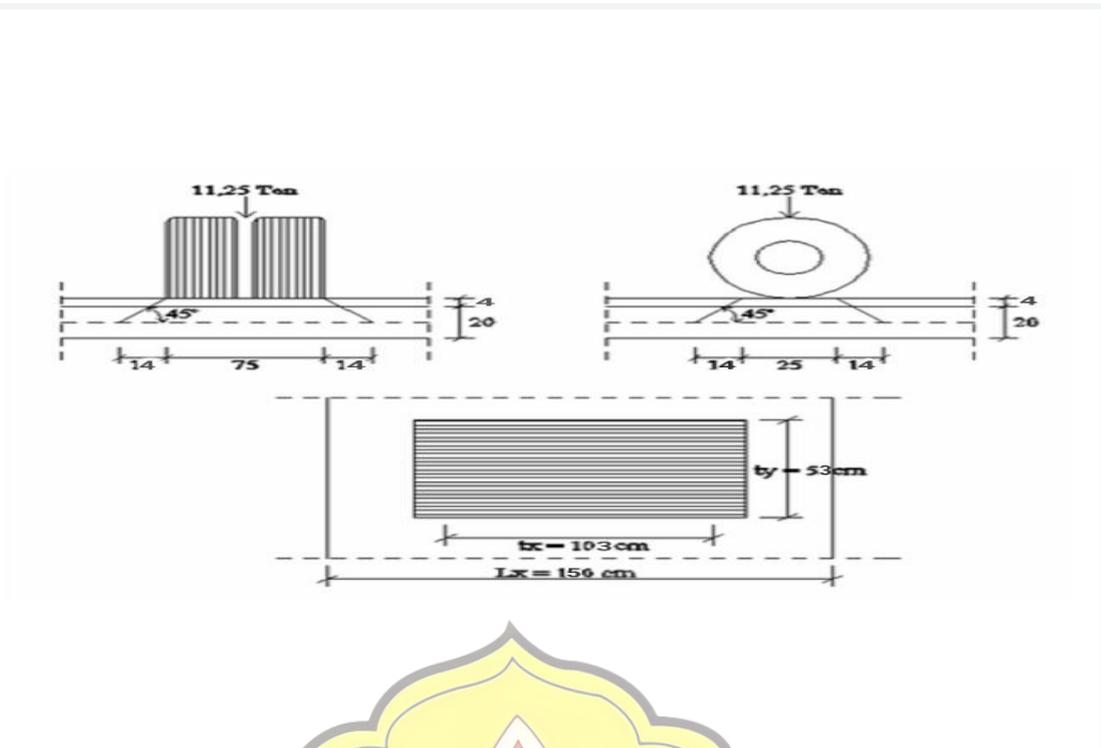
o Total beban hidup (beban angin + T)

$$= 0,901 + 11,25 = 12,151 \text{ ton}$$

o Penyebaran beban :

$$P = \frac{12151}{0,8 \times 0,6} = 25,315 \text{ t/m}^2 = 25315 \text{ kg/m}^2$$

- Kondisi satu roda ditengah pelat



Gambar 4.9 Penyebaran Beban “ T ” Pada Kondisi 1

Sumber : Data Olahan (2022)

- o $tx = 1,03 \text{ m}$ $\frac{tx}{Lx} = \frac{1,03}{1,5} = 0,686$
- o $ty = 0,53 \text{ m}$ $\frac{ty}{Lx} = \frac{0,53}{1,5} = 0,353$
- o $Lx = 1,5 \text{ m}$

Dari tabel *Bittner* :

$$F_{xm} = 0,1308$$

Momen maksimum pada kondisi 1 (satu roda ditengah pelat) :

$$\begin{aligned} M_{xm} &= F_{xm} \times T' \times tx \times ty \\ &= 0,1308 \times 25315 \times 1,03 \times 0,53 \\ &= 1807,585 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen total:

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= (1,2 \times 115,875) + (1,6 \times 1807,585) = 3031,186 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Pelat Lantai Kendaraan

Diketahui :

Momen rencana $M_U = 3031,186 \text{ kg.m}$

Mutu beton $f'_c = 29,05 \text{ MPa}$

Mutu tulangan $f_y = 400 \text{ MPa}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 40 \text{ mm}$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton $\beta_1 = 0,85$

Faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,8$

Lebar pelat lantai per 1m $b = 1000 \text{ mm}$

Tebal efektif pelat beton $d = h - d' = 200 - 40 = 160 \text{ mm}$

Momen nominal rencana:

$$M_n = \frac{M_U}{\phi} = \frac{3031,186}{0,8} = 3788,982 \text{ kg.m} = 37,889 \text{ kN.m}$$

Koefisien ketahanan (R_n):

$$R_n = \frac{M_n \text{ perlu} \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{37,889 \times 10^6}{1000 \times 160^2} = 1,480 \text{ N/mm}$$

Rasio tulangan:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 29,05}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,497}{0,85 \times 29,05}} \right) = 0,00386 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,00386$$

Digunakan $\rho = 0,00386$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00386 \times 1000 \times 160 = 617,6 \text{ mm}^2$$

- Rencana tulangan pokok

Digunakan tulangan pokok D16 mm (Asumsi), sehingga penampang 1 tulangan pokok :

$$A_{\text{tul}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{A_{\text{tul}} \times b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{200,96 \times 1000}{617,6} = 325,388 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan pokok D16 - 200 mm

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{A_{\text{tul}} \times b}{S} = \frac{200,96 \times 1000}{200} = 1004,8 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 617,6 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1004,8 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 1000} = 16,277 \text{ mm}$$

$$m_n = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 769,3 \times 400 \times (160 - \frac{1}{2} \times 12,462)$$

$$= 61,802 \text{ kN.m} > m_{n_{\text{perlu}}} = 33,679 \text{ kN.m} \quad \dots \text{OK}$$

- Rencana Tulangan bagi :

$$A_s = 0,002 \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 200$$

$$= 400 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut dicoba pakai : $\emptyset 12 - 200 \text{ mm}$

$$A_{tul.} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$A_{Spakai} = \frac{A.Tul \times b}{S}$$

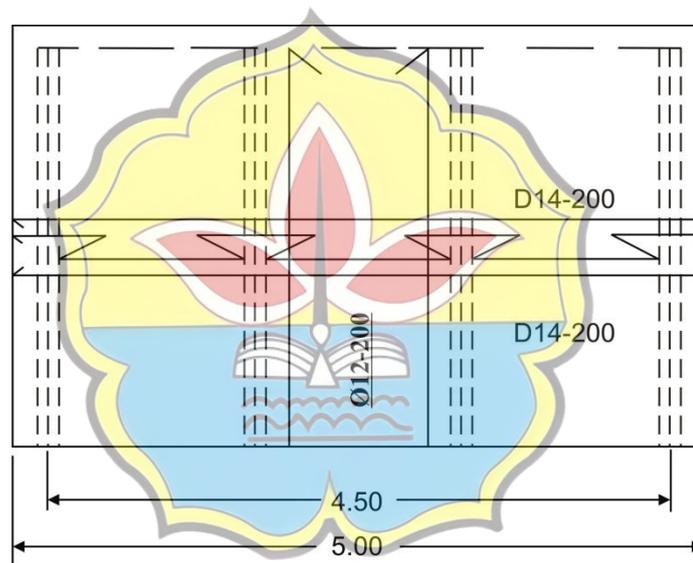
$$= \frac{113,097 \times 1000}{200}$$

$$= 565,485 \text{ mm}^2 > A_s = 400 \text{ mm}^2$$

...OK

Jadi, penulangan untuk pelat lantai jembatan menggunakan:

D14 – 200 dan Ø 12 – 150



Gambar 4.10 Denah penulangan pelat lantai

Sumber : Data Olahan (2022)

4.4 Perencanaan Gelagar Utama

4.4.1 Analisa beban gelagar

a) Beban mati (q_D)

- Bs. Lantai $0,20 \times 1,6 \times 2400 = 768$ Kg/m
- Bs. Aspal $0,05 \times 1,6 \times 2200 = 176$ Kg/m
- Bs. Air hujan $0,05 \times 1,6 \times 1000 = 80$ Kg/m
- Bs. Dek baja $1,6 \times 20 = 32$ Kg/m

- Bs. Gelagar termasuk *shear connector*, = 350 Kg/m
- Sambungan, dll (asumsi) _____ +
- $q_{DL} = 1406 \text{ Kg/m}$

$$\begin{aligned}
 - M_{DL \text{ maks}} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1406 \times 25^2 \\
 &= 109843 \text{ Kg.m} \\
 &= 109,843 \text{ Ton.m (Tengah batang)}
 \end{aligned}$$

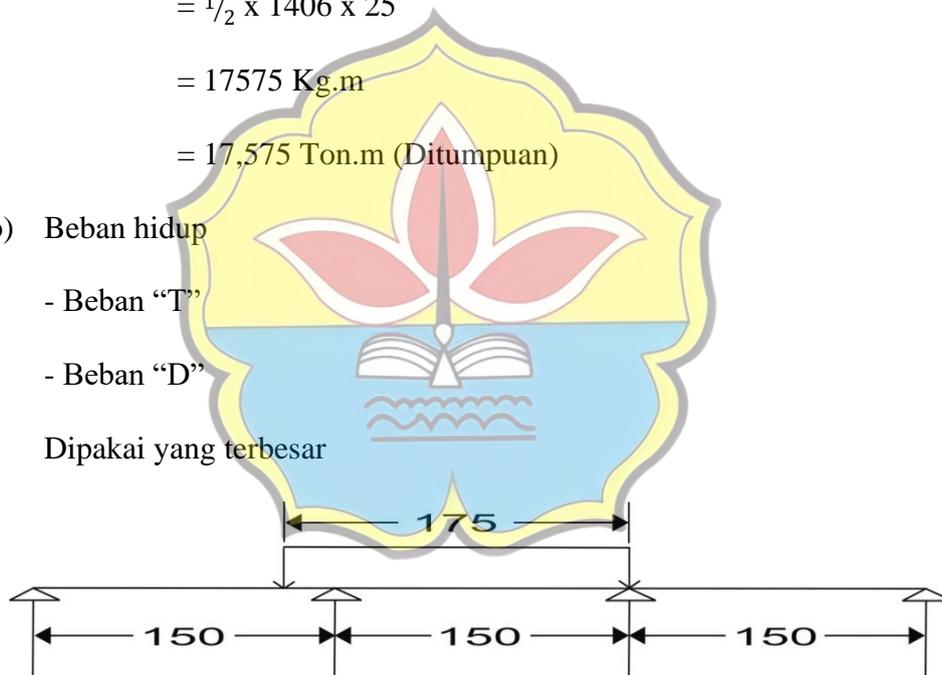
$$\begin{aligned}
 - D_D \text{ maks} &= \frac{1}{2} \times q \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1406 \times 25 \\
 &= 17575 \text{ Kg.m} \\
 &= 17,575 \text{ Ton.m (Ditumpuan)}
 \end{aligned}$$

b) Beban hidup

- Beban "T"

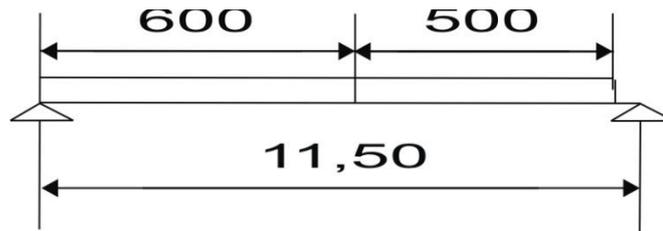
- Beban "D"

Dipakai yang terbesar



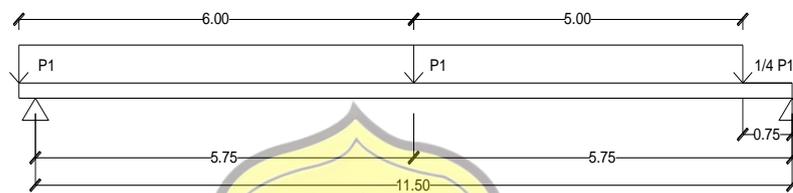
Gambar 4.11 Skema pembebanan melintang

Sumber : Data Olahan (2022)



Gambar 4.12 Skema pembebanan memanjang kondisi 1 untuk D_{max}

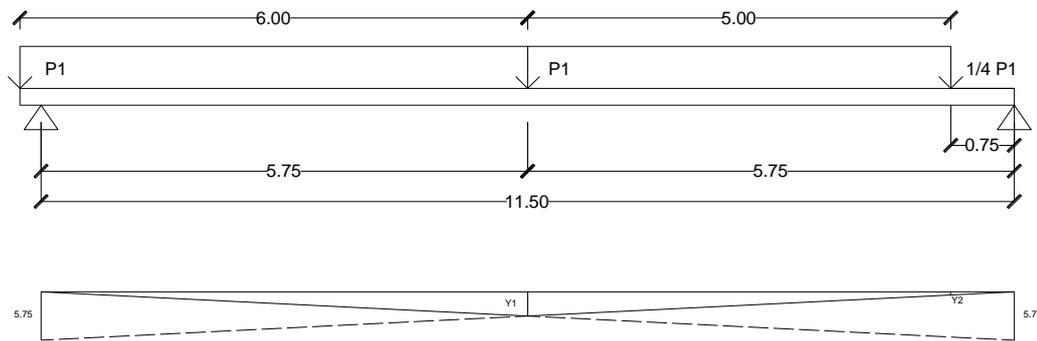
Sumber : Data Olahan (2022)



Gambar 4.13 Skema pembebanan memanjang kondisi 2 untuk M_{max}

Sumber : Data Olahan (2022)

- Momen dan lintang (menggunakan garis pengaruh)



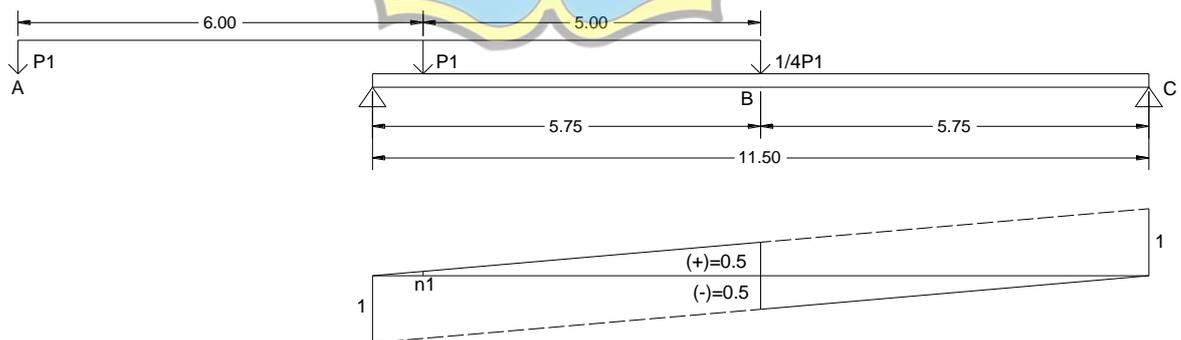
$$GP M^C \times \left(\frac{Ly_1}{Ly} \right) \rightarrow Y_1 = \frac{5,75}{11,5} \times 5,75 = 2,875 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{0,75}{5,75} \times 2,875 = 0,375 \text{ m}$$

$$M_{LL}(C) = (1/4 R_c \times Y_2) + (R_c \times Y_1)$$

$$= (1/4 \times 12,151 \times 0,375) + (12,151 \times 2,875)$$

$$= 36,073 \text{ Ton.m}$$



$$GP D^C = n = \frac{5,75}{11,5} \times 1 = 0,5 \text{ m}$$

$$n_1 = \frac{0,75}{5,75} \times 0,5 = 0,065 \text{ m}$$

$$D_{LL}(C) = (R_c \times n) + (R_c \times n_1)$$

$$= (12,151 \times 0,5) + (0,25 \times 12,151 \times 0,065)$$

$$= 6,273 \text{ Ton.m}$$

- Beban "D"

- $P = 49 \text{ kN } 1/3 \times 101.97 = 5000 \text{g} = 5 \text{ Ton}$
- $q = 9 \text{ Kpa} = 918 \text{ kg/m}^2$
- $p = 5 \times 1,5 \times 2 = 15 \text{ ton}$
- $q = 918 \times 1,5 \times 2 = 2754 = 2.8 \text{ t/m}$

$$\begin{aligned} M_{LL}(D) &= Y \times P_{LL} + \text{Luas}\Delta \text{ GP} \times q_{LL} \\ &= 2,875 \times 15 + (1/2 \times 11,5 \times 2,875) \times 2,4 \\ &= 89,413 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Perbandingan Momen akibat D dan T :

$$\text{Akibat D} = 89,413 \text{ Ton.m}$$

$$\text{Akibat T} = 36,073 \text{ Ton.m}$$

Dari dua perbandingan momen diatas, maka dipilih nilai momen terbesar, yaitu momen akibat beban "D" = 89,413 Ton.m

Kombinasi momen akibat beban mati dan beban hidup

$$\begin{aligned} 1. \quad 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}(C) &= (1,2 \times 19,954) + (1,6 \times 89,413) \\ &= 167,005 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

4.4.2 Perencanaan Profil Balok I Baja

- Pendekatan profil

$$h = \frac{1}{15} \times L = \frac{1}{15} \times 11,5 = 0,76 \text{ m}$$

- Dicoba profil IWF = 600 x 200 x 11 x 17

Diketahui :

$$A = 134,4 \text{ cm}^2$$

$$G = 150 \text{ kg/m} < G \text{ asumsi } 250 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 77600 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 2590 \text{ cm}^3$$

- Tentukan “ E_c ” dan “ n ”

$$\text{Mutu beton} = \text{K-350} = 29,05 \text{ Mpa (} f_c' \text{)}$$

$$\text{Berat jenis beton } w = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus elastisitas } E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \times \sqrt{29,05} = 25332,1 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.000}{25332,1} = 7,895$$

- b_e (lebar efektif pelat beton) diambil nilai terkecil dari :

$$b_e \leq L/4 = 11,5/4 = 2,875 \text{ m}$$

$$b_e \leq b_0 = 1,5 \text{ m}$$

maka diambil b_e yang terkecil

$$\frac{b_e}{n} = \frac{1,5}{7,9} = 0,19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

Tabel 4.1 Menentukan garis netral

Sumber : Data Olahan (2021)

Bahan	A (cm ²)	Y (cm)	A.Y (cm ³)
Beton	380	70	26600
Baja	134,4	30	4032
	514,4		30632

$$- \quad Y_{\text{beton}} = H + \frac{1}{2} t_c \quad Y_{\text{baja}} = \frac{1}{2} H$$

$$- \quad Y_b = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{30632}{514,4} = 59,55 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad Y_a &= (h \text{ baja} + h \text{ beton}) - Y_b \\
 &= (60 + 20) - 59,55 \\
 &= 20,45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$Y_1 = Y_b - \frac{1}{2} H \text{ baja} = 59,55 - 40 = 29,55 \text{ cm}$$

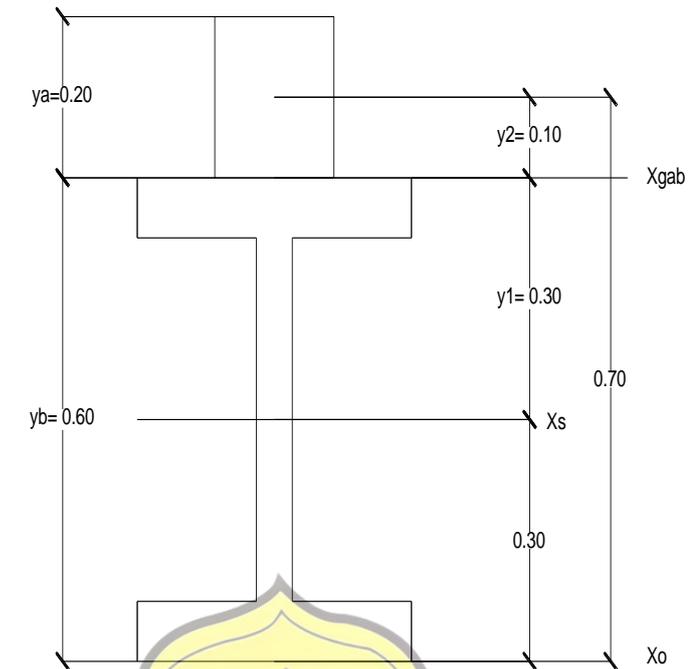
$$Y_2 = Y_a - \frac{1}{2} t_c = 29,55 - 10 = 19,55 \text{ cm}$$

$$Y_3 = Y_2 - \frac{1}{2} t_c = 19,55 - 10 = 9,55 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad I_{X \text{ beton}} &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{b_e}{n} \times t_c^3 \right) + \left(\frac{b_e}{n} \times t_c \times Y_2^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 19 \times 20^3 \right) + (20 \times 19 \times 10^2) \\
 &= 291333,3 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad I_{X \text{ baja}} &= I_{X \text{ profil}} + (A_{\text{baja}} \times Y_1^2) \\
 &= 77600 + (134,4 \times 30^2) \\
 &= 198560 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad I_{X \text{ gab}} &= I_{X \text{ beton}} + I_{X \text{ baja}} \\
 &= 291333 + 198560 \\
 &= 489893 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Gambar Profil Baja

Sumber : Data Olahan (2022)

4.5 Analisa Kekuatan Balok

Diketahui: $M_u = 95,473 \text{ ton.m}$

$$M_{Ud} = (1,2 \times 19,953) = 23,944 \text{ ton.m}$$

$$M_{UL} = (1,6 \times 89,413) = 143,061 \text{ ton.m}$$

$$I_{X \text{ gab}} = 489893 \text{ cm}^4$$

$$n = 7,9 \quad \phi = 0,9$$

$$Y_a = 20 \text{ cm} \quad Y_b = 60 \text{ cm}$$

$$Y_1 = 24,24 \text{ cm} \quad Y_2 = 20,76 \text{ cm}$$

$$Y_3 = 10,76 \text{ cm} \quad W_x = 2590 \text{ cm}^3$$

4.5.1 Analisa Kekuatan Balok Untuk Sistem Tertunjang dan Sistem

Terlayang

- Sistem Terlayang

Tegangan lentur pada serat terbawah baja

$$\begin{aligned}
 F_{sb} &= \frac{M_u \times Y_b}{\phi \times I_{X_{gab}}} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{(167,005 \times 10^5) \times (60)}{0,8 \times 489893} \\
 &= 2556,75 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{OK}
 \end{aligned}$$

Tegangan lentur pada serat atas baja

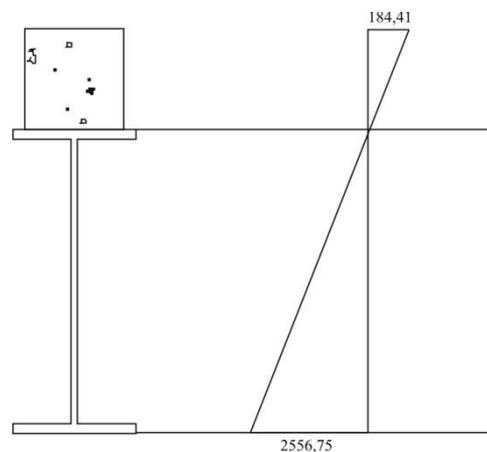
$$F_{sa} = \frac{M_u \times Y_3}{\phi \times I_{X_{gab}}} = \frac{(167,005 \times 10^5) \times (0)}{0,8 \times 489893} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lentur pada serat terbawah beton

$$F_{cb} = \frac{M_u \times Y_3}{\phi \times I_{X_{gab \times n}}} = \frac{(167,005 \times 10^5) \times (0)}{0,8 \times 489893 \times 7,9} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lentur pada serat atas beton

$$F_{ca} = \frac{M_u \times Y_a}{\phi \times I_{X_{gab \times n}}} = \frac{(431,672 \times 10^5) \times (43,747)}{0,8 \times 1599979,022 \times 8} = 184,419 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4.15 Diagram kekuatan balok sistem tertunjang

Sumber : Data Olahan (2022)

- **Sistem Tertunjang**

$$F_{sa} - F_{sb} = \frac{M_{uD}}{\phi \times W_x} = \frac{23,944 \times 10^5}{0,8 \times 2795} = 1070,84 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lentur pada serat terbawah baja

$$F_{sb} = \frac{M_{ul} \times Y_b}{\phi \times I_{X_{gab}}} = \frac{(143.061 \times 10^5) \times (60)}{0,8 \times 489893} = 2190,18 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lentur pada serat atas baja

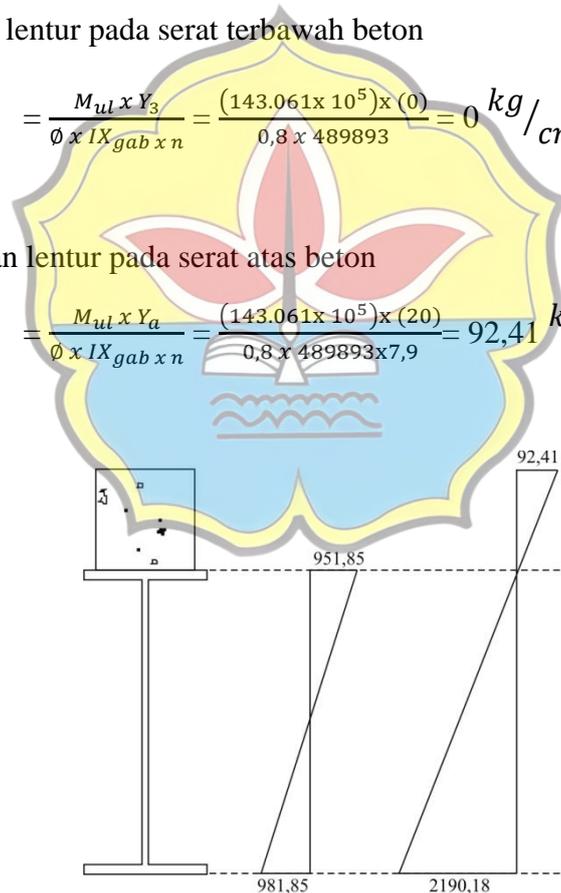
$$F_{sa} = \frac{M_{ul} \times Y_3}{\phi \times I_{X_{gab}}} = \frac{(143.061 \times 10^5) \times (0)}{0,8 \times 489893} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lentur pada serat terbawah beton

$$F_{cb} = \frac{M_{ul} \times Y_3}{\phi \times I_{X_{gab}} \times n} = \frac{(143.061 \times 10^5) \times (0)}{0,8 \times 489893} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

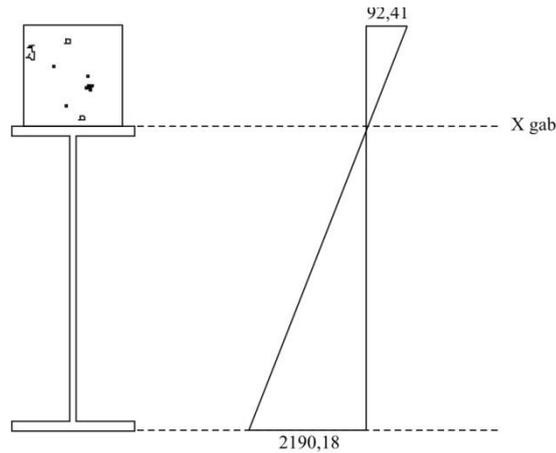
Tegangan lentur pada serat atas beton

$$F_{ca} = \frac{M_{ul} \times Y_a}{\phi \times I_{X_{gab}} \times n} = \frac{(143.061 \times 10^5) \times (20)}{0,8 \times 489893 \times 7,9} = 92,41 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4.16 Diagram kekuatan balok sistem terlayang

Sumber : Data Olahan (2022)



Gambar 4.17 Diagram total kekuatan balok sistem terlayang

Sumber : Data Olahan (2022)

4.5.2 Perhitungan Lendutan

Diketahui:

$$\text{Beban Hidup (P}_{LL}\text{)} = 15000 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{LL}\text{)} = 2800 \text{ kg/cm} = 28 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{DL}\text{)} = 1207 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{DL} + \text{q}_{LL}\text{)} = 40.07 \text{ kg/cm}$$

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Syarat: } \delta = \frac{5 \times q_{total} \times L^4}{384 \times E \times I_{X \text{ comp}}} + \frac{P_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_{X \text{ comp}}} \leq \frac{1}{360} L$$

$$\frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 1150 \text{ cm} = 3.194 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{5 \times q_{total} \times L^4}{384 \times E \times I_{X \text{ comp}}} + \frac{P_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_{X \text{ comp}}}$$

$$\delta = \frac{5 \times 40.07 \times 1150^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 489843} + \frac{15000 \times 1150^3}{48 \times (2,1 \times 10^6) \times 489843}$$

$$\delta = 0,887 + 0,462 = 1,349$$

$$\delta = 3,647$$

$$\delta \leq \frac{1}{360} L \rightarrow 1,349 \text{ cm} \leq 3,194 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

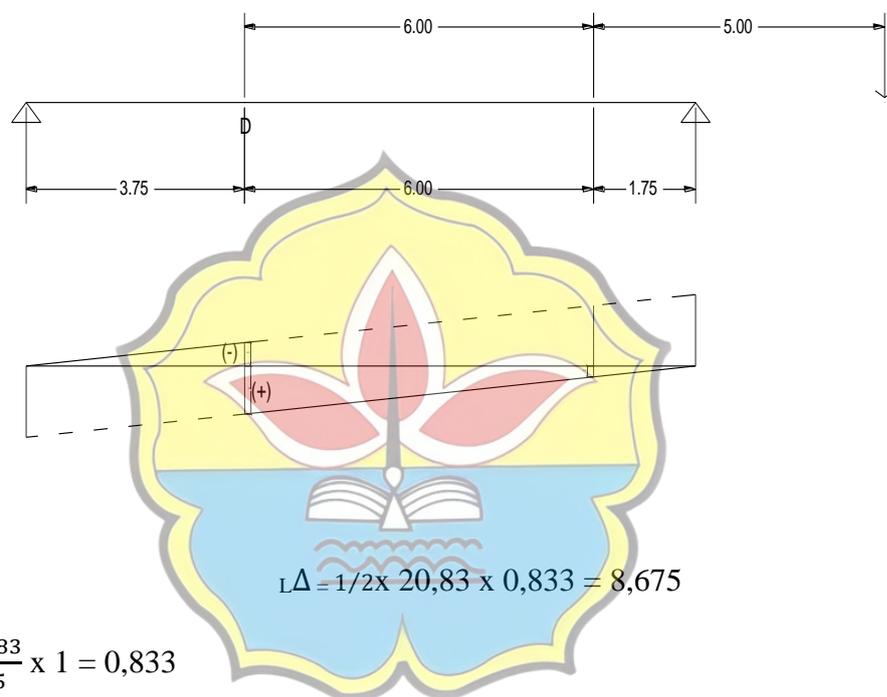
$$D_{DL\ C} = \frac{(\text{jarak } C-E)}{1/2 L} \times 17,575 \text{ Ton}$$

$$= \frac{8,33}{12,5} \times 17,575 = 11,712 \text{ Ton}$$

$$D_{DL\ D} = \frac{(\text{jarak } D-E)}{1/2 L} \times 17,575 \text{ Ton}$$

$$= \frac{4,16}{12,5} \times 17,575 = 5,849 \text{ Ton}$$

Garis pengaruh di C (GP_{DC})



$$Y = 1$$

$$Y_1 = \frac{20,83}{25} \times 1 = 0,833$$

$$Y_2 = \frac{14,83}{20,83} \times 0,833 = 0,593$$

$$Y_3 = \frac{9,83}{20,83} \times 0,833 = 0,393$$

$$DC_{LL\ (T)} = (R_c \times Y_1) + (R_c \times Y_2) + (1/4 R_c \times Y_3)$$

$$= (17,333 \times 0,833) + (17,333 \times 0,593) + (17,333 \times 0,393)$$

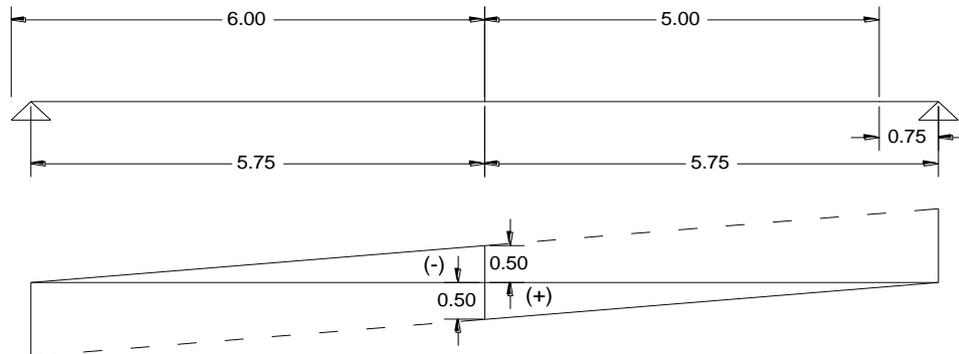
$$= 31,528 \text{ Ton}$$

$$DC_{LL\ (D)} = (P_L \times Y_1) + (L\Delta \times q_L)$$

$$= (15,680 \times 0,833) + (8,675 \times 0,029)$$

$$= 13,313 \text{ Ton}$$

Garis pengaruh di D (GP_{DD})



$$Y = 1$$

$$L\Delta = 1/2 \times 16,66 \times 0,666 = 5,547$$

$$Y_1 = \frac{16,66}{25} \times 1 = 0,666$$

$$Y_2 = \frac{10,66}{16,66} \times 0,666 = 0,426$$

$$Y_3 = \frac{5,66}{16,66} \times 0,666 = 0,226$$

$$\begin{aligned} DD_{LL} (T) &= (R_c \times Y_1) + (R_c \times Y_2) + (1/4 R_c \times Y_3) \\ &= (17,333 \times 0,666) + (17,333 \times 0,426) + (17,333 \times 0,226) \\ &= 22,844 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DD_{LL} (D) &= (P_L \times Y_1) + (L\Delta \times q_L) \\ &= (15,680 \times 0,666) + (5,547 \times 0,029) \\ &= 10,603 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Gaya geser

Sumber : Data Olahan (2021)

Titik	DL (ton)	LL		K1	K2
		T(ton)	D(ton)		
A	17,575	40,212	16,042	85,429	46,757
C	11,712	31,528	13,313	64,499	35,355
D	5,849	22,844	10,603	43,569	23,983
E	0,000	14,213	7,930	22,740	12,688

$$K1 = 1,2 D_L + 1,6 LL (T)$$

$$K2 = 1,2 D_L + 1,6 LL (D)$$

Dipakai yang terbesar

$$A_C = B_E \times L_C$$

$$= 160 \times 25$$

$$= 4000 \text{ cm}^2$$

$$Q1 = 0,85 \times f_c' \times A_C$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \times 4000$$

$$= 1190000 \text{ kg}$$

$$Q2 = A_s \times f_y$$

$$= 372,34 \times 2900 \text{ kg/cm}^2 = 1079786 \text{ kg}$$

Data : $t_c = 20 \text{ cm}$

$$t_{f1} = 1,6 \text{ cm}$$

$$t_{f2} = 3,8 \text{ cm}$$

$$Y_a = 43,747 \text{ cm}$$

$$I_{xgab} = 1599979,022 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 25 \text{ cm}$$

$$be/n = 20 \text{ cm}$$

$$h_s = Y_a - t_c - t_{f2}$$

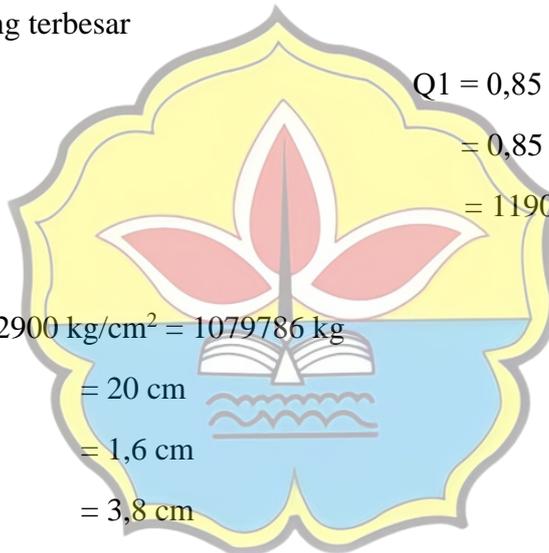
$$= 43,747 - 20 - 3,8$$

$$= 14,947 \text{ cm}$$

$$Y_1 = Y_a - (1/2 t_c)$$

$$= 43,747 - (1/2 \times 20)$$

$$= 33,747 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}
 Y_2 &= Y_a - t_c - (1/2 t f_2) \\
 &= 43,747 - 20 - (1/2 \times 3,8) \\
 &= 21,847 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= Y_a - t_c - t f_2 - (1/2 h s) \\
 &= 43,747 - 20 - 3,8 - (1/2 \times 14,947) \\
 &= 12,473 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tegangan geser

$$V = \frac{D \times S_x}{\emptyset b \times I_X \text{ gab}} = \dots \leq \tilde{V} = 0,6 f_y$$

Dimana : D = gaya lintang (kg)

S = statis momen (cm³)

B = lebar baja geser yang ditinjau (cm)

I = momen inersia penampang (cm⁴)

$$\begin{aligned}
 S_x &= (b e / n \times t_c \times Y_1) + (b f \times t f_2 \times Y_2) + (h s \times t f_1 \times Y_3) \\
 &= (20 \times 20 \times 33,747) + (25 \times 3,8 \times 21,847) + (13,910 \times 1,6 \times 12,473) \\
 &= 17097,143 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_a &= \frac{D_a \times S_x}{b f \times I_X \text{ gab}} = \frac{85429 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022} \\
 &= 36,515 \text{ kg/cm}^2 \leq \tilde{V} = 0,6 \cdot f_y \\
 &= 36,515 \text{ kg/cm}^2 \leq 1740 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{D_c \times S_x}{b f \times I_X \text{ gab}} = \frac{64499 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022} \\
 &= 27,569 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_D &= \frac{D_d \times S_x}{b f \times I_X \text{ gab}} = \frac{43569 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022} \\
 &= 18,622 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_E &= \frac{D_e \times S_x}{b f \times I_X \text{ gab}} = \frac{22740 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022} \\
 &= 9,719 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

4.6.2 Perhitungan *Shear Connector*

d = diameter *Shear Connector* (cm)

d = 1,27 cm (asumsi)

f_c' = 350 kg/cm²

f_u = 500 Mpa = 5098,600 kg/cm²

E_c = 25332,1 Mpa = 258316,490 kg/cm²

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

= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,27^2$

= 1,266 cm²

Q_C = $0,5 \times AS_C \times \sqrt{f_c \cdot E_c}$

= $0,5 \times 1,266 \times \sqrt{350 \times 258316,490}$

= 6018,853 kg

$AS_C \cdot f_u$ = $1,266 \times 5098,600$

= 6454,827 kg

Syarat : $Q_C \leq AS_C \times f_u$

$6018,853 \text{ kg} \leq 6454,827 \text{ kg}$

.....OK

Gaya geser A – C

$V_{rata**} = \frac{V_a + V_c}{2} = \frac{36,515 + 27,569}{2} = 32,042 \text{ kg/cm}^2$

$Q_{3a} = b_f \times V_{rata**} \times L_x$

= $20 \times 32,042 \times 375$

= 240315 kg

$Q_{3b} = b_e/n \times V_{rata**} \times L_x$

= $19 \times 32,042 \times 375$

= 228299,25 kg

Dipakai yang terbesar

$Q_{3a} \geq Q_{3b} \rightarrow 240315 \text{ kg} \geq 228299,25 \text{ kg}$

$Q_3 = 240315 \text{ kg}$

- Jumlah *Shear Connector*

$$n = \frac{Q_{max}}{Q_c} = \frac{240315}{6018,853} = 40 \text{ buah}$$

- Jumlah perbaris

$$n_1 = \frac{n}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ buah}$$

- Jarak *Shear Connector* $\rightarrow X_A - c = 375 \text{ cm}$

$$\frac{x}{n_1+1} = \frac{375}{20-1} = 19,73 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar stud = 15 cm

- Jarak minimum Longitudinal = $6 \times D = 6 \times 1,27 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$

Gaya Geser C- D

$$V_{rata**} = \frac{V_c + V_D}{2} = \frac{27,569 + 18,622}{2} = 23,095 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= bf \times V_{rata**} \times Lx \\ &= 20 \times 23,095 \times 200 \\ &= 92380 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q_3 = 92380 \text{ kg}$$

- Jumlah *Shear Connector*

$$n = \frac{Q_{max C-D}}{Q_c} = \frac{92380}{6018,853} = 16 \text{ buah}$$

- Jumlah perbaris

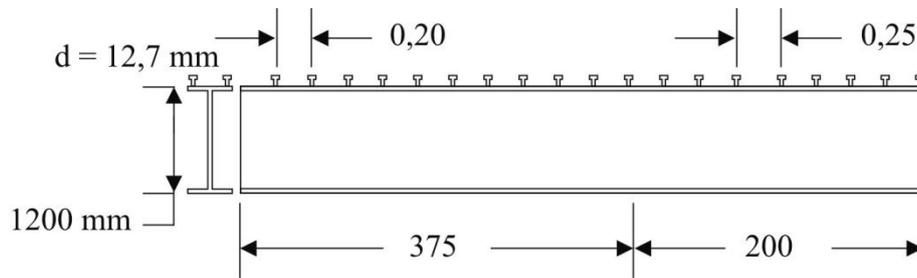
$$n_1 = \frac{n}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ buah}$$

- Jarak *Shear Connector* C - D $\rightarrow X_{C-D} = 200 \text{ cm}$

$$\frac{x}{n_1+1} = \frac{200}{8-1} = 28,57 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar stud = 25 cm

- Jarak min. Longitudinal = $6 \times D = 6 \times 1,27 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$



Gambar 4.18 Penampang *Shear Connector*

Sumber : Data Olahan (2022)



5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan struktur yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pelat lantai jembatan dengan tebal 20 cm menggunakan beton bertulang dengan mutu K-350 diperoleh penulangan pokok D14-200 dan untuk tulangan bagi $\emptyset 12-150$.
2. Gelagar utama memakai profil IWF 600 x 200 x 11 x 17 dengan sistem komposite baja-beton, dimana sumbu gabungan (X_{gab}) didapat tepat pada

pertemuan baja-beton dengan tegangan lentur baja dan tegangan tekan beton pada titik tersebut adalah nol.

3. Pada perhitungan sistem tertunjang didapat tegangan lentur tarik pada serat bawah baja sebesar $2272,67 \text{ Kg/cm}^2 < f_y = 2900 \text{ Kg/cm}^2$ dan tegangan tekan pada serat atas beton sebesar $95,90 \text{ Kg/cm}^2 < f_c' = 350 \text{ Kg/cm}^2$ dan memenuhi syarat kekuatan.
4. Pada perhitungan sistem terlayang didapat tegangan lentur tarik pada serat bawah baja sebesar $2898,69 \text{ Kg/cm}^2 < f_y = 2900 \text{ Kg/cm}^2$ dan tegangan tekan pada serat atas beton sebesar $82,14 \text{ Kg/cm}^2 < f_c' = 350 \text{ Kg/cm}^2$ dan memenuhi syarat kekuatan
5. Pada penghubung geser (*Shear Connector*) segmen menggunakan 3 baris diameter 12,7 mm dengan jarak *shear connector* A-C = 20 cm, jarak *shear connector* C-D = 27,5 cm, jarak *shear connector* D-E = 55 cm
6. Dari hasil analisis perhitungan analisa struktur bangunan atas jembatan secara seluruh dapat dikatakan memenuhi syarat kekuatan dan keamanan struktur.

5.2 Saran

1. Pada perencanaan struktur bangunan atas jembatan diperlukan ketelitian terhadap sistem pembebanan yang mencakup beban mati, beban hidup dan beban angin serta pengaruhnya terhadap perhitungan gaya-gaya dalam (momen dan geser) yang dihasilkan agar perencanaan struktur dapat lebih efisien

2. Diperlukan banyak membaca referensi untuk lebih memahami perencanaan struktur terutama perencanaan struktur jembatan



2005, **Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan RSNI T-03-2005**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

2016, **Standar Pembebanan Jembatan SNI 1776-2016**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

Lesmana, Yudha, 2019, **Handbook for Beginner Analisa dan Desain Struktur Baja berdasarkan SNI 1725-2016**, Pendidikan Deeppublish, Surabaya

2017, **Standar baja tulangan beton SNI 2052-2017**, badan penelitian dan pengembangan industri

Ramadan R, 2019, **Perencanaan Duplikasi Jembatan Karang Mendapo, Kec. Pauh, Kab. Sarolangun Menggunakan Balok Baja**, Tugas Akhir, Teknik Sipil, Unbari, Jambi

Supriyadi, Bambang, dan Agus Setyo Muntohar, 2007, **Jembatan, Beta Offset**, Yogyakarta

Struyk, H.J., K.H.C.W. Van Der Veen, dan Soemargono, 1990, **Jembatan**, Edisi Ketiga, Pradnya

Paramita Pustaka Teknologi dan Informasi, Jakarta

Salmon, C.G & Johnson, J.E., 1992, **Struktur Baja Desain dan Perilaku, Edisi Ke-3 Jilid I dan Jilid**

II, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Setiawan, A, 2013, **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD**, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta

Spiegel, L & Limbrunner, F.G., 1991, **Desain Baja Struktural Terapan**, Eresco, Bandung

Wiryanto Dewobroto, 2016, **Struktur Baja, Perilaku, Analisa, dan Desain-AISC 2010**, Edisi Ke-2,

Lumina Press – Jurusan Teknik Sipil UPH, Tangerang Banten