

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEL. KAMPUNG TENGAH  
KEC. PELAYANGAN KOTA JAMBI**



*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum Program Strata Satu ( S1)  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari*

**DISUSUN OLEH :**

**ILHAM FADEL MUHAMMAD**

**NIM : 1200822201047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BATANGHARI**

**JAMBI**

**2019**

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dari awal hingga akhir. Tugas ini adalah salah satu pelengkap untuk menyelesaikan program pendidikan pada jenjang strata satu (S-1) Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Batanghari. Tugas Akhir ini ditulis berdasarkan hasil dari kajian dan kesepakatan, maka judul tugas akhir ini berjudul **“Analisis Struktur Jembatan Sei. Kampung Tengah Kec. Pelayangan Kota Jambi”**.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis sudah berusaha semaksimal mungkin, namun sebagai insan beragama dan beriman menyadari bahwa kesempurnaan hanya ada pada yang Maha Kuasa Allah SWT dan kita semua sebagai makhlukNya memiliki banyak kekurangan dan untuk itu perkenankanlah penulis mohon maaf bila terdapat kesalahan atau pun kehilafan dalam penulisan ini.

Dalam penulisan tugas akhir, penulis banyak mendapatkan bantukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari dan juga sekaligus sebagai Pembimbing Akademik buat saya.
2. Ibu Elvira Handayani ST, MT selaku Ketua Program Studi Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

3. Bapak Suhendra, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak M. Nuklirullah, ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak/ Ibu Dosen beserta staf-staf pada Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
6. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan mensupport saya untuk menyelesaikan studi saya.
7. Semua pihak dan rekan-rekan saya yang membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam hal penulis juga berharap kepada pembaca semoga ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis secara pribadi. Untuk kesempurnaan tugas akhir ini, penulis juga membutuhkan kritik dan saran yang membangun guna untuk meminimalisir kesalahan dan mendekatin kesempurnaan dimasa yang akan datang.

Jambi, Agustus 2019

**Penulis**

**Ilham Fadel Muhammad**

## DAFTAS ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI .....	xii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.3 Manfaat .....	2
1.4 Rumusan Masalah.....	2
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Lokasi Studi .....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Umum .....	6
2.2 Bentuk dan tipe Jembatan .....	7
2.3 Bagian Konstruksi Pada Jembatan.....	9
2.3.1 Bangunan Atas Jembatan.....	9
2.3.2 Bangunan Bawah Jembatan .....	11
2.4 Pembebanan Jembatan .....	13
2.4.1 Beban permanen .....	13
2.4.2 Berat Sendiri (Beban Mati).....	15
2.4.3 Beban Mati Tambahan / Utilitas .....	15
2.4.3.1 Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan.....	16
2.4.4 Beban Lalu Lintas .....	16

2.4.4.1 Lajur lalu lintas rencana .....	17
2.4.5 Beban truk "T" ( <i>TT</i> ) .....	21
2.4.6 Klasifikasi pembebanan lalu lintas .....	28
2.4.7 Faktor beban dinamis.....	28
2.4.8 Gaya rem ( <i>TB</i> ) .....	30
2.4.9 Gaya sentrifugal ( <i>TR</i> ) .....	31
2.4.10 Pembebanan untuk pejalan kaki ( <i>TP</i> ) .....	32
2.4.11 Beban akibat tumbukan kendaraan ( <i>TC</i> ) .....	32
2.4.12 Bebab Fatik.....	33
2.5 Dasar-Dasar Perhitungan Konstruksi.....	35
2.5.1 Kekuatan Nominal Beton.....	35
2.5.2 Tegangan Ijin .....	36
2.5.3 Konstruksi Balok T pada Jembatan .....	37
2.5.4 Konstruksi Abutment.....	43
2.5.5 Konstruksi Pondasi Tiang Pancang .....	46
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Objek Analisis.....	51
3.2 Pengumpulan Data.....	51
3.1.1 Data Primer.....	51
3.1.2 Data Sekunder .....	51
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	53
<b>BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN</b>	
4.1 Struktur Atas Jembatan.....	54
4.1.1 Sandaran .....	54
4.1.2 Plat Lantai Jembatan .....	57
4.1.3 Gelagar Memanjang Jembatan .....	62
4.1.4 Balok <i>Diafragma</i> .....	71
4.1.5 Elastomer ( <i>Bearing Pad</i> ).....	74

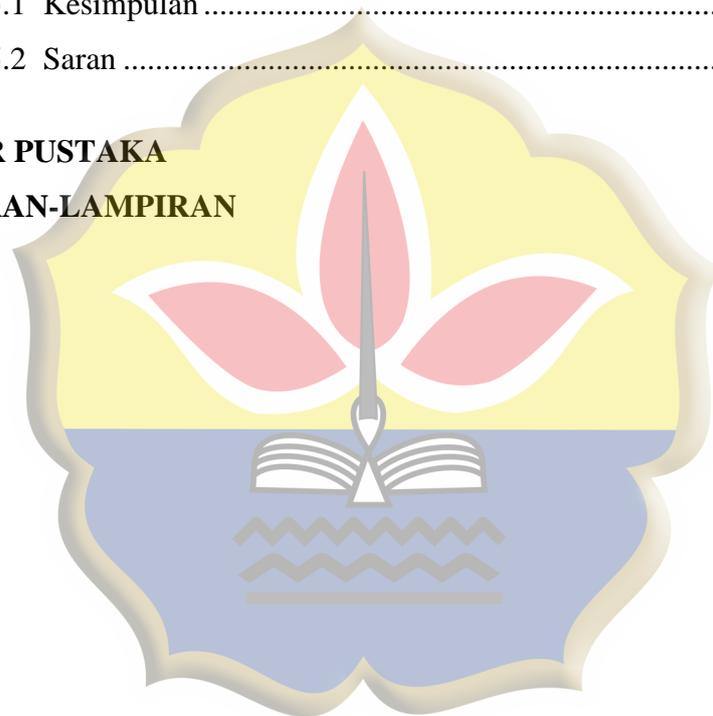
4.2 Struktur Bawah Jembatan .....	75
4.2.1 Analisis Beban Kerja .....	75
4.2.2 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang .....	77
4.2.3 Penulangan <i>Abutment Trestle</i> Arah Melintang .....	80
4.2.4 Penulangan <i>Abutment Trestle</i> Arah Memanjang .....	82
4.3 Ringkasan Hasil Perhitungan .....	84

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran .....	88

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Peta Lokasi Studi .....	4
Gambar 1.2 : Denah Lokasi Studi.....	4
Gambar 2.1 : Beban Lajur “D” .....	19
Gambar 2.2 : Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang.....	21
Gambar 2.3 : Pembebanan truk “T” .....	22
Gambar 2.4 : Penempatan beban truk untuk kondisi momen negatif maksimum .....	26
Gambar 2.5 : Faktor Beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D” .....	30
Gambar 2.6 : Lebar efektif balok dengan sayap .....	38
Gambar 2.7 : Analisis Balok T Tulangan Tunggal.....	39
Gambar 2.8 : Analisis Balok T Tulangan Ganda.....	41
Gambar 2.9 : Jarak Tiang Pancang .....	48
Gambar 2.10: Beban Normal Sentris.....	48
Gambar 2.11 : Beban Normal Eksentris .....	48
Gambar 3.1 : Detail Potongan Melintang Bangunan Atas Jembatan .....	51
Gambar 3.2 : Detail Potongan Melintang Bangunan Bawah Jembatan.....	52
Gambar 3.3 : Detail Potongan Memanjang Jembatan .....	52
Gambar 3.4 : Diagram alir Proses Penelitian.....	53
Gambar 4.1 : Penampang Melintang Tiang Sandaran .....	54
Gambar 4.2 : Penampang Memanjang Tiang Sandaran .....	54
Gambar 4.3 : Penulangan Tiang Sandaran .....	57

Gambar 4.4 : Penampang Melintang Plat Lantai Kendaraan .....	57
Gambar 4.5 : Pembebanan Truk pada Plat Lantai .....	59
Gambar 4.6 : Perletakan Beban Truk pada Plat Lantai .....	59
Gambar 4.7 : Penulangan Plat Lantai .....	62
Gambar 4.8 : Denah Penulangan Plat Lantai.....	62
Gambar 4.9 : Perletakan Beban pada Gelagar Memanjang .....	63
Gambar 4.10: Perletakan Tulangan Lentur pada Gelagar Memanjang .....	70
Gambar 4.11 : Penulangan Balok T Arah Melintang .....	71
Gambar 4.12: Penampang Melintang Balok <i>Diafragma</i> .....	71
Gambar 4.13: Penulangan Diafragma.....	73
Gambar 4.14: Penampang Melintang Struktur Atas Jembatan.....	75
Gambar 4.15: Penampang Melintang Struktur Bawah Jembatan.....	76
Gambar 4.16: Denah Pondasi Tiang Pancang .....	78
Gambar 4.17: Penampang Melintang Abutment Trestle .....	79
Gambar 4.18: Penampang Memanjang Abutment Trestle .....	82
Gambar 4.19: Penulangan Abutment Trestle.....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Berat Isi untuk Beban Mati.....	14
Tabel 2.2	: Faktor Beban untuk Berat Sendiri.....	15
Tabel 2.3	: Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan .....	16
Tabel 2.4	: Jumlah lajur lalu lintas rencana .....	17
Tabel 2.5	: Faktor Beban untuk Beban lajur “D” .....	18
Tabel 2.6	: Faktor Bebab untuk beban “T” .....	22
Tabel 2.7	: Faktor Kepadatan lajur (m).....	24
Tabel 2.8	: Fraksi lalu lintas truk dalam satu lajur (p).....	34
Tabel 2.9	: LHR berdasarkan klasifikasi jalan.....	34
Tabel 2.10	: Kombinasi Beban Untuk Perencanaan Tegangan Kerja.....	44
Tabel 4.1	: Kombinasi Beban pada Plat Lantai.....	60
Tabel 4.2	: Kombinasi Beban pada Gelagar .....	65
Tabel 4.3	: Titik Berat Tulangan Lentur .....	70
Tabel 4.4	: Kombinasi Beban pada Gelagar .....	77
Tabel 4.5	: Hasil Sondir .....	78
Tabel 4.6	: Dimensi <i>Existing</i> Struktur Jembatan .....	84
Tabel 4.7	: Dimensi Hasil Perhitungan Struktur Jembatan.....	84
Tabel 4.8	: <i>Existing</i> Tulangan Struktur Jembatan.....	85
Tabel 4.9	: Hasil Perhitungan Tulangan Struktur Jembatan .....	78

## DAFTAR NOTASI

$D$	=	Beban Lajur
$BTR$	=	beban terbagi rata
$BGT$	=	Beban garis terpusat
$TT$	=	Beban truk "T"
$FBD$	=	faktor beban dinamis
$LE$	=	Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen
$Lav$	=	panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus
$Lmax$	=	panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.
$D_E$	=	kedalaman timbunan minimum di atas struktur (mm)
$TB$	=	Gaya rem
$TR$	=	Gaya sentrifugal
$v$	=	adalah kecepatan rencana jalan raya (m/detik)
$g$	=	adalah percepatan gravitasi: 9.8 (m/detik <sup>2</sup> )
$TP$	=	Pembebanan untuk pejalan kaki ( )
$TC$	=	Beban akibat tumbukan kendaraan ( )
$LHR$	=	Lalu Lintas Harian ( )
$LHR_{SL}$	=	jumlah truk rata-rata per hari dalam satu lajur selama umur rencana
$pt$	=	adalah fraksi truk dalam satu lajur
$fc'$	=	kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.

- $\sigma_{tk}$  = Tegangan tekan ijin,  
 $f_{cf}$  = Kuat tarik lentur beton,  
 $a$  = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen beton dalam analisis kekuatan  
 $A_s$  = luas tulangan tarik, mm<sup>2</sup>  
 $f_y$  = kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang, MPa  
 $b_f$  = lebar sayap balok T  
 $b_w$  = lebar badan balok  
 $M_n$  = kekuatan momen nominal penampang, Nmm.  
 $V_n$  = kekuatan geser nominal penampang, N.  
 $B_{jTS}$  = baja tulangan sirip  
 $B_{jTP}$  = baja tulangan polos  
 $\gamma_i$  = faktor beban  
 $\phi$  = faktor reduksi kekuatan  
 $l$  = panjang komponen struktur diukur dari pusat ke pusat tumpuan.  
 $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.  
 $V_u$  = gaya geser terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang.  
 $\beta_1$  = faktor tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen beban.  
 $\rho$  = rasio tulangan tarik non-prategang.  
 $R_n$  = besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jembatan merupakan prasarana utama dalam menghubungkan 2 (dua) bagian yang terputus yang diakibatkan suatu rintangan yang tidak bisanya dibungun jalan secara konvensional, namun juga jembatan bukan hanya untuk menyeberangkan orang atau pun kendaraan yang selama ini kita ketahui akan tetapi kebutuhan jembatan untuk menghubungkan saluran perpipaan air, minyak, maupun gas, dan ada pula yang menghubungkan suatu aliran air yang menyerupai sungai seperti yang ada di negara-negara eropa.

Di Indonesia memiliki perbedaan kontur yang relatif jauh yang diakibatkan adanya lereng maupun perbukitan dan selain itu banyaknya sungai maupun anakan sungai maka dari pada itu untuk lancarnya transportasi darat maka diperlukan jembatan untuk menghubungkan, jadi tidak heran kalau di Indonesia memiliki banyak jembatan. Dan karena hal tersebut banyak daerah-daerah di Indonesia masih banyak ketinggalan dalam halnya pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan, yang dimana untuk melakukan pembangunan tersebut memerlukan biaya yang besar terutama dalam pembangunan jembatan.

Pada jembatan tersebut di lihat dari segi penggunaanya, jembatan tersebut diperuntukan untuk beban kendaraan ringan seperti motor atau pun grobak motor yang hanya memiliki muatan 1000 Kg, tetapi menggunakan hingga 3 gelagar yang dapat memikul beban lebih besar, maka dari itu perlunya melakukan perhitungan ulang sehingga mengetahui keefesiensinya jembatan tersebut.

Dalam hal ini analisis pada jembatan Sei. Kampung Tengah yang berada pada Kecamatan Pelayangan itu sangat diperlukan untuk menjadi bahan evaluasi dan kajian bersama, yang dimana kondisi alam pada daerah tersebut merupakan area persawahan yang memiliki pintu air untuk jaringan irigasi. Jembatan kelas C yang bertujuan untuk memudahkan pengangkutan hasil tani pada area tersebut.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

### 1. Maksud penulisan

Ada pun maksud dari penyusunan tugas akhir ini ialah :

1. Untuk mengetahui kekuatan jembatan tersebut.
2. mengetahui keefesian dari konstruksi jembatan tersebut setelah di rencanakan ulang

### 2. Tujuan penulisan

Ada pun tujuan dari penulisan tugas akhir ini ialah :

1. Menghitung ulang struktur bangunan atas jembatan ( tiang sandaran, plat lantai, gelagar, balok *diafragma*).
2. Menghitung ulang struktur bangunan bawah jembatan (*abutment trestle*, pondasi pancang)

## 1.3. Manfaat

Adapun manfaat tugas akhir ini ialah :

1. Menjadi bahan referensi bagi yang merencanakan jembatan beton bertulang.
2. Untuk mengetahui langkah-langkah penyelesaian perhitungan pada jembatan beton bertulang dengan peraturan yang berlaku

#### 1.4. Rumusan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis merumuskan masalah dalam beberapa hal :

1. Apakah jembatan tersebut mampu menahan beban kendaraan dengan memiliki 2 gelagar memanjang ?
2. Apakah dengan ketebalan plat lantai kendaraan tersebut dapat memikul beban kendaraan ?
3. mampukah dengan ukuran pondasi tersebut dapat menahan beban dari atas?

#### 1.5. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memberi batasan masalah agar menjadi terarah pada pokok permasalahannya, yang meliputi :

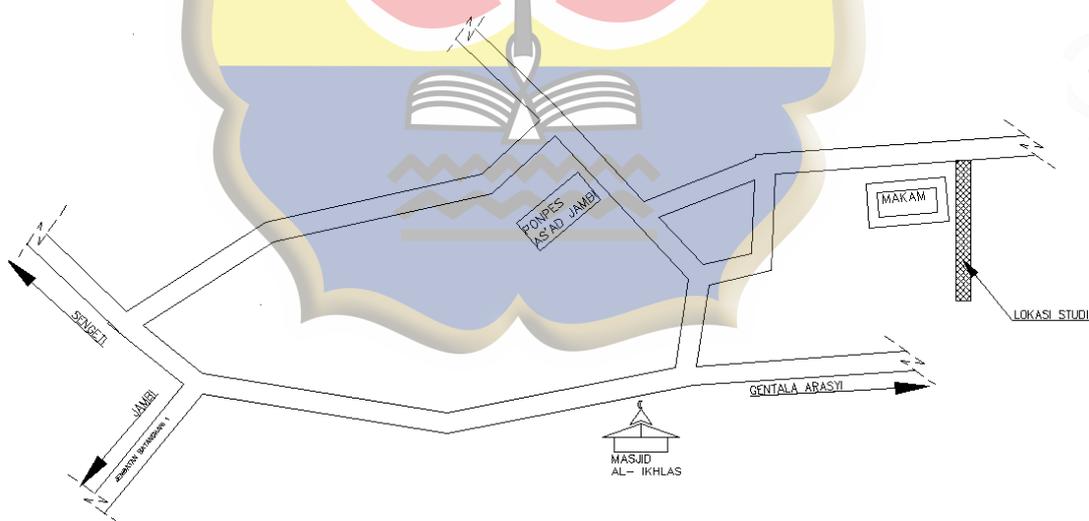
1. Observasi lokasi penelitian untuk mengetahui keadaan yang terbaru.
2. Perhitungan meliputi struktur bangun atas pada jembatan ( tiang sandaran, plat lantai, gelagar, balok *diafragma*).
3. Perhitungan meliputi struktur bangun bawah pada jembatan (*abutment trestle*, pondasi tiang pancang).
4. Menggunakan peraturan SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan.
5. Peraturan Manual Konstruksi dan Bangunan No. 009/BM/2008 Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan.
6. Perhitungan sebisanya menggunakan ukuran penampang berdasarkan ukuran yang ada dilapangan.

## 1.6. Lokasi Studi

Lokasi studi berada pada Sei. Kampung Tengah, Kec. Pelayangan, Kota Jambi, Provinsi Jambi.



Gambar 1.1 : Peta Lokasi Studi



Gambar 1.2 : Denah Lokasi Studi

## 1.7. Sistematika Penulisan

Pada penulisan Tugas Akhir ini dibuat susunan penulisan untuk mempermudah dan memahami akan isi didalamnya, dengan sistematika sebagai berikut :

### BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang, Latar Belakang, Maksud dan tujuan, Batasan Masalah, Lokasi Studi, dan Sistematika Penulisan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan uraian yang bersifat teoritis yang berhubungan dengan judul studi yang berasal dari buku-buku ataupun tulisan-tulisan lain.

### BAB III : METODOLOGI STUDI

Berisi tentang gambaran umum pada lokasi studi beserta tahapan-tahapan yang akan dilakukan oleh penulis dari halnya survei hingga perhitungan analisis Jembatan Sei. Kampung Tengah.

### BAB IV : PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

Berisi tentang penyajian hasil studi analisis dan pengolahan data serta pembahasan pada struktur atas dan bawah jembatan.

### BAB V : PENUTUP

Memberikan sebuah kesimpulan dan saran secara singkat dan jelas dari hasil analisis.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Umum

Berdasarkan UU 38 Tahun 2004 bahwa jalan dan jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keSeimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Menurut wikipedia bahasa indonesia jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyebrangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (<http://id.m.wikipedia.org/wiki/Jembatan>).

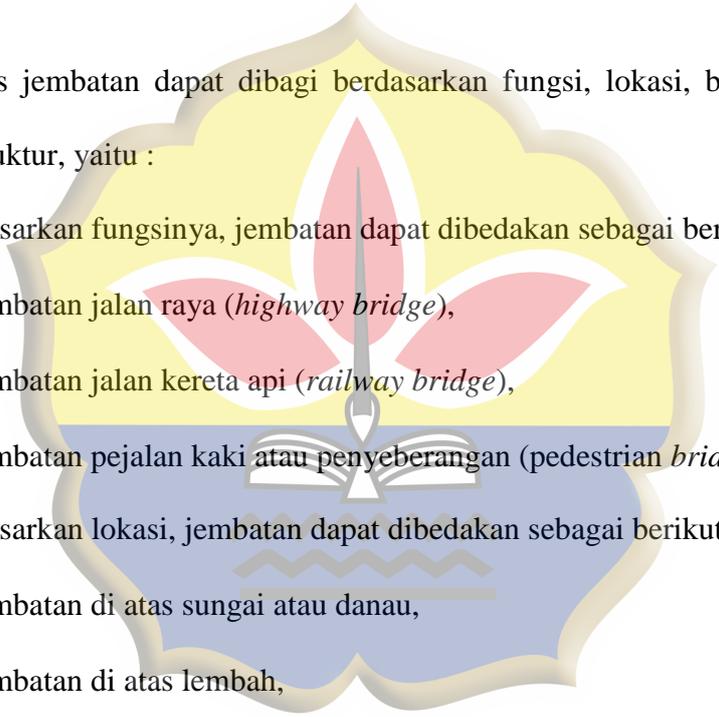
Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Yang dimaksud jembatan beton adalah bangunan jembatan yang strukturnya menggunakan beton bertulang khususnya pada bangunan atas (*upper structure*) (Asiyanto,2005). Dan menurut Asiyanto dalam bukunya berjudul “Metode Konstruksi Jembatan Beton”, secara umum fungsi jembatan apapun sama, yaitu bangunan yang menghubungkan secara fisik untuk keperluan

pelayanan transportasi dari tempat ujung satu ke ujung lainnya, yang terhalang oleh kondisi alam atau bangunan lain.

## 2.2. Bentuk dan Tipe Jembatan

Struktur jembatan mempunyai berbagai macam tipe, baik dilihat dari bahan strukturnya maupun bentuk strukturnya. Masing-masing tipe struktur jembatan cocok digunakan untuk kondisi yang berbeda sesuai perkembangan, bentuk jembatan berubah dari yang sederhana menjadi yang sangat kompleks. (Satyarno, 2003)

Jenis jembatan dapat dibagi berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur, yaitu :

- 
- a) Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut :
    - Jembatan jalan raya (*highway bridge*),
    - Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*),
    - Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*).
  - b) Berdasarkan lokasi, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut :
    - Jembatan di atas sungai atau danau,
    - Jembatan di atas lembah,
    - Jembatan di atas jalan yang ada (*fly over*),
    - Jembatan di atas saluran irigasi/drainase (*culvert*),
    - Jembatan di dermaga (*jetty*).
  - c) Berdasarkan bahan konstruksi, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :
    - Jembatan kayu (*log bridge*),
    - Jembatan beton (*concrete bridge*),

- Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*),
  - Jembatan baja (*steel bridge*),
  - Jembatan komposit (*compossite bridge*), gabungan dua jenis material, yaitu baja dan
    - beton secara bersama-sama memikul lentur dan geser.
- d) Berdasarkan tipe struktur, khusus jembatan baja dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :
- Jembatan gelagar, tersusun dari beberapa gelagar, panjang bentang berkisar 10 meter sampai dengan 30 meter. Jembatan gelagar ini dapat bersifat komposit atau non komposit, tergantung penggunaan penghubung geser (*shear connector*), juga tergantung kepada penggunaan bahan untuk lantai jembatan misal dari kayu (jembatan konvensional) atau beton.
  - Jembatan gelagar pelat (*plate girder bridge*), atau sering juga disebut jembatan dinding penuh, tersusun dari 2 (dua) atau lebih gelagar, yang terbuat dari pelat-pelat baja dan baja siku yang diikat dengan paku keling atau di las. Panjang bentang berkisar 30 meter sampai dengan 90 meter
  - Jembatan gelagar kotak (*box girder bridge*), terbuat dari pelat-pelat berbentuk kotak empat persegi atau berbentuk trapesium, umumnya digunakan dengan panjang bentang 30 meter sampai dengan 60 meter. Jembatan dapat terdiri dari gelagar kotak tunggal maupun tersusun dari beberapa gelagar.
  - Jembatan rangka (*truss bridge*), tersusun dari batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan pelat buhul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. Batang batang rangka ini hanya memikul gaya dalam

aksial (normal) tekan atau tarik, tidak seperti pada jembatan gelagar yang memikul gaya-gaya dalam momen lentur dan gaya lintang.

- Jembatan pelengkung (*arch bridge*), Tipe struktur adalah pelengkung tiga sendi, dimana sendi ketiga terletak pada puncak atas. Keistimewaan dari struktur pelengkung tiga sendi ini adalah momen yang terjadi lebih kecil karena tereduksi oleh adanya gaya horisontal pada perletakan yang menghasilkan momen negatif.
- Jembatan gantung (*suspension bridge*), Pada jembatan gantung semua gaya-gaya vertikal disalurkan melalui kabel-kabel penggantung ke tiang (*pylon*) dan perletakan ujung.
- Jembatan Struktur Kabel (*cable stayed bridge*), Pada jembatan struktur kabel (*cable-stayed bridge*) sepenuhnya gaya-gaya vertikal dipikul oleh tiang (*pylon*) yang disalurkan melalui kabel-kabel penggantung.

Berikut ini adalah bentang ekonomis jembatan menurut tipe Jembatan :

### 2.3. Bagian Konstruksi Pada Jembatan

Secara umum konstruksi jembatan rangka baja memiliki dua bagian 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 (tanah keras) di bawahnya.

#### 2.3.1. Bangunan Atas Jembatan

Pada bagian ini bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi jembatan yang menampung secara langsung beban – beban lalu lintas, orang, barang dan apa pun

yang berada di atas jembatan, dan kemudian menyalurkan beban tersebut ke bagian bawah jembatan. Bagian – bagian bangunan atas suatu jembatan terdiri dari :

1. Trotoar, merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai jalan atau permukaan aspal.
2. Slab lantai kendaraan, Berfungsi untuk memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar memanjang melalui gelagar-gelagar melintang. Pelat lantai dari beton ini mempunyai ketebalan total 20 cm.
3. Gelagar (*Girder*), merupakan balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun kendaraan yang melewati jembatan tersebut, sedangkan besarnya balok memanjang tergantung dari panjang bentang dan kelas jembatan.
4. Balok *diaphragma*, merupakan pengaku dari gelagar-gelagar memanjang dan tidak memikul beban plat lantai dan diperhitungkan seperti balok biasa.
5. Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang), berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik pada bagian atas maupun bagian bawah jembatan agar jembatan dalam keadaan stabil.
6. Tumpuan (*Bearing*), dibuat untuk menerima gaya – gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal maupun lateral dan menyalurkan ke bangunan di bawahnya, serta mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu dan untuk memeriksa kemungkinan rotasi pada perletakan yang akan menyertai lendutan dari struktur yang dibebani. Ada dua macam perletakan yaitu sendi, rol dan elastomer.

### 2.3.2. Bangunan Bawah Jembatan

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban – beban yang diberikan bangunan atas, kemudian disalurkan ke pondasi dan dari pondasi diteruskan ke tanah keras di bawahnya. Bagian – bagian yang termasuk bangunan bawah yaitu :

#### 1. Pangkal Jembatan (*Abutment*)

Abutment atau kepala jembatan adalah salah satu bagian konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung – ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan di atasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit.

#### 2. Pilar jembatan

Pilar adalah suatu bangunan bawah yang terletak di tengah – tengah bentang antara dua buah abutment yang berfungsi juga untuk memikul beban – beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi serta disebarkan ke tanah dasar yang keras.

#### 3. Pile Cap

Pile cap berfungsi untuk mengikat tiang – tiang pondasi menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Pile cap biasanya terbuat dari beton bertulang.

#### 4. Pondasi

Pondasi berfungsi untuk memikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah pendukungnya tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang berlebihan. 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:

- *Precast Reinforced Concrete Pile* *Precast reinforced concrete pile* adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancang. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah di beri penulangan-penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan.
- *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya.
- *Cast in Place Pile*, pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkannya lubang terlebih dahulu dalam

tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah. Pondasi ini digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman 2-8 meter. Bentuk penampang pondasi ini adalah bundar, segi empat dan oval.

## 2.4. Pembebanan Jembatan

Dalam menganalisis jembatan menggunakan SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi – aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan – bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan. Butir – butir tersebut di atas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama > 200 m.

### 2.4.1. Beban permanen

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan adalah massa dikalikan dengan percepaan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah  $9,81\text{m/s}^2$ . Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Berat Isi untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat/Satuan Isi ( $\text{kN/m}^3$ )	Kerapatan Masa ( $\text{kg/ m}^3$ )
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	17,2	1755

	<i>(compacted sand, silt or clay)</i>		
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
	$35 < f'c < 105 \text{ MPa}$	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$
9	Baja ( <i>steel</i> )	78,5	7850
10	Kayu ringan	7,8	800
11	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0	1125

(Sumber : SNI 1725:2016)

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan nonstruktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban terkurangi. Perencana jembatan harus menggunakan keahliannya di dalam menentukan komponen-komponen tersebut.

#### 2.4.2. Berat Sendiri (Beban Mati)

Berat sendiri (beban mati) pada jembatan adalah berat dari bagian jembatan tersebut, elemen-elemen struktural yang dipikul. Bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap. Faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2: Faktor Beban untuk Berat Sendiri

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

(Sumber : SNI 1725:2016 )

### 2.4.3. Beban Mati Tambahan / Utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.3 : Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor beban ( $\gamma_{MA}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MA}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MA}^U$ )	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 <sup>(1)</sup>	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan<sup>(1)</sup> : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(Sumber : SNI 1725:2016 )

### **2.4.3.1 Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan**

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

### **2.4.3.2 Sarana lain di jembatan**

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum yang ditempatkan pada jembatan harus dihitung seakurat mungkin. Berat pipa untuk saluran air bersih, saluran air kotor dan lainlainnya harus ditinjau pada keadaan kosong dan penuh sehingga keadaan yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

### **2.4.4. Beban Lalu Lintas**

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

### 2.4.4.1. Lajur lalu lintas rencana

Secara umum, Jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian *integer* dari hasil pembagian lebar bersih jembatan ( $w$ ) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm. Perencana harus memperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan dimasa depan sehubungan dengan perubahan fungsi dari bagian jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 2.4. Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

Tabel 2.4 : Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) mm	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10.000$	3
	$10.000 \leq w < 12.500$	4
	$12.500 \leq w < 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w < 8000$	2
	$8250 \leq w < 10,750$	3
	$11,000 \leq w < 13,500$	4
	$13,750 \leq w < 16,250$	5
	$w \geq 16,500$	6

Catatan (1) : untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.

Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

(Sumber : SNI 1725:2016 )

Berdasarkan Tabel 2.4 bila lebar bersih jembatan berkisar antara 3000 mm sampai 5000 mm, maka jumlah jalur rencana harus diambil satu lajur lalu lintas rencana dan lebar jalur rencana harus diambil sebagai lebar jalur lalu lintas. Jika jembatan mempunyai lebar bersih antara 5250 mm dan 7500 mm, maka jembatan harus direncanakan memiliki dua lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi dua. Jika jembatan mempunyai lebar bersih antara 7750 mm dan 10000 mm, maka jembatan harus direncanakan memiliki tiga lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi tiga.

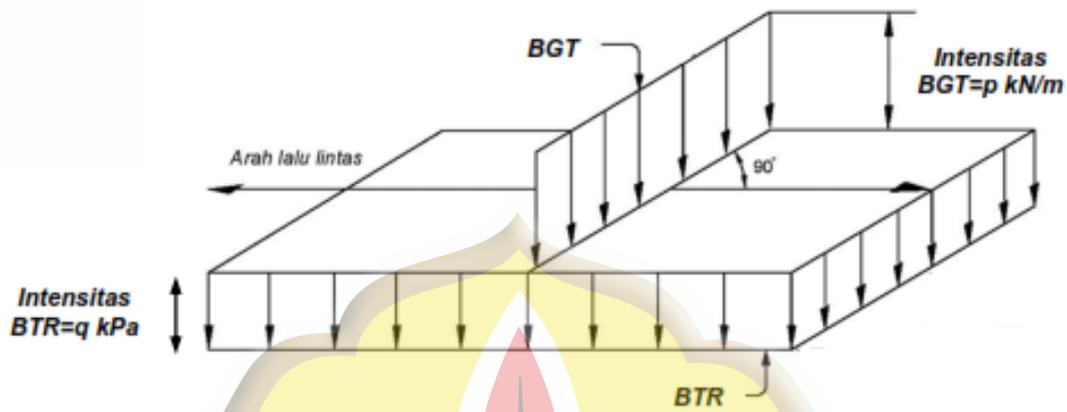
#### A. Beban Lajur “D”

Tabel 2.5 : Faktor Beban untuk Beban lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor beban ( $Y_{TD}$ )		
		Keadaan Batas Layan ( $Y_{TD}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $Y_{TD}^U$ )	
Transien	Beton	1,00	2,00	0,70
	Boks	1,00	1,40	0,80
	Girder Baja			

(Sumber : SNI 1725:2016 )

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) “ $q$ ” yang digabung dengan beban garis (BGT) “ $p$ ” seperti yang terlihat di Gambar 2.1. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani “ $L$ ” seperti berikut:



(Sumber : SNI 1725:2016 )

Gambar 2.1: Beban Lajur “D”

Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut :

$$L = 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 [ 0,5 + 15 / L ] \text{ kPa}$$

Dengan pengertian :

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

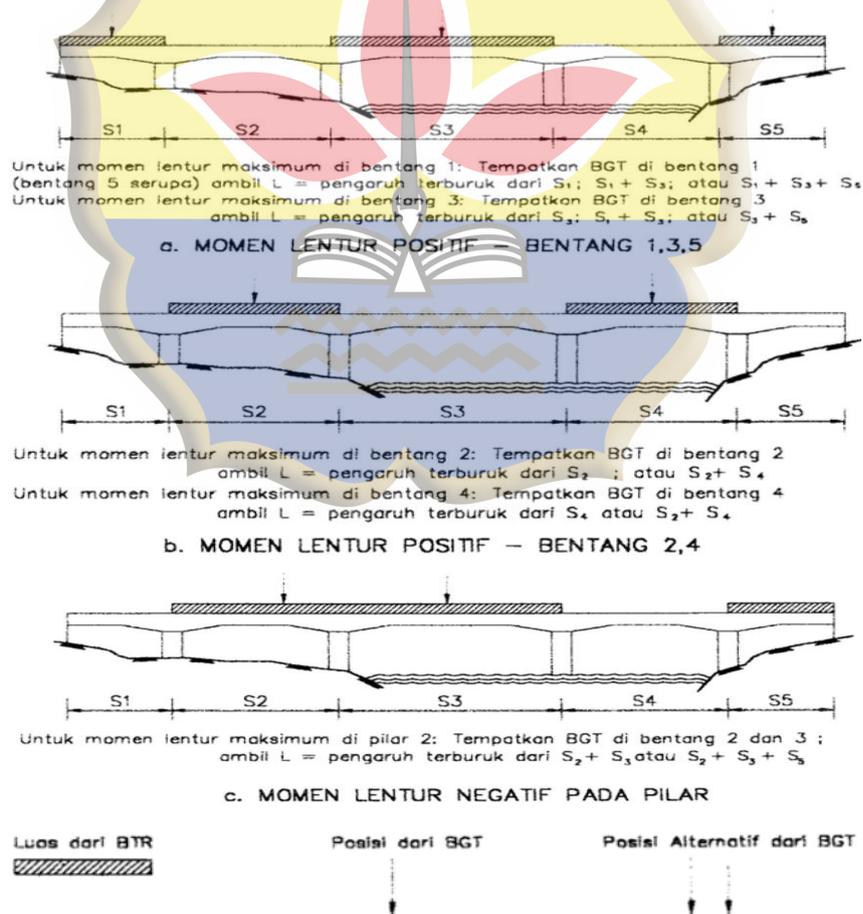
$L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

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.

### B. Distribusi beban "D"

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" secara umum dapat dilihat pada Gambar 2. Kemudian untuk alternatif penempatan dalam arah memanjang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(Sumber : SNI 1725:2016)

Gambar 2.2 : Alternatif penempatan beban "D" dalam arah memanjang

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan. Hal itu dilakukan dengan mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk parapet, kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

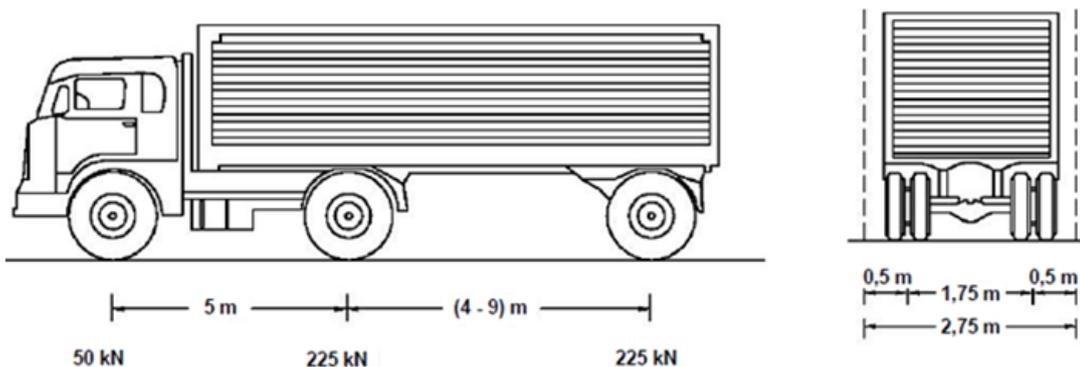
#### 2.4.5. Beban truk "T" (TT)

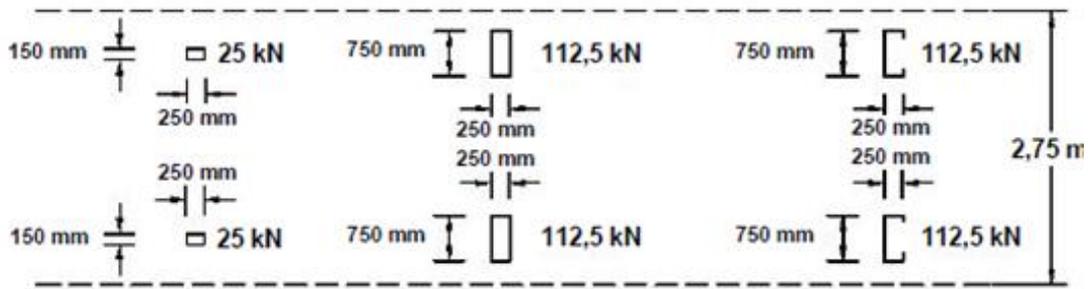
Selain beban "D", terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D". Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban "T" seperti terlihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 : Faktor Bebab untuk beban "T"

Tipe beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{TT}$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{TT}$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016 )





(Sumber : SNI 1725:2016 )

Gambar 2.3 : Pembebanan truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 2.3. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Posisi dan penyebaran pembebanan truk "T" dalam arah melintang Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, umumnya hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam Gambar 4. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Tabel 5, tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan di mana saja pada lajur jembatan

Kondisi faktor kepadatan lajur, ketentuan pasal ini tidak boleh digunakan untuk perencanaan keadaan batas fatik dan fraktur, dimana hanya satu jalur rencana

yang diperhitungkan dan tidak tergantung dari jumlah total lajur rencana. Jika perencana menggunakan faktor distribusi beban kendaraan untuk satu lajur, maka pengaruh beban truk harus direduksi dengan faktor 1,20. Tetapi jika perencana menggunakan *lever rule* atau metode statika lainnya untuk mendapatkan faktor distribusi beban kendaraan, maka pengaruh beban truk tidak perlu direduksi.

Kecuali ditentukan lain pada pasal ini, pengaruh beban hidup harus ditentukan dengan mempertimbangkan setiap kemungkinan kombinasi jumlah jalur yang terisi dikalikan dengan faktor kepadatan lajur yang sesuai untuk memperhitungkan kemungkinan terisinya jalur rencana oleh beban hidup. Jika perencana tidak mempunyai data yang diperlukan maka nilai-nilai pada Tabel 2.7.

- Dapat digunakan saat meneliti jika hanya satu jalur terisi,
- Boleh digunakan saat meneliti pengaruh beban hidup jika ada tiga atau lebih lajur terisi.

Tabel 2.7 : Faktor Kepadatan lajur (m)

Jumlah lajur yang dibebani	Faktor kepadatan lajur
1	1,2
$\geq 2$	1

(Sumber : SNI 1725:2016 )

Untuk tujuan menentukan jumlah lajur ketika kombinasi pembebanan mencakup beban pejalan kaki seperti yang ditentukan dalam Pasal 8.9 dengan satu atau lebih lajur kendaraan, maka perencana harus menentukan bahwa beban pejalan kaki akan mengisi salah satu lajur kendaraan. Faktor-faktor yang ditentukan dalam Tabel 8 tidak boleh digunakan untuk menentukan faktor distribusi beban

kendaraan. Dalam hal ini perencana harus menggunakan *lever rule* untuk menentukan beban yang bekerja pada balok eksterior.

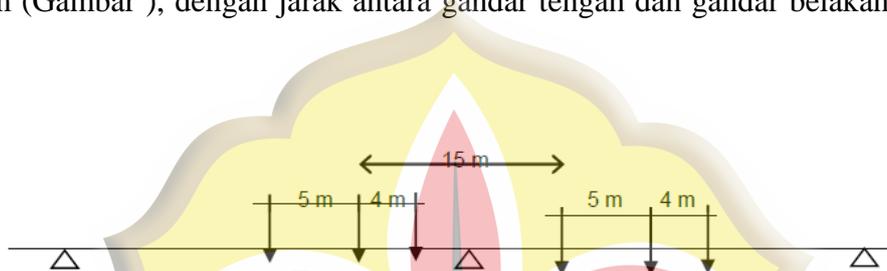
Bidang kontak roda kendaraan yang terdiri atas satu atau dua roda diasumsikan mempunyai bentuk persegi panjang dengan panjang 750 mm dan lebar 250 mm. Tekanan ban harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan bidang kontak.

Beban roda harus didistribusikan pada pelat atap gorong-gorong jika tebal timbunan kurang dari 600 mm. Jika tebal timbunan lebih dari 600 mm atau perencana menggunakan cara perhitungan pendekatan yang diizinkan, atau melakukan analisis yang lebih rinci, maka beban roda diasumsikan terbagi rata seluas bidang kontak, yang bertambah besar sesuai kedalaman dengan kemiringan sebesar 1,15 kali kedalaman timbunan, dengan memperhatikan kondisi kepadatan lajur. Untuk area dimana kontribusi beberapa roda mengalami tumpang tindih, maka besarnya beban terdistribusi ditentukan berdasarkan beban total dibagi dengan luas area. Untuk gorong-gorong bentang tunggal, pengaruh dari beban hidup dapat diabaikan jika tebal timbunan lebih tebal dari 2400 mm dan lebih besar dari panjang bentang; sedangkan untuk gorong-gorong dengan bentang menerus, pengaruh beban hidup dapat diabaikan jika tebal timbunan lebih besar dibandingkan jarak bersih antara dinding terluar. Jika momen akibat beban hidup beserta dampak pada pelat beton berdasarkan distribusi beban roda melalui timbunan lebih besar dibandingkan dengan akibat beban hidup dan dampak jika dihitung berdasarkan lebar strip ekuivalen gorong-gorong, maka harus digunakan momen yang terbesar

Penerapan beban hidup kendaraan Kecuali ditentukan lain, pengaruh beban hidup pada waktu menentukan momen positif harus diambil nilai yang terbesar dari:

1. pengaruh beban truk dikalikan dengan faktor beban dinamis (FBD), atau
2. pengaruh beban terdistribusi "D" dan beban garis KEL dikalikan FBD

Untuk momen negatif, beban truk dikerjakan pada dua bentang yang berdampingan dengan jarak gandar tengah truk terhadap gandar depan truk dibelakangnya adalah 15 m (Gambar ), dengan jarak antara gandar tengah dan gandar belakang adalah 4 m.



(Sumber : SNI 1725:2016 )

*Gambar 2.4 : Penempatan beban truk untuk kondisi momen negatif maksimum*

Gandar yang tidak memberikan kontribusi pada gaya total harus diabaikan dalam perencanaan. Beban kendaraan dimuat pada masing-masing jalur masing-masing dan harus diposisikan untuk mendapatkan pengaruh yang terbesar dalam perencanaan. Beban truk harus diposisikan pada lebar jembatan sehingga sumbu roda mempunyai jarak sebagai berikut:

- a. Untuk perencanaan pelat kantilever : 250 mm dari tepi parapet atau *railing*, dan
- b. Untuk perencanaan komponen lainnya : 1000 mm dari masing-masing sumbu terluar

roda truk. Kecuali ditentukan lain, panjang lajur rencana atau sebagian dari panjang lajur rencana harus dibebani dengan beban terdistribusi "D".

Beban hidup untuk evaluasi lendutan Jika pemilik pekerjaan menginginkan agar jembatan memenuhi kriteria lendutan akibat beban hidup, maka lendutan harus diambil sebagai nilai yang terbesar dari :

- a. lendutan akibat beban satu truk, atau
- b. lendutan akibat BTR

Beban rencana untuk pelat lantai kendaraan, sistem lantai kendaraan serta pelat atas gorong-gorong Ketentuan pada pasal ini tidak berlaku jika pelat direncanakan berdasarkan perencanaan empiris. Jika perencana menggunakan metode strip untuk menganalisis pelat lantai kendaraan dan pelat atas gorong-gorong, maka gaya-gaya rencana harus dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jika pelat membentang dalam arah melintang tegak lurus terhadap arus lalu lintas, maka hanya satu gandar dari beban truk yang digunakan untuk menghitung gaya geser atau momen lentur rencana.
- b. Jika pelat membentang dalam arah memanjang searah dengan arus lalu lintas, maka:
  1. Untuk pelat atas gorong-gorong dan/atau jembatan beton tipe pelat dengan bentang kurang dari 4500 mm, hanya satu gandar beban truk yang harus digunakan dalam perencanaan.
  2. Untuk kasus lainnya, termasuk jembatan beton tipe pelat (tidak termasuk pelat atas gorong-gorong) dengan bentang lebih besar dari 4500 mm, semua beban yang disebut dalam Pasal 8 harus ditinjau dalam perencanaan.

Jika perencana menggunakan metode yang lebih rinci untuk menganalisis pelat lantai kendaraan, gaya rencana harus ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jika pelat membentang dalam arah melintang, maka hanya satu gandar dari beban truk yang harus digunakan pada perhitungan.
- b. Jika pelat membentang dalam arah memanjang (termasuk jembatan beton tipe pelat),

maka semua beban yang disebut dalam Pasal 8 harus digunakan dalam perhitungan. Beban roda harus diasumsikan sama besarnya pada setiap gandar, dan amplifikasi beban gandar akibat gaya sentrifugal dan pengereman tidak perlu dipertimbangkan untuk perencanaan pelat lantai kendaraan.

Beban pelat kantilever, Untuk perencanaan pelat kantilever dengan bentang kurang dari 1800 mm dari sumbu gelagar eksterior terhadap tepi dalam parapet, maka beban roda dapat diganti menjadi beban garis dalam arah memanjang jembatan dengan intensitas 17 kN/m berjarak 250 mm dari tepi dalam parapet. Beban horizontal pada pelat kantilever akibat tumbukan kendaraan dengan parapet harus sesuai dengan ketentuan.

#### **2.4.6. Klasifikasi pembebanan lalu lintas**

Dalam keadaan khusus, dengan persetujuan instansi yang berwenang, pembebanan "D" setelah dikurangi menjadi 70 % bisa digunakan. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi hanya berlaku untuk jembatan darurat atau semipermanen. Faktor sebesar 70 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT. dan gaya sentrifugal yang dihitung dari BTR dan BGT. Faktor pengurangan sebesar 70 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk "T" atau gaya rem pada arah memanjang jembatan.

Pembebanan lalu lintas yang berlebih (*overload*) Dengan persetujuan instansi yang berwenang, pembebanan "D" dapat diperbesar di atas 100 % untuk

jaringan jalan yang dilewati kendaraan berat. Faktor pembesaran di atas 100 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT dan gaya sentrifugal yang dihitung dari BTR dan BGT Faktor pembesaran di atas 100 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk "T" atau gaya rem pada arah memanjang jembatan.

#### **2.4.7. Faktor beban dinamis**

Kecuali jika diperbolehkan, beban statis truk rencana harus diperbesar sesuai dengan FBD berdasarkan Gambar 6. Gaya sentrifugal dan gaya rem tidak perlu diperbesar. Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata BTR. Komponen jembatan yang ada didalam tanah, maka dapat digunakan faktor beban dinamis seperti yang ditentukan Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan untuk :

1. Dinding penahan yang tidak memikul reaksi vertikal dari struktur atas jembatan, dan
2. komponen fondasi yang seluruhnya berada dibawah permukaan tanah.

Faktor Beban Dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 Hz sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Besarnya BGT dari pembebanan lajur "D" dan beban roda dari Pembebanan Truk "T" harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali FBD. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dari pembebanan lajur "D" tidak dikali dengan FBD. Untuk pembebanan "D": FBD merupakan

fungsi panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam Gambar 6 . Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen  $L_E$  diberikan dengan rumus:

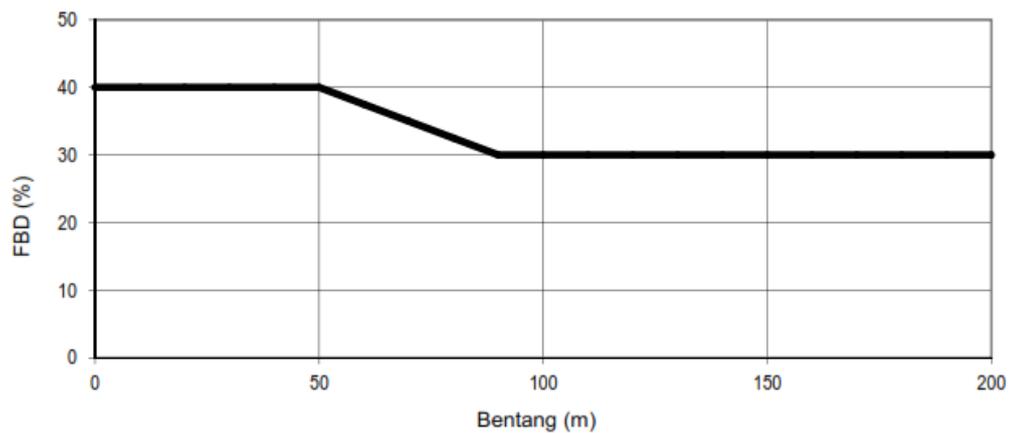
$$L_E = \sqrt{L_{av} L_{max}}$$

**Keterangan :**

$L_{av}$  adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

$L_{max}$  adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

Untuk pembebanan truk "T", FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada di bawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja-tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



(Sumber : SNI 1725:2016 )

*Gambar 2.5 : Faktor Beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D”*

Faktor beban dinamis dalam persen untuk gorong-gorong dan struktur yang terkubur lainnya harus diambil sebagai berikut:

$$FBD = 33 \times (300 - 0,125 D_E) \geq 0\%$$

Keterangan :

$D_E$  = kedalaman timbunan minimum di atas struktur (mm)

#### **2.4.8. Gaya rem (TB)**

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- a. 25% dari berat gandar truk desain atau,
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan

### 2.4.9. Gaya sentrifugal (*TR*)

Untuk tujuan menghitung gaya radial atau efek guling dari beban roda, pengaruh gaya sentrifugal pada beban hidup harus diambil sebagai hasil kali dari berat gandar truk rencana dengan faktor *C* sebagai berikut :

$$C = f \frac{v^2}{gR_l}$$

#### Keterangan :

*v* = adalah kecepatan rencana jalan raya (m/detik)

*f* = adalah faktor dengan nilai 4/3 untuk kombinasi beban selain keadaan batas fatik dan 1,0 untuk keadaan batas fatik

*g* = adalah percepatan gravitasi: 9,8 (m/detik<sup>2</sup>)

*R<sub>l</sub>* = adalah jari-jari kelengkungan lajur lalu lintas (m)

Kecepatan rencana jalan raya harus diambil tidak kurang dari nilai yang ditentukan dalam Perencanaan Geometrik Jalan Bina Marga. Faktor kepadatan lajur ditentukan berlaku pada waktu menghitung gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal harus diberlakukan secara horizontal pada jarak ketinggian 1800 mm diatas permukaan jalan. Dalam hal ini, perencana harus menyediakan mekanisme untuk meneruskan gaya sentrifugal dari permukaan jembatan menuju struktur bawah jembatan. Pengaruh superelevasi yang mengurangi momen guling akibat gaya sentrifugal akibat beban roda dapat dipertimbangkan dalam perencanaan.

### 2.4.10. Pembebanan untuk pejalan kaki (*TP*)

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Jika trotoar dapat dinaiki maka beban pejalan kaki tidak perlu dianggap bekerja

secara bersamaan dengan beban kendaraan. Jika ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Dalam hal ini, faktor beban dinamis tidak perlu dipertimbangkan.

#### **2.4.11. Beban akibat tumbukan kendaraan (TC)**

Ketentuan tidak perlu ditinjau jika struktur jembatan sudah dilindungi dengan salah satu pelindung sebagai berikut :

- a. Tanggul.
- b. Palang independen setinggi 1370 mm yang tahan tumbukan dipasang pada permukaan tanah dalam jarak 3000 mm dari bagian jembatan yang ingin dilindungi; atau
- c. Parapet dengan tinggi 1070 mm dipasang minimal 3000 mm dari bagian jembatan yang ingin dilindungi. Struktur maupun bentuk palang atau penghalang tersebut diatas harus direncanakan agar mampu menahan beban tumbukan setara Uji Level 5, sebagaimana ditentukan

Tumbukan kendaraan dengan jembatan Kecuali jembatan dilindungi dengan pelindung jembatan, semua kepala jembatan dan pilar dengan dalam jarak 9000 mm dari tepi jalan, atau dalam jarak 15000 mm dari sumbu rel harus direncanakan untuk mampu memikul beban statik ekuivalen sebesar 1800 kN, yang diasumsikan mempunyai arah sembarang dalam bidang horizontal, bekerja pada ketinggian 1200 mm diatas permukaan tanah.

### 2.4.12. Bebab Fatik

Beban fatik merupakan satu beban truk dengan tiga gandar seperti yang ditentukan, dimana jarak gandar tengah dan gandar belakang merupakan jarak yang konstan sebesar 5000 mm. Faktor beban dinamis seperti yang ditentukan harus digunakan dalam menghitung beban fatik. Frekuensi beban fatik harus diambil sebesar Lalu Lintas Harian (LHR) untuk satu lajur lalu lintas rencana. Frekuensi ini harus digunakan untuk semua komponen jembatan, juga untuk komponen jembatan yang memikul jumlah truk yang lebih sedikit. Jika tidak ada informasi yang lebih lengkap dan akurat, maka perencana dapat menentukan jumlah truk harian rata-rata untuk satu jalur sebesar :

$$LHR_{SL} = pt \times LHR$$

**Keterangan :**

$LHR$  = adalah jumlah truk rata-rata per hari dalam satu arah selama umur rencana

$LHR_{SL}$  = jumlah truk rata-rata per hari dalam satu lajur selama umur rencana

$pt$  = adalah fraksi truk dalam satu lajur

Tabel 2.8 : Fraksi lalu lintas truk dalam satu lajur (p)

Jumlah lajur Truk	pt
1	1,00
2	0,85
3 atau lebih	0,80

(Sumber : SNI 1725:2016 )

Bila tidak terdapat informasi yang akurat mengenai lalu lintas harian rata-rata, maka dapat digunakan LHR berdasarkan klasifikasi jalan sesuai dengan Tabel 2.9

Tabel 2.9 : LHR berdasarkan klasifikasi jalan

Kelas fungsional		Kelas rencana		
		Tipe I : Kelas	Tipe II	
			LHR	Kelas
Primer	Arteri	I	Semua Lalu lintas	I
	Kolektor	II	$\geq 10.000$	I
$< 10.000$			II	
Sekunder	Arteri	II	$\geq 20.000$	I
			$< 20.000$	II
	Kolektor	NA	$\geq 6.000$	II
			$< 6.000$	III
	Lokal	NA	$\geq 500$	III
			$< 500$	IV

(Sumber : SNI 1725:2016 )

Jika jembatan dianalisis dengan menggunakan metode yang rinci, sebuah truk rencana harus diposisikan dalam arah melintang dan arah longitudinal jembatan agar diperoleh rentang tegangan maksimal pada bagian jembatan yang ditinjau, tidak tergantung pada posisi lalu lintas atau lajur rencana pada lantai kendaraan jembatan.

Jika jembatan dianalisis dengan menggunakan metode pendekatan, maka harus digunakan faktor distribusi untuk satu lajur lalu lintas rencana.

## 2.5. Dasar-Dasar Perhitungan Konstruksi

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa

prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Semua komponen struktur beton bertulang harus direncanakan cukup kuat sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan, dengan menggunakan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan  $\phi$  yang sesuai.

### 2.5.1. Kekuatan Nominal Beton

Menurut aturan Manual Konstruksi dan Bangunan No.009/BM/2008 “Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan” pasal 2.3.1, kekuatan nominal beton terdiri dari :

#### 1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton untuk jembatan beton non prategang pada umur 28 hari,  $f_c'$  harus tidak boleh di bawah 20 MPa dan sedangkan untuk beton prategang kuat tekan beton disyaratkan minimal 30 Mpa.

#### 2. Kuat Tarik

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

- $0,33 \sqrt{f_c'}$  MPa 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.

### 2.5.2. Tegangan Ijin

Menurut aturan Manual Konstruksi dan Bangunan No.009/BM/2008 “Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan” tahun 2008 pasal 2.3.2 , tegangan ijin beton terdiri dari :

1. Tegangan ijin tekan pada kondisi batas layan

Tegangan tekan ijin,  $\sigma_{tk} = 0,45 \bar{f}_c$  (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,  $\sigma_{tk} = 0,6 \bar{f}_c$

Dimana:

$f_c$  adalah kuat tekan beton initial pada saat transfer gaya prategang

3. Tegangan ijin tarik pada kondisi batas layan

Tegangan tarik ijin penampang beton:

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

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)

### 2.5.3. Konstruksi Balok T pada Jembatan

Menurut aturan “Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan” tahun 2008 pasal 2.6.3 , balok T terdiri dari :

- 1) Balok T dan balok T semu

Untuk menentukan balok T semu atau sebenarnya perlu digunakan pemeriksaan terlebih dahulu tinggi blok tekan beton,  $a$  dengan asumsi awal tinggi blok tekan beton memotong flens.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b_f}$$

Setelah  $a$  asumsi diperoleh, selanjutnya diperiksa apakah  $a$  memotong flens atau badan penampang balok:

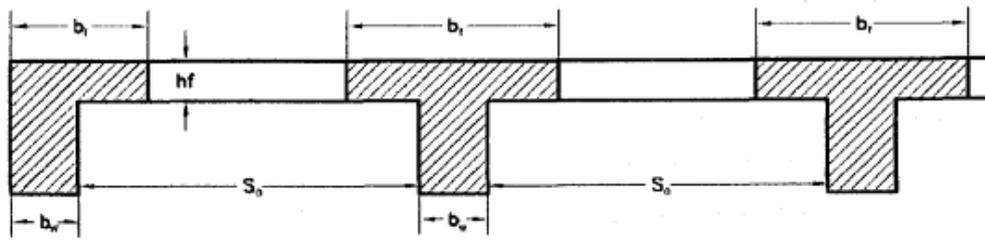
- jika  $a$  (asumsi)  $\leq h_f$ , maka dianalisis sebagai balok T semu (balok persegi seperti gambar 2.13b),
- jika  $a$  (asumsi)  $> h_f$ , maka dianalisis sebagai balok T sebenarnya seperti dapat dilihat pada gambar 2.13d

Lebar efektif sayap balok T berdasarkan SNI adalah nilai terkecil dari persyaratan sebagai berikut :

- $b_f = L/4$ , dimana  $L$  adalah panjang bentang balok tersebut
- $b_f = b_w + 16 h_f$
- $b_f = b_w + S_0$  dimana  $S_0$  adalah jarak bersih antara balok dengan balok sebelahnya.

Sedangkan lebar efektif balok L (balok yang hanya mempunyai pelat pada satu sisi saja) tidak boleh lebih dari :

- $b_f = b_w + L/12$
- $b_f = b_w + 6 h_f$
- $b_f = b_w + S_0/2$



(Sumber : MKB No.009/BM/2008 )

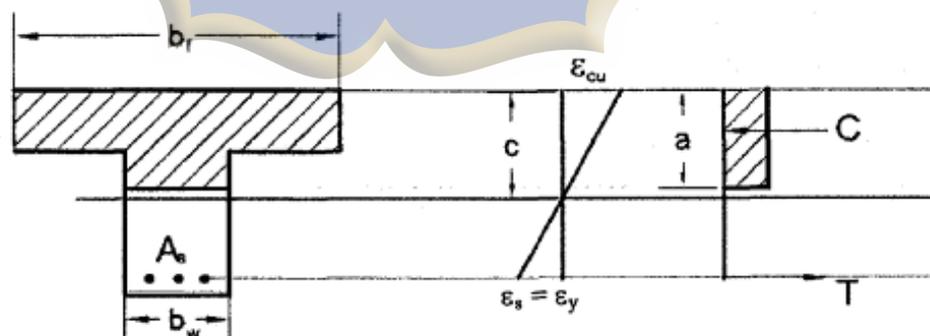
Gambar 2.6: Lebar efektif balok dengan sayap

## 2) Balok T Tulangan Tunggal

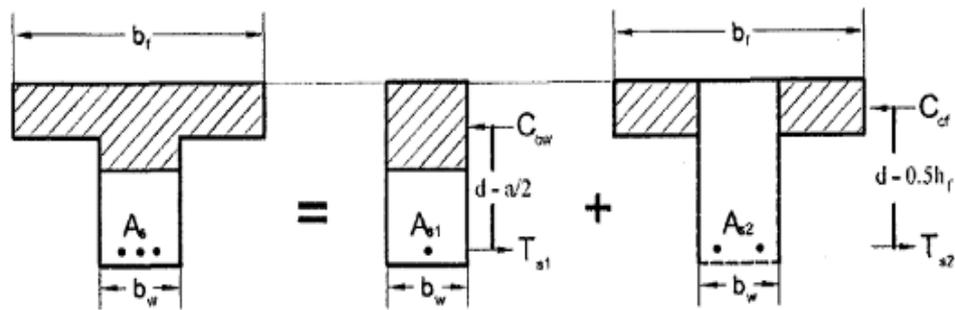
Seperti halnya dengan balok persegi dalam menganalisis balok T terdapat beberapa kondisi yaitu :

### a) Keruntuhan Seimbang (*balans*)

Keruntuhan balans atau Seimbang terjadi bila regangan maksimum pada serat terluar pada daerah tekan beton telah mencapai  $\epsilon_{cu} = 0,003$  dan bersamaan dengan itu tulangan baja mencapai regangan leleh baja  $\epsilon_s = \epsilon_y$ . Keruntuhan balans ini digunakan untuk memeriksa penampang apakah keruntuhan tarik (*under reinforced*) atau keruntuhan tekan (*over reinforced*).



(a) Penampang, Regangan dan Gaya dalam Balok T Kondisi Berimbang



(b)KeSeimbangan Kopel Gaya

(Sumber : MKB No.009/BM/2008 )

Gambar 2.7: Analisis Balok T Tulangan Tunggal

Dengan persamaan segitiga sebangun dalam gambar 2.7(a) diperoleh tinggi blok desak pada kondisi balas,  $a_b$  pada balok T.

$$a_b = \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) d$$

KeSeimbangan kopel gaya secara jelas dapat dilihat pada gambar 2.7(b)

$$T = C$$

Dimana

$$T = A_{sb} f_y$$

$$C = C_{cw} + C_{cf} = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f$$

Dengan mendistribusikaa nilai  $a$  maka diperoleh  $A_{sb}$

$$A_{sb} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left( \beta_1 b_w \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) + (b_f - b_w) h_f \right)$$

b) Keruntuhan tarik atau tulangan lemah (*under reinforced*)

Keruntuhan tarik terjadi bila keruntuhan dimulai dengan tulangan tarik baja mengalami leleh terlebih dahulu. Persamaan untuk keSeimbangan kopel gayanya adalah sebagai berikut.

$$T = C$$

Dimana:

$$T = A_s f_y$$

$$C = C_{cw} + C_{cf} = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f$$

Maka tinggi balok desak beton,  $a$  adalah

$$A = \frac{\varepsilon f_y - 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f}{0,85 f_c b_w}$$

Jika  $a \geq h_f$ , maka balok dianalisis sebagai balok T jika tidak cukup dianalisis sebagai balok persegi. Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung momen nominal ( $M_n$ ) balok T :

$$M_n = C_{cw} (d - 0,5a) + C_{cf} (d - 0,5h_f)$$

c) Keruntuhan tekan tulangan kuat (*over reinforced*)

Keruntuhan tekan terjadi bila keruntuhan dimulai dengan kehancuran pada daerah tekan beton terlebih dahulu. Hal ini terjadi bila tulangan tarik baja lebih banyak dari luas tulangan balok,  $A_{sb}$  yang dihitung pada pers atau regangan baja,  $\varepsilon_s < \varepsilon_y$ . Keruntuhan tekan bersifat getas sehingga tidak disarankan merencanakan dengan kondisi keruntuhan tekan. Keseimbangan kopel gaya:

$$T = C$$

Dimana :

$$T = A_s \varepsilon_s E_s$$

$$C = C_{cw} + C_{cf} = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f$$

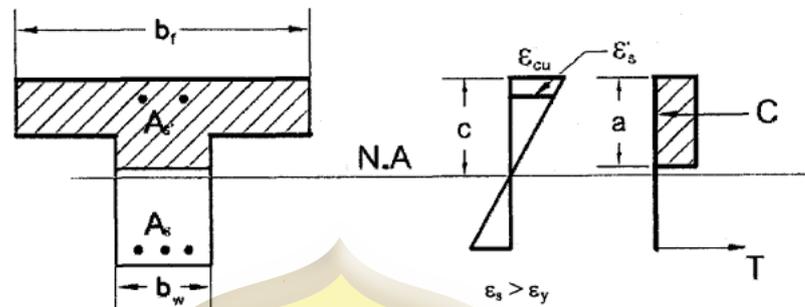
Selanjutnya untuk menghitung momen nominal sama seperti menghitung momen dalam kondisi keruntuhan tarik, yaitu:

$$M_n = C_{cw} (d - 0,5a) + C_{cf} (d - 0,5h_f)$$

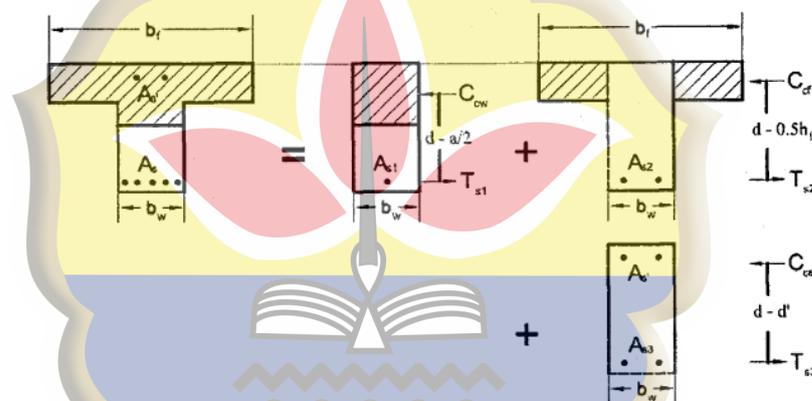
3) Balok T Tulangan Ganda

Seperti halnya dengan balok T tulangan tunggal, analisis balok T sebenarnya dilakukan bila tinggi blok tekan beton,  $a \geq h_f$ .

Dalam analisis balok T tulangan ganda sama seperti balok T tulangan tunggal dilakukan superposisi dari komponen gaya-gaya kopel.



(a) Penampang, Regangan dan Gaya dalam Balok T Kondisi Tarik



(b) Keseimbangan Kopel Gaya

(Sumber : MKB No.009/BM/2008 )

Gambar 2.8: Analisis Balok T Tulangan Ganda

a) Keruntuhan tarik dengan tulangan tekan leleh

Untuk memeriksa apakah tulangan tekan leleh, maka perlu dihitung tinggi blok tekan beton, dengan asumsi tulangan tekan leleh.

$$a = \frac{(A_s - A'_s)f_y}{0,85 f_{cb} b_f}$$

Bila  $a \leq h_f$ , maka balok dianalisis sebagai balok persegi, namun jika  $a > h_f$  maka balok dianalisis sebagai balok T. Keseimbangan kopel gaya :

$$T = C$$

Dimana:

$$T = A_s f_y$$

$$C = C_{cw} + C_{cf} + C_{cs} = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f + A'_s f_y$$

Bila persamaan diselesaikan maka tinggi balok desak beton  $a$  adalah

$$a = \frac{(A_s A'_s) f_y - 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f}{0,85 f_c b_w}$$

$$a \leq \beta_1 \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) d, \text{ maka tulangan tarik leleh}$$

$$a \geq \beta_1 \times \left( \frac{600}{600 - f_y} \right) d', \text{ maka tulangan tekan leleh}$$

Selanjutnya menghitung momen nominal dengan persamaan sebagai

berikut :

$$M_n = C_{cw} (d - 0,5a) + C_{cf} (d - 0,5h_f) + C_{cs} (d - d')$$

b) Keruntuhan tarik dengan tulangan tekan tidak leleh

$$T = C$$

Dimana:

$$T = A_s f_y$$

$$C = C_{cw} + C_{cf} + C_{cs} = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f + A'_s \epsilon'_s E_s$$

Regangan baja:

$$\epsilon'_s = \epsilon_{cu} \left( 1 - \frac{\beta_1 d'}{a} \right)$$

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai blok tekan beton  $a$  dilakukan dengan mendistribusikan persamaan di atas.

$$T = C_{cw} + C_{cf} + C_{cs}$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c b_w a + 0,85 f_c (b_f - b_w) h_f + A'_s \epsilon_{cu} \left( 1 - \frac{\beta_1 d'}{a} \right)$$

$$0,85 f_c b_w a^2 + (0,85 f_c (b_f - b_w) h_f + A'_s \epsilon_{cu} E_s - A_s f_y) a - (A'_s \epsilon_{cu} \beta_1 d' E_s) = 0$$

$$A = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Dimana:

$$A = 0,85 f_c b_w$$

$$B = (0,85 f_c (b_f - b_w) h_f + A'_s \epsilon_{cu} E_s - A_s f_y)$$

$$C = -(A'_s \epsilon_{cu} \beta_1 d' E_s)$$

Momen nominalnya:

$$M_n = C_{cw} (d - 0,5a) + C_{cf} (d - 0,5h_f) + C_{cs} (d - d')$$

#### 2.5.4. Konstruksi Abutment

Adapun beban yang terjadi pada abutment adalah:

1. Berat sendiri abudment
2. Akibat beban hidup
3. Akibat tekanan tanah aktif
4. Beban angin
5. Gaya rem
6. Gaya gempa
7. Gesekan pada perletakan
8. Beban Pelaksanaan

Kombinasi pembebanan pada RSNI T-02-2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.10: Kombinasi Beban Untuk Perencanaan Tegangan Kerja

Aksi	Kombinasi No						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X

Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	X
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan $r_{os}$	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

(Sumber : RSNI T-02-2005 )

Setelah dikombinasikan lalu dipilih beban yang paling menentukan dan kontrol stabilitas antara lain:

- a. Kontrol terhadap guling

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} : \text{tegangan izin} > 2,2$$

- b. Kontrol terhadap geser

$$\frac{\{(C \times A') + (\sum V \times \tan \phi)\}}{\sum H} > 2,2$$

Keterangan :

C = Nilai kohesi tanah

A' = Luas dasar abutment

$\sum V$  = Gaya vertikal yang terjadi pada Abutment

$\phi$  = Sudut geser tanah

$\sum H$  = Gaya horisontal yang terjadi pada Abutment

Setelah dikontrol terhadap stabilitas, maka ada dua alternatif:

- Kontruksi aman terhadap stabilitas

Jika konstruksi aman terhadap stabilitas maka dimensi abutment telah memenuhi syarat dan biasa digunakan

- Kontruksi tidak aman terhadap stabilitas

Jika keadaan ini terjadi maka dimensi abutment perlu dirubah atau dengan menambah pondasi tiang untuk mendukung agar aman terhadap guling, geser dan kelongsoran daya dukung.

Penulangan:

- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )

$$d' = h + p + 0.5 \text{ } \emptyset \text{ tulangan yang dipakai}$$

Dimana:

$$d' = \text{jarak tulangan (mm)}$$

$$h = \text{tinggi bidang yang ditinjau (mm)}$$

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

- Rasio tulangan ( $\rho$ )

$$K_{\text{perlu}} = M_u / f b \cdot d'$$

Dimana:

$$\rho = \text{rasio tulangan}$$

$$M_u = \text{Momen Ultimate (kN.m)}$$

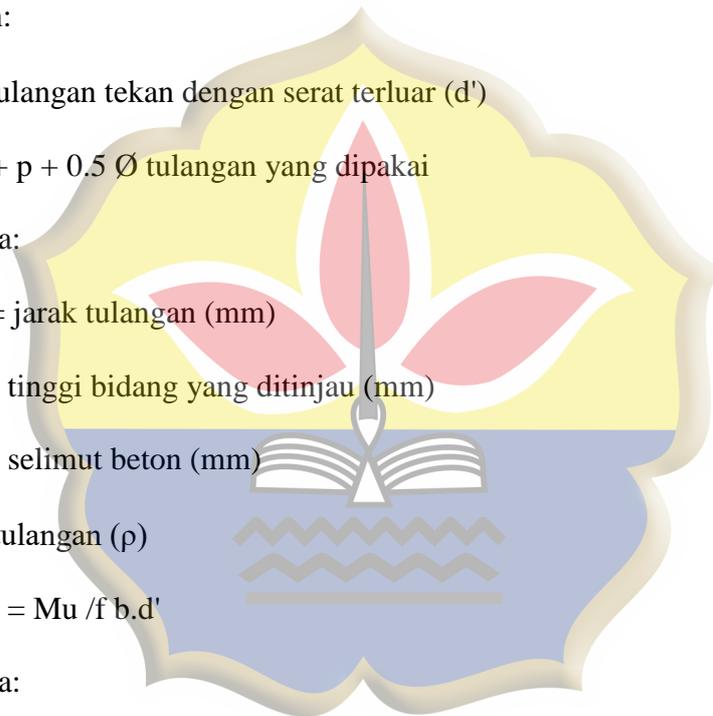
$$b = \text{Lebar per meter tiang (mm)}$$

$$d' = \text{Jarak tulangan (mm)}$$

- Luas tulangan ( $A_s$ )

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

Dimana:



$A_s$  = Luas tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = rasio tulangan

$b$  = Lebar per meter plat (mm)

$d'$  = Jarak tulangan (mm)

- Sengkang (tulangan pembagi)

$$A_s = 50\% \times b \times h$$

Dimana:

$A_s$  = Luas tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$b$  = Lebar per meter plat (mm)

$h$  = tebal plat lantai (mm)

### 2.5.5. Konstruksi Pondasi Tiang Pancang

Pondasi diperlukan agar konstruksi dapat aman terhadap geser dan ketidakstabilan tanah, pemilihan pondasi disesuaikan dengan kondisi dan keadaan tanah. Pada Jembatan ini jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi tiang pancang dengan diameter 300 mm.

Beban-belan yang diterima oleh pondasi tiang pancang adalah:

- a. Beban vertikal
- b. Berat sendiri pondasi
- c. Stabilitas pondasi tiang pancang

Daya dukung ijin tiang pancang didasarkan atas 2 macam:

1. Berdasarkan kekuatan bahan

$$Q_{ijin} = A \times f - W$$

Dimana:

$$Q_{ijin} = \text{Daya dukung ijin tiang pancang (kN)}$$

$A$  = luasan tiang ( $m^2$ )

$f_c$  = Tegangan ijin beton ( $kN/m^2$ )

$W$  = Berat jenis beton ( $kN/m^3$ )

2. Berdasarkan pengujian CPT (Sondir)

$$Q_s = \frac{A x q_c}{F_b} + \frac{JHP \cdot K}{F_s}$$

Dimana:

$Q_s$  = Daya dukung ijin tiang pancang (kN)

$A$  = luasan tiang ( $m^2$ )

$q_c$  = nilai konus ( $kN/m^2$ )

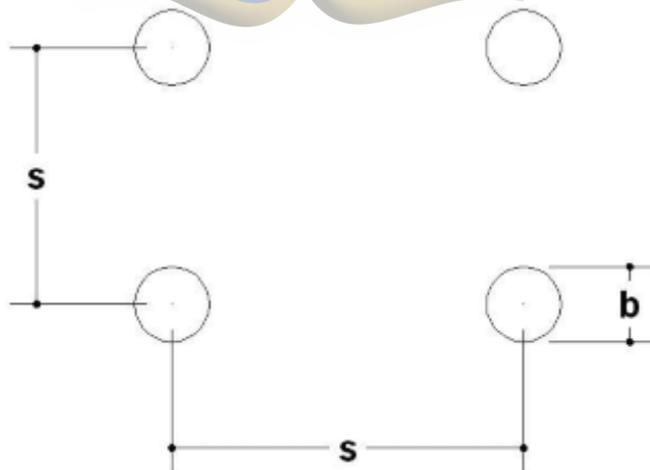
$JHP$  = Tahanan geser ( $kN/m$ )

$K$  = Keliling tiang (m)

$F_b$  = Faktor Keamanan Daya Dukung dari Ujung (3,0)

$F_s$  = Faktor Keamanan Daya Dukung dari Pelekatan antara Tiang dengan Tanah (5,0)

Dari kedua dasar pendekatan diatas, daya dukung ijin yang dipakai adalah yang memiliki nilai lebih kecil.



Gambar 2.9: Jarak Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan daya dukung oleh Direktorat Bina Marga PU adalah sebagai berikut:

$$S = (2,5 - 3,0) \cdot b$$

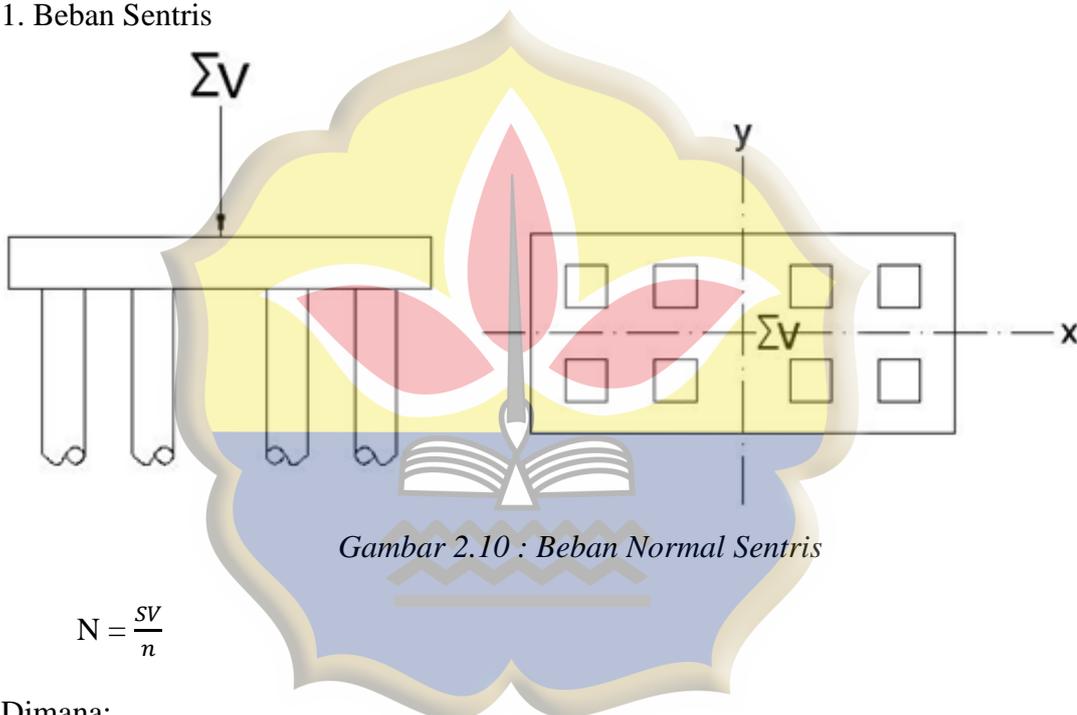
Dimana:

$S$  = Jarak antar tiang dalam kelompok (m)

$b$  = diameter tiang (m)

Perhitungan pembagian tekanan:

### 1. Beban Sentris



$$N = \frac{SV}{n}$$

Dimana:

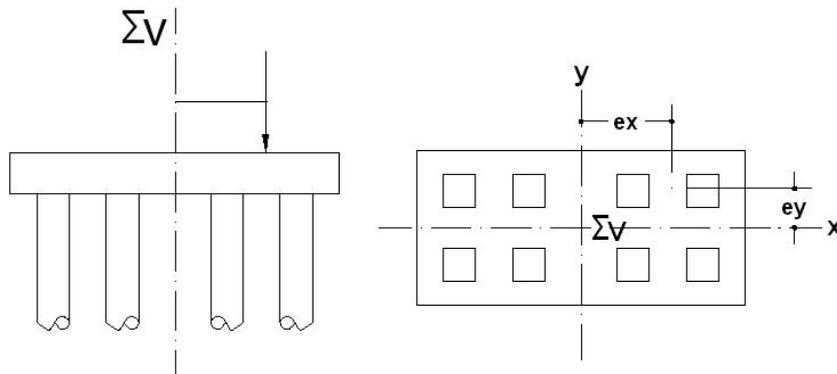
$N$  = Beban yang diterima oleh masing-masing tiang (kN)

$SV$  = Resultan gaya-gaya normal yang bekerja sentris (kN)

$n$  = Banyaknya tiang dalam kelompok

### 2. Beban Eksentris

Beban normal eksentris dapat diganti menjadi beban normal sentris ditambah dengan momen.



Gambar 2.11 : Beban Normal Eksentris

Efisiensi kelompok tiang:

Rumus *Converse-Labarre*

$$E_f = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

Dimana :

$\Theta = \text{Arctan}(b/s)$  (derajat)

$b =$  diameter tiang (m)

$S =$  jarak antar tiang (m)

$m =$  Jumlah baris

$n =$  Jumlah lajur

Kemampuan sebuah tiang pancang dalam kelompok:

$$P_{ijin} = E_f \times Q_{ijin}$$

Dimana:

$P_{ijin}$  = Daya dukung yang diijinkan sebuah tiang dalam kelompok (kN)

$Q_{ijin}$  = Daya dukung yang diijinkan sebuah tiang tunggal (kN)

$E$  = Faktor efisien

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang arah X

$$P_{max} = P/n + M_x \times X_{max} / \sum X^2$$

$$P_{\min} = P/n - M_x \times X_{\min} / \sum X^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang Y

$$P_{\max} = P/n + M_y \times Y_{\max} / \sum Y^2$$

$$P_{\min} = P/n - M_y \times Y_{\min} / \sum Y^2$$

Dimana:

P = Beban yang diterima oleh masing-masing tiang (kN)

M<sub>x</sub> = Momen yang diterima oleh masing-masing tiang arah x(m)

M<sub>y</sub> = Momen yang diterima oleh masing-masing tiang arah y(m)

N = Banyak tiang



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Objek Analisis

Analisis yang dilaksanakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini berupa analisis sebuah konstruksi jembatan beton bertulang, yang dimana pada analisis ini pada bangunan atas jembatan yang berupa balok gelagar memanjang, balok *diafragma*, slab lantai kendaraan dan pada bangunan bawah jembatan berupa *abutment tresle*, pondasi.

#### 3.2. Pengumpulan Data

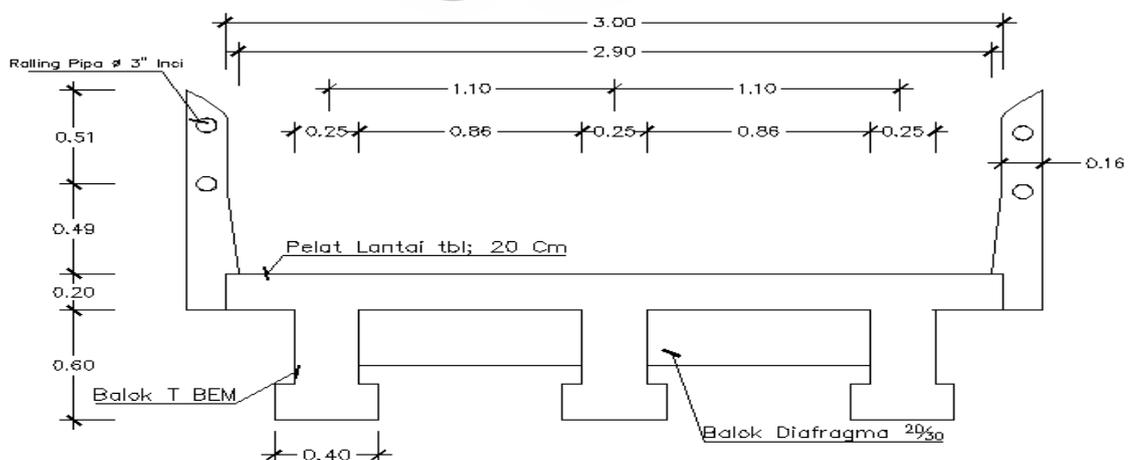
##### 3.2.1. Data Primer

Adapun dari data primer yang diperoleh seperti :

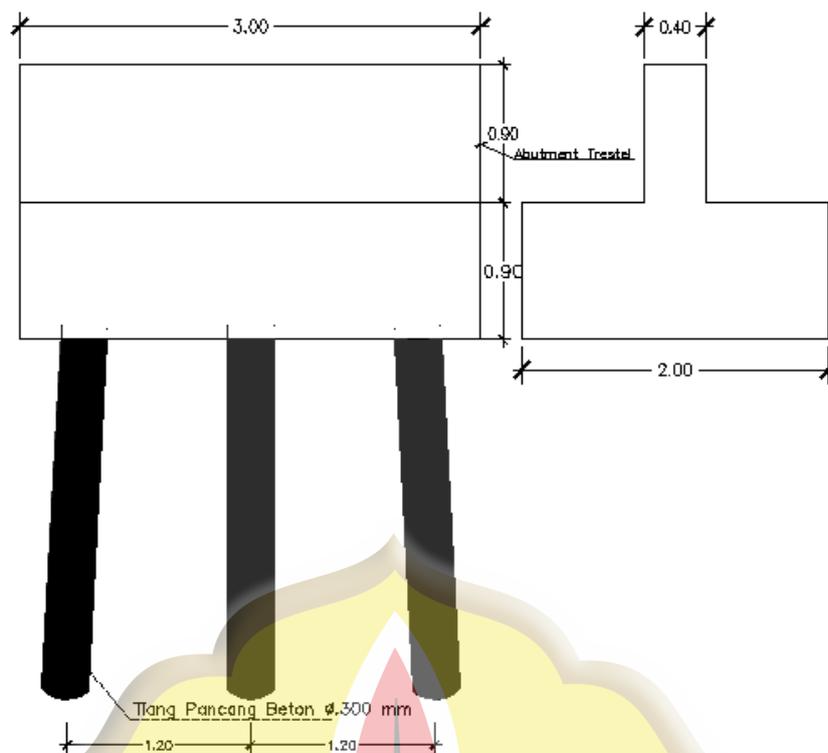
1. Peninjauan lokasi dengan bertujuan mengamati situasi lokasi penelitian.
2. Pengambilan foto-foto situasi terbaru pada lokasi penelitian.

##### 3.2.2. Data Sekunder

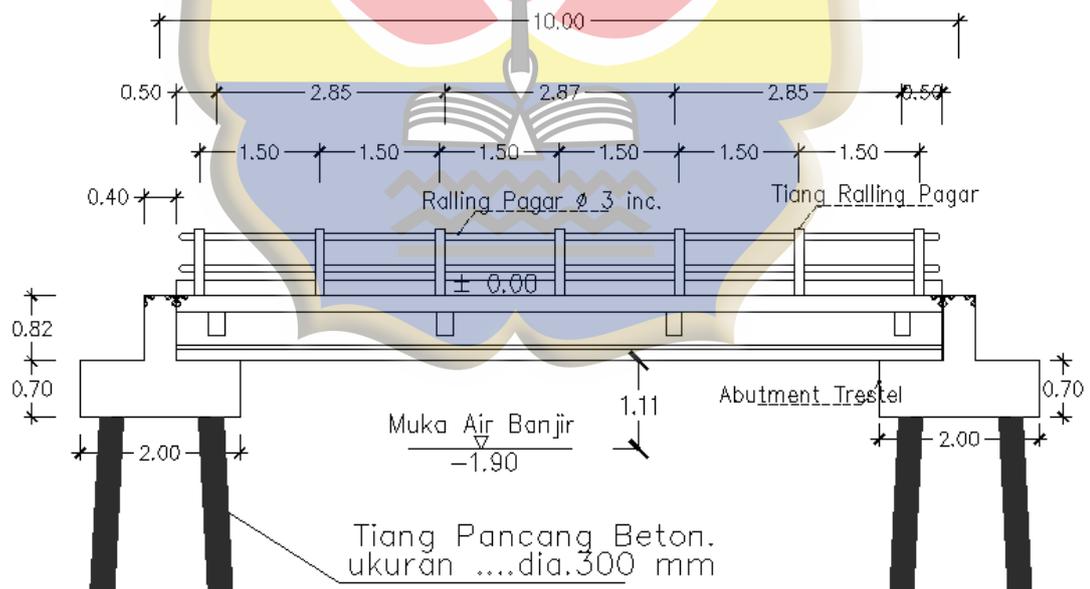
Data sekunder disini adalah data yang didapat dari pihak CV. Bosco Consultant selaku konsultan pengawas pada pembangunan jembatan tersebut. Data sekunder tersebut meliputi :



Gambar 3.1: Detail Potongan Melintang Bangunan Atas Jembatan

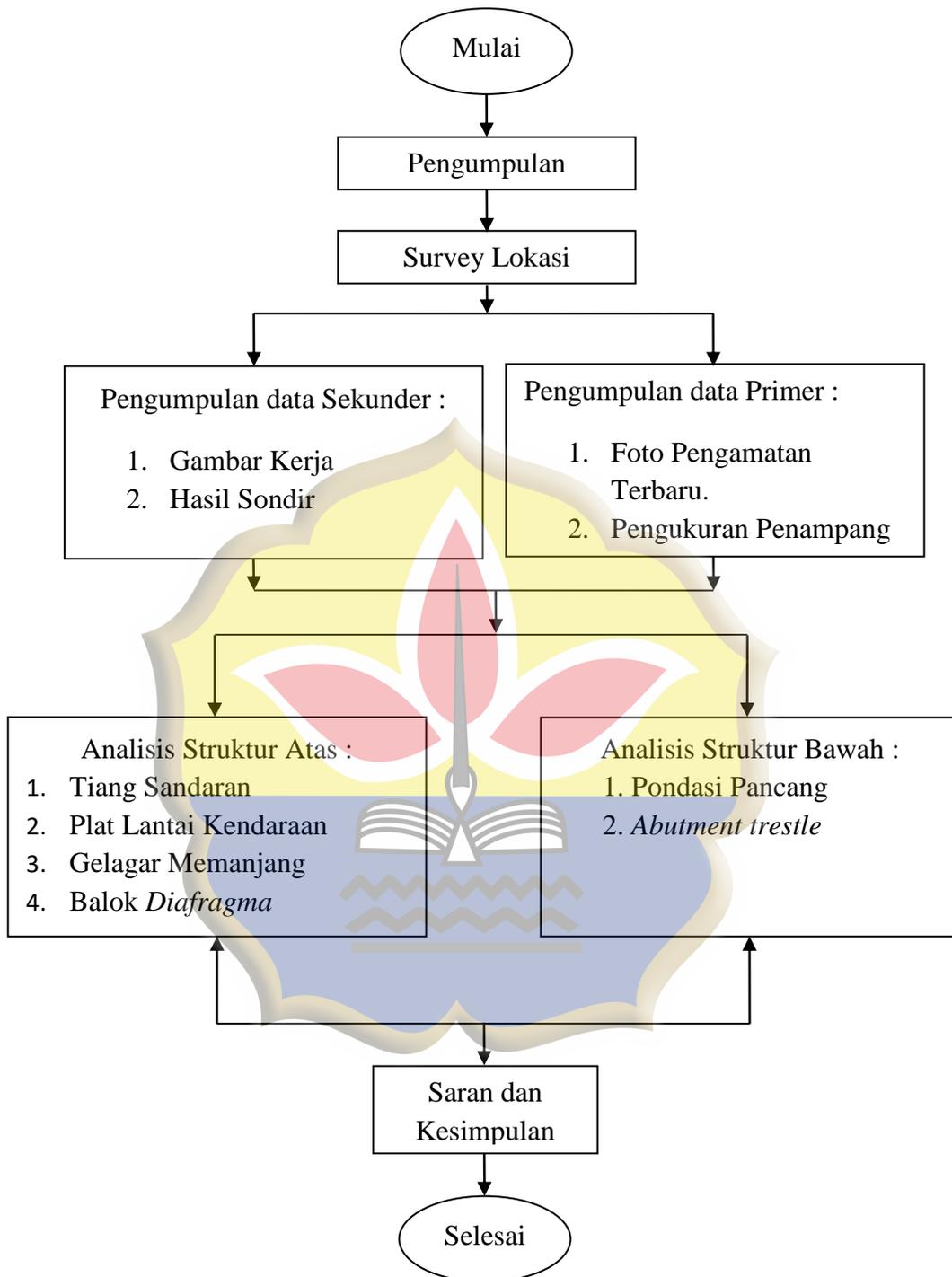


*Gambar 3.2: Detail Potongan Melintang Bangunan Bawah Jembatan*



*Gambar 3.3: Detail Potongan Memanjang Jembatan*

### 3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4: Diagram alir Penelitian

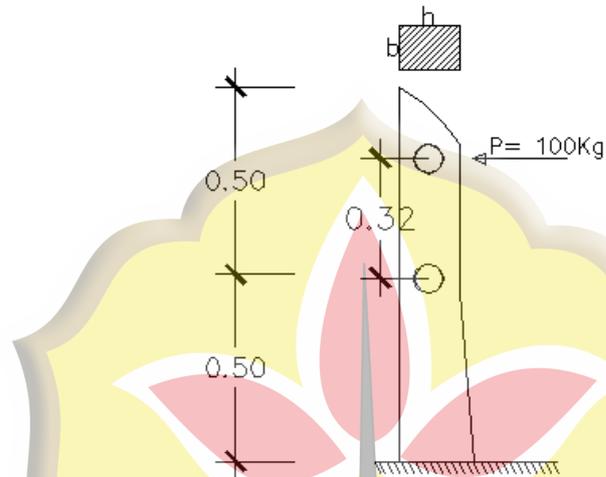
## BAB IV

### PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

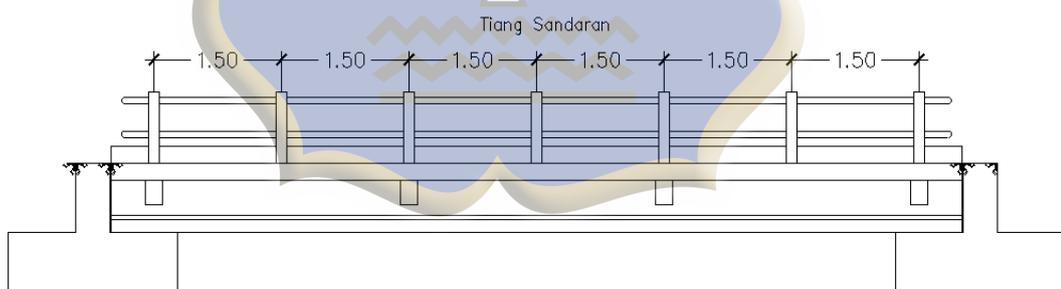
#### 4.1. Struktur Atas Jembatan

##### 4.1.1. Sandaran

Direncanakan dengan ukuran 12/16cm, yang mampu menahan beban horizontal sebesar 100 kg dan railing sandaran,



Gambar 4.1: Penampang Melintang Tiang Sandaran



Gambar 4.2: Penampang Memanjang Tiang Sandaran

a) Data perencanaan

b = 120 mm

h = 160 mm

cc = 40 mm

L = 1500 mm (jarak antara tiang sandaran)

$$f_y (\text{BjTP24}) = 240 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 14,525 \text{ MPa} = \text{K175}$$

$$\text{Øtulangan} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Øsengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$\phi (\text{faktor reduksi}) = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004, pasal 4,5,2)}$$

$$d = h - cc - 0,5 \text{ Øtulangan} - \text{Øsengkang}$$

$$= 160 - 40 - 0,5 \times 12 - 8$$

$$= 110 \text{ mm}$$

b) Pembebanan

Muatan horizontal  $H = 100 \text{ kg/m}$  (letak  $H = 820 \text{ mm}$  dari lantai)

$$P = H \times L$$

$$= 100 \times 1,5 = 150 \text{ kg}$$

$$M = 150 \times 0,82 = 123 \text{ kg.m} = 1,23 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

c) Penulangan tiang sandaran

- Tulangan Lentur

Rasio tulangan dan rasio penampang

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 1,23 \times 10^6 / 0,8 = 1537500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1537500}{120 \times 111^2} = 1,04 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{0,85 \times 14,525}{240} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,04}{0,85 \times 14,525}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00453$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 240 = 0,00583$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ , dipakai  $\rho_{\min} = 0,00583$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,00583 \times 120 \times 111 = 77,7 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø12 dengan luas penampang ( $A = 113,097 \text{ mm}^2$ )

Jumlah tulangan,

$$n = A_s / A = 77,7 / 113,097 = 0,68 \approx 2$$

Dipakai tulangan 2Ø12

#### - Tulangan Geser

$$V_u = 150 \text{ kg} = 1500 \text{ N}$$

$\phi$  (faktor reduksi) = 0,7 (RSNI T-12-2004, pasal 4,5,2)

$$V_n = V_u / \phi = 1500 / 0,7 = 2500 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} \times b \times d = 1/6 \sqrt{14,525} \times 120 \times 111 = 8460,79 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,7 \times 8460,79 = 5076,48 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c$$

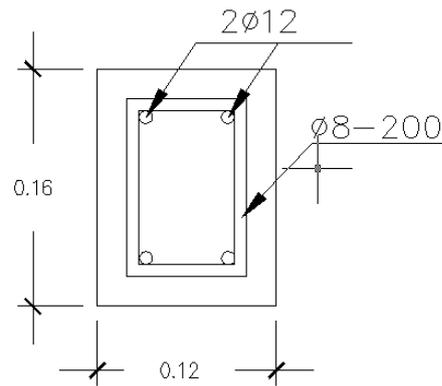
1500 < 5076,48 N ..... perlu tulangan geser minimum (spasi minimum)

Dipakai tulangan Ø 8mm  $A_v = 50,26 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan sengkang yang diperlukan :

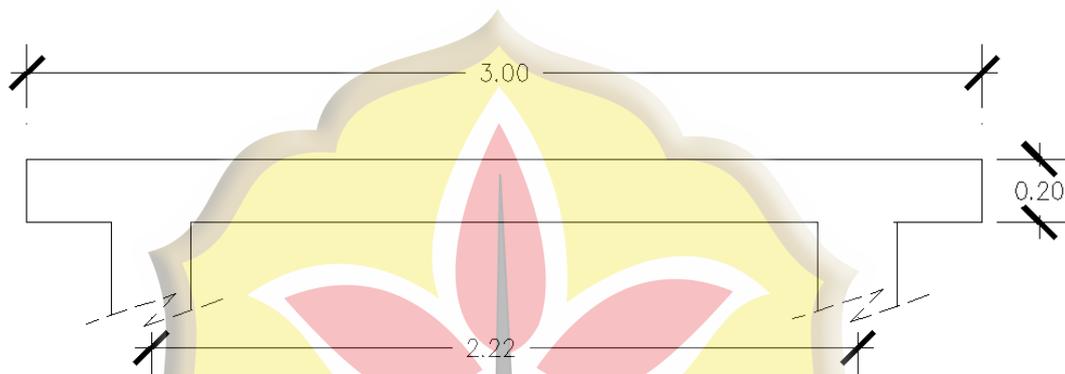
$$S = \frac{3A_v \times f_y}{b} = \frac{3 \times 50,26 \times 240}{120} = 301,596 \approx 200$$

Digunakan Tulangan Sengkang Ø8 – 200 mm



Gambar 4.3: Penulangan Tiang Sandaran

#### 4.1.2. Plat Lantai Jembatan



Gambar 4.4 : Penampang Melintang Plat Lantai Kendaraan

##### a) Data Perencanaan

$h = 20$  cm (tebal plat lantai)

cek tebal plat :  $h \geq 200$  mm (MKB No.009/BM/2008. pasal 7.1.1)

$200 \geq 200$  mm ... Terpenuhi

$t_h = 3$  cm (tebal air hujan)

$cc = 4$  cm (tebal selimut beton)

$L_x = 2,2$  m

$L_y = 10$  m

$f_y = B_jTS 30 = 295$  MPa

$f_c = 24,9$  MPa =K-300

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

$$\text{BJ Air Hujan} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

b) Pembebanan

- Beban Sendiri (MS)

$$\text{Faktor beban ultimit (K}_{\text{MS}}) = 1,3 \text{ (SNI 1725:2016. pasal 7.2)}$$

$$b = 1 \text{ m (ditinjau slab lantai jembatan)}$$

$$\text{Berat Sendiri Plat (Q}_{\text{MS}}) = b \times h \times \text{BJ Beton}$$

$$= 1 \times 0,2 \times 2400 = 480 \text{ Kg/M}$$

$$\text{Momen Tumpuan (M}_{\text{MS}}) = 1/12 \times Q_{\text{MS}} \times Lx^2$$

$$= 1/12 \times 480 \times 2,2^2 = 193,6 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen Lapangan (M}_{\text{MS}}) = 1/24 \times Q_{\text{MS}} \times Lx^2$$

$$= 1/24 \times 480 \times 2,2^2 = 96,8 \text{ kg.m}$$

- Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Faktor beban ultimit (K}_{\text{MA}}) = 2 \text{ (SNI 1725:2016. pasal 7.3)}$$

$$Q_{\text{MA Air Hujan}} = t \times h \times b \times \text{BJ Air}$$

$$= 0,03 \times 1 \times 1000 = 30 \text{ kg/m}$$

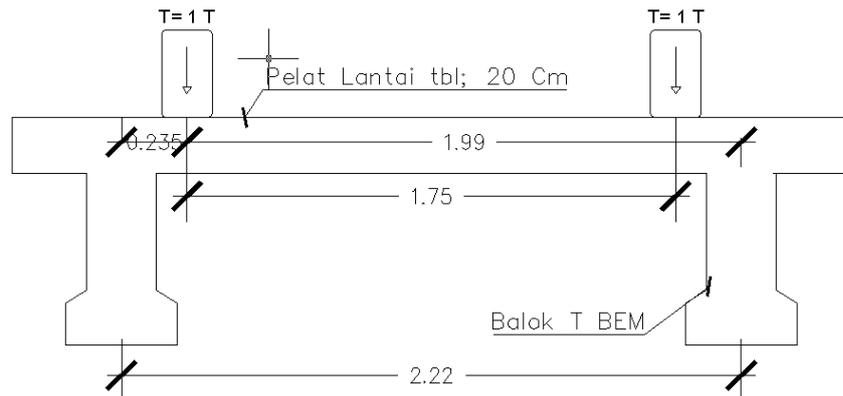
$$\text{Momen Tumpuan (M}_{\text{MA}}) = 1/12 \times Q_{\text{MA}} \times Lx^2$$

$$= 1/12 \times 30 \times 2,2^2 = 12,1 \text{ kg.m}$$

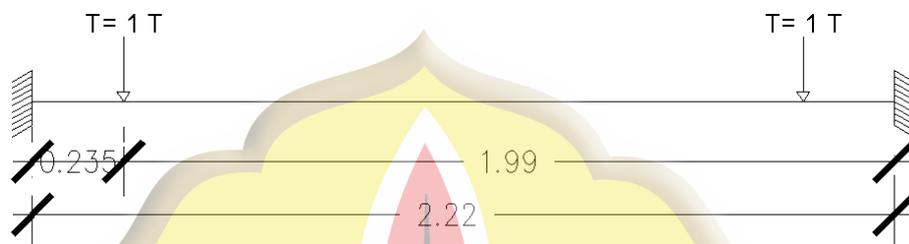
$$\text{Momen Lapangan (M}_{\text{MA}}) = 1/24 \times Q_{\text{MA}} \times Lx^2$$

$$= 1/24 \times 30 \times 2,2^2 = 6,05 \text{ kg.m}$$

- Beban Truk (TT)



Gambar 4.5: Pembeban Truk pada Plat Lantai



Gambar 4.6: Perletakan Beban Truk Pada Plat Lantai

Faktor beban ultimit ( $K_{TT}$ ) = 1.8 (SNI 1725:2016. pasal 8.4)

$T = 1000 \text{ kg}$

$FBD = 0,4$

$P_{TT} = (1+FBD) \times T = (1+0.4) \times 1000 = 1400 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan } (M_{TT}) &= \left( \frac{PTT \times 0.235 \times 1.992}{Lx^2} \right) + \left( \frac{PTT \times 1.99 \times 0.2352}{Lx^2} \right) \\ &= \left( \frac{1400 \times 0.235 \times 1.992}{2.2^2} \right) + \left( \frac{1400 \times 1.99 \times 0.2352}{2.2^2} \right) \\ &= 300,98 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Lapangan } (M_{TT}) &= \left( P_{TT} \times 2 \times \frac{(1.99^2) \times (0.235^2)}{Lx^2} \right) + \left( P_{TT} \times 2 \right. \\ &\quad \left. \times \frac{(0.235^2) \times (1.99^2)}{Lx^2} \right) \\ &= \left( 1400 \times 2 \times \frac{(1.99^2) \times (0.235^2)}{2.2^2} \right) + \left( 1400 \times 2 \times \frac{(0.235^2) \times (1.99^2)}{2.2^2} \right) \\ &= 115,02 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Tabel 4.1. Kombinasi Beban pada Plat Lantai

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M. Tumpuan	M. Lapangan	(MuTx)	(MuLx)
1	Beban Sendiri (MS)	1.3	193.6	96.8	251.68	125.84
2	Beban Mati Tambahan (MA)	2	12.1	6.05	24.2	12.100
3	Beban Truk "T" (TT)	1.8	300.98	115.02	541.759	207.031
Total Momen Ultimit Plat Lantai (Mu) (kg.m)					817,639	344,971

## c) Penulangan Lentur Positif

$$d = h - cc - 0,5\phi_{tulangan}$$

$$= 200 - 40 - 0,5 \times 12 = 154 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$M_n = M_{Lx} / \phi = 3449710 / 0,8 = 4,31 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{4,31 \times 10^6}{1000 \times 154^2} = 0,1818 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{0,85 \times 24,9}{295} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,1818}{0,85 \times 24,9}} \right)$$

$$= 0,000619022$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/295 = 0,004745763$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu} \cdot \text{dipakai } \rho_{min} = 0,004745763$$

$$A_s = \rho_{bd} = 0,004745763 \times 1000 \times 154 = 730,85 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ )

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{113.1 \times 1000}{730.85} = 154,75 \approx 150 \text{ mm}$$

Dipakai Tulangan Pokok D12 – 150

Tulangan susut/ bagi arah memanjang diambil  $30\% < \frac{110}{\sqrt{Lx}} < 67\%$

tulangan pokok (MKB No.009/BM/2008. pasal 7.1.3)

$$\frac{110}{\sqrt{Lx}} = \frac{110}{\sqrt{2.2}} 74,16\%$$

Maka diambil 67%

$$A_s' = 67\% \times 730.85 = 489,67 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s'} = \frac{113.1 \times 1000}{489.67} = 230.97 \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan bagi/ susut D12 – 200

d) Penulangan Lentur Negatif

$d = h - cc - 0,5\phi$  tulangan

$$= 200 - 40 - 0,5 \times 12 = 154 \text{ mm}$$

$$M_n = M L_y / \phi = 8176390 / 0,8 = 10,2 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{16.35 \times 10^6}{1000 \times 154^2} = 0,431 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 24.9}{295} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.431}{0.85 \times 24.9}} \right) = 0,001476$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 295 = 0,004745763$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \cdot \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,004745763$$

$$A_s = \rho b d = 0,004745763 \times 1000 \times 154 = 730,85 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ )

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{113.1 \times 1000}{730.85} = 154.75 \approx 150 \text{ mm}$$

Dipakai Tulangan Pokok D12 – 150

Tulangan susut/ bagi arah memanjang diambil  $30\% < \frac{110}{\sqrt{Lx}} < 67\%$

tulangan pokok (MKB No.009/BM/2008. pasal 7.1.3)

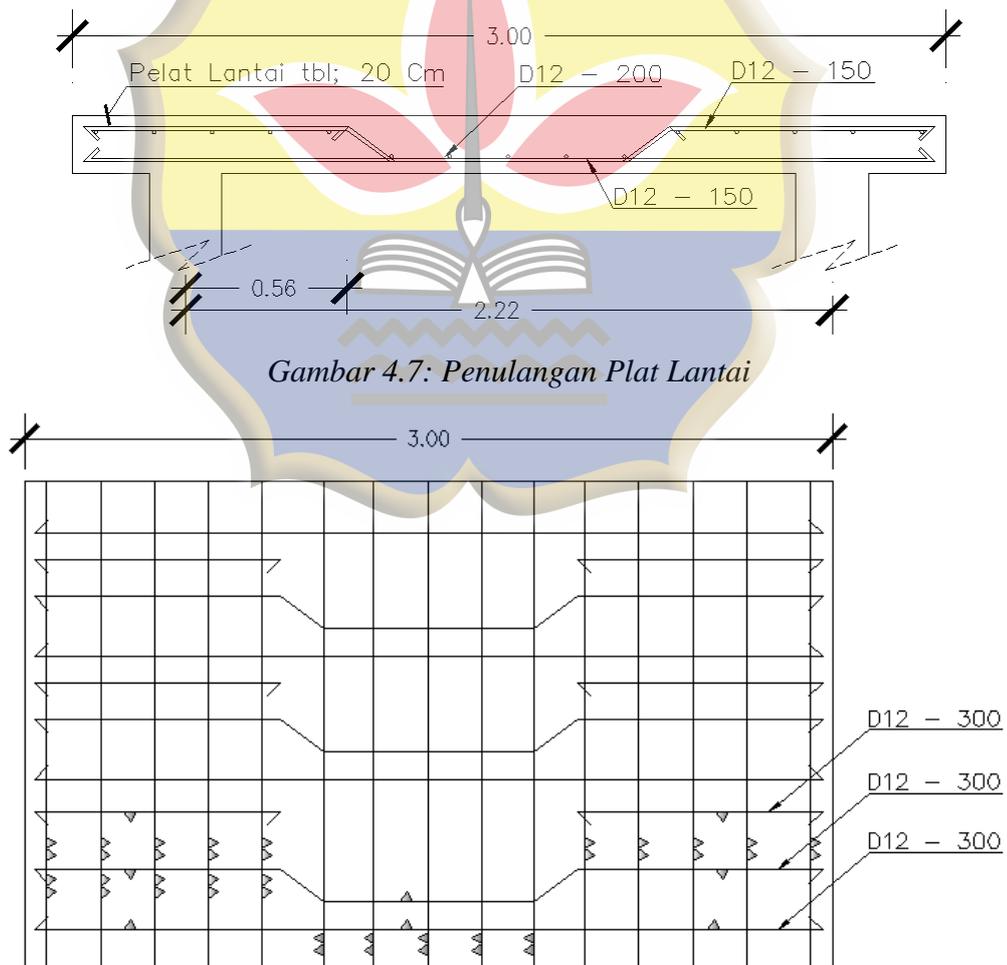
$$\frac{110}{\sqrt{Lx}} = \frac{110}{\sqrt{2.2}} 74,16\%. \text{ Maka diambil } 67\%$$

$$A_s' = 67\% \times 730,85 = 489,67 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s'} = \frac{113.1 \times 1000}{489.67} = 230,97 \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan bagi/ susut D12 – 200



Gambar 4.8: Denah Penulangan Plat Lantai

### 4.1.3. Gelagar Memanjang Jembatan

#### a) Data Perencanaan

Panjang bentang ( $L$ ) = 10 m

Jumlah bentang ( $n$ ) = 2

$t_h$  = 3 cm (tebal air hujan)

Lebar Jembatan = 3 m

$f_y$  = BjTS 30 = 295 MPa

$f_c$  = 24,9 MPa = K-300

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

BJ Air Hujan =  $1000 \text{ kg/m}^3$

#### b) Pembebanan



Gambar 4.9: Perletakan Beban Pada Gelagar Memanjang

#### - Beban Sendiri (MS)

Faktor beban ultimit ( $K_{MS}$ ) = 1,3 (SNI 1725:2016. pasal 7.2)

$b$  = 1 m (ditinjau slab lantai jembatan)

Beban mati merata : Plat lantai =  $A_{\text{plat}} \times \text{BJ Beton}$

$$= 0,25 \times 2400$$

$$= 600 \text{ kg/m}$$

Gelagar =  $A_{\text{gelegar}} \times \text{BJ Beton}$

$$= 0,23 \times 2400 = 552 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen max beban merata} = 1/8 \times \Sigma_{\text{beban mati merata}} \times L^2$$

$$= 1/8 \times 1152 \times 10^2$$

$$= 14400 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya geser max beban merata} = 1/2 \times \Sigma_{\text{beban mati merata}} \times L$$

$$= 1/2 \times 1152 \times 10 = 5760 \text{ kKg}$$

$$\text{Beban mati terpusat diafragma} = V_{\text{diafragma}} \times \text{BJ Beton}$$

$$= 0,2 \times 0,3 \times 0,985 \times 2400$$

$$P_d = 141,84 \text{ kg}$$

$$\text{Diafragma 4 buah} = 141,84 \times 4 = 567,36 \text{ kg}$$

$$\text{M. max beban diafragma} = \frac{1}{2} \times 567,36 \times \frac{1}{2} \times 10 - 141,84 \times 1,5 - 141,84 \times 4,5$$

$$= 567,36 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya geser max beban diafragma} = \frac{1}{2} \times 567,36$$

$$= 599,04 \text{ kg}$$

$$\text{Beban mati terpusat sandaran} = V_{\text{sandaran}} \times \text{BJ Beton}$$

$$= 0,12 \times 0,16 \times 1 \times 2400$$

$$P_s = 46,08 \text{ kg}$$

$$\text{Sandaran 7 buah} = 46,08 \times 7 = 322,56 \text{ kg}$$

$$\text{Momen max beban sandaran} = \frac{1}{2} \times 322,56 \times \frac{1}{2} \times 10 - (46,08 \times 1,5) -$$

$$(46,08 \times 3) - (46,08 \times 4,5) = 391,68 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya geser max beban diafragma} = \frac{1}{2} \times 322,56 = 161,28 \text{ kg}$$

$$\text{Momen max (M}_{MS}) \text{ total} = 14400 + 567,36 + 391,68 = 15359,04 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya geser (V}_{MS}) \text{ max total} = 5760 + 599,04 + 161,28 = 6204,94 \text{ kg}$$

- Beban Mati Tambahan (MA)

Faktor beban ultimit ( $K_{MA}$ ) = 2 (SNI 1725:2016. pasal 7.3)

$Q_{MA}$  Air Hujan =  $t_h \times 1,5 \times B_J$  Air

$$= 0.03 \times 1,5 \times 1000 = 45 \text{ kg/m}$$

Momen max ( $M_{MA}$ ) =  $1/8 \times Q_{MA} \times L^2$

$$= 1/8 \times 45 \times 10^2 = 562,5 \text{ kg.m}$$

Gaya Geser max ( $V_{MA}$ ) =  $1/2 \times Q_{MA} \times L$

$$= 1/2 \times 45 \times 10 = 225 \text{ kg}$$

- Beban Lajur "D" (TD)

Faktor beban ultimit ( $K_{MA}$ ) = 1,8 (SNI 1725:2016. pasal 8.3)

Beban terbagi rata (BRT) mempunyai intensitas  $q$  kPa. Dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$ . Panjang balok jembatan setiap segmen kurang dari 30 m. besarnya  $q$  adalah sebagai berikut :

BRT.  $q = 8 \text{ kPa} = 800 \text{ kg/m}^2$

BGT (beban garis terpusat).  $p = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$

FBD (factor beban dinamis) = 0.4

$Q_{TD} = q \times 1,5 = 800 \times 1,5 = 1200 \text{ kg/m}$

$P_{TD} = (1+FBD) \times p \times 1,5 = (1+0.4) \times 4900 \times 1,5 = 10290 \text{ kg}$

Momen max ( $M_{TD}$ ) =  $(1/8 \times Q_{TD} \times L^2) + (1/4 \times P_{TD} \times L)$

$$= (1/8 \times 1200 \times 10^2) + (1/4 \times 10290 \times 10) = 40725 \text{ kg.m}$$

Gaya Geser max ( $V_{TD}$ ) =  $(1/2 \times Q_{TD} \times L) + (1/2 \times P_{TD})$

$$= (1/2 \times 1200 \times 10) + (1/2 \times 10290) = 11145 \text{ kg}$$

Tabel 4.2. Kombinasi Beban pada Gelagar

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M. Max (Kg.m)	V. Max (Kg)	Mu (Kg.m)	Vu (Kg)
1	Beban Sendiri (MS)	1.3	15359.0 4	6204.96	19966.752	8066.448
2	Beban Mati Tambahan (MA)	2	562.5	225	1125	450
3	Beban Truk "T" (TT)	1.8	400725	11145	73305	20061
Total Momen Ultimit Plat Lantai (Mu) (kg.m)					94396,752	28577,45

## c) Penulangan Lentur

$$Mu = 94396,752 \text{ Kg.m}$$

$$bw = 250 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

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

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

$$cc = 40 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$D \text{ tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$d = h - cc - 0.5 \emptyset \text{ tulangan} - \emptyset \text{ sengkang}$$

$$= 1000 - 40 - 0,5 \times 22 - 12$$

$$= 937 \text{ mm}$$

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 94396,752 / 0,8 = 117995,94 \text{ kg.m} = 1,18 \times 10^9 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1.18 \times 10^9}{400 \times 937^2} = 3,36 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.85 f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 24.9}{295} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.36}{0.85 \times 24.9}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0125$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y$$

$$= 1,4 / 294 = 0,00474$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} \cdot \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0125$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0124 \times 400 \times 937 = 4657,22 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D22 dengan luas penampang ( $A = 380,13 \text{ mm}^2$ )

Jumlah tulangan.

$$n = A_s/A = 4657,22 / 380,13 = 12,3 \approx 13$$

$$A_{s1} = n \times A = 13 \times 380,13 = 4941,73 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan maksimal pada baris 1 dan 2 :

$$m = \frac{b-2cc}{D+S_n} + 1 = \frac{400-2 \times 40}{22+1.5 \times 22} + 1 = 6,38 \approx 5$$

ket : b = lebar balok

cc = selimut beton

D = diameter tulangan

S<sub>n</sub> = batas jarak antar tulangan (1,5 x D)

Jarah bersih antara tulangan :

$$X_s = \frac{b-nt \times D-2 \times cc-2 \times ds}{nt-1} = \frac{400-5 \times 22-2 \times 40-2 \times 12}{5-1} = 46,50 \text{ mm}$$

ket : nt = jumlah tulangan tiap baris

ds = diameter sengkang

Kontrol jarak bersih .

$$X_s > 1,5D$$

$$46,50 > 1,5 \times 12$$

$$46,50 > 33 \dots\dots \text{OK!!!}$$

Jumlah tulangan maksimal pada baris 3 :

$$m = \frac{bw - 2cc}{D + S_n} + 1 = \frac{250 - 2 \times 40}{22 + 1,5 \times 22} + 1 = 3,65 \approx 3$$

ket : bw = lebar badan balok

Jarah bersih antara tulangan :

$$X_s = \frac{bw - nt \times D - 2 \times cc - 2 \times ds}{nt - 1} = \frac{250 - 3 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 12}{3 - 1} = 40 \text{ mm}$$

Kontrol jarak bersih .

$$X_s > 1,5D$$

$$40 > 1,5 \times 12$$

$$40 > 33 \dots\dots \text{OK!!!}$$

Dipakai tulangan 13D22

Untuk menjamin agar gelagar bersifat daktail. maka tulangan tekan diambil 30% tulangan tarik. sehingga :

$$A_s' = 30\% \times A_s1 = 30\% \times 4941,73 = 1482,517 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan.

$$n = A_s' / A = 1482,513 / 380,13 = 3,9 \approx 4$$

Dipakai tulangan tekan 4D22

d) Penulangan Geser

$$V_u = 28577,448 \text{ kg} = 285774,48 \text{ N}$$

$$bw = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,7 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$V_n = V_u / 0.6 = 285774,48 / 0.6 = 408249,26$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} b_w d = 1/6 \sqrt{24.9} 250 \times 937 = 194817,525$$

$$\phi V_c = 0,7 \times 194817,525 = 136372,27 \text{ N}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 285774,48 - 136372,27$$

$$= 149402,21 \text{ (perlu tulangan geser)}$$

$$V_s = 0,7 \times 149402,21$$

$$= 104581,55. \text{ (gaya geser yang dipikul tulangan geser)}$$

$$V_{smax} = 2/3 \sqrt{f_c} b_w d = 2/3 \sqrt{24,9} 250 \times 937 = 779270,10 \text{ N}$$

Dimensi balok memenuhi kuat geser dengan syarat :

$$V_s < V_{smax}$$

$$104581,55 < 779270,10 \dots \text{OK}$$

$$\text{Dipakai tulangan sengkang } \emptyset 12 \text{ mm } A_v = 113,097 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan sengkang yang diperlukan :

$$S = \frac{d x A_v f_y}{V_s} = \frac{937 \times 113,097 \times 240}{104581,55} = 243,19 \approx 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan sengkang  $\emptyset 12 - 200 \text{ mm}$

Pada badan gelagar dipasang tulangan susut minimal dengan rasio tulangan

$$r_{sh} = 0,001$$

Luas tulangan susut :

$$A_{sh} = r_{sh} \times b_w \times d = 0,001 \times 250 \times 937 = 234,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan susut } \emptyset 12 \text{ mm } A_v = 113,097 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan.

$$n = A_v / A_{sh} = 113,097 / 234,25 = 2,07 \approx 4$$

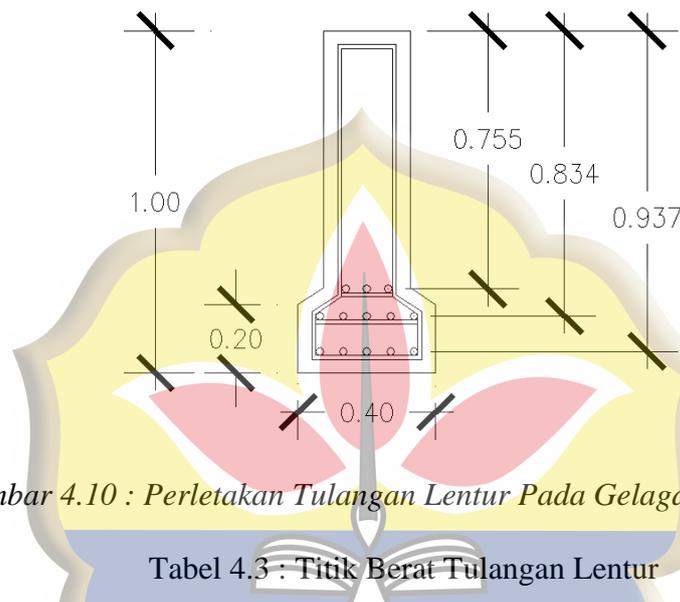
Dipakai tulangan susut 4 Ø 12

e) Perhitungan kapasitas momen penampang

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

$$b_f = 1500 \text{ mm}$$

$$h = 1000$$



Gambar 4.10 : Perletakan Tulangan Lentur Pada Gelagar Memanjang

Tabel 4.3 : Titik Berat Tulangan Lentur

Baris ke	Jumlah tul. (n)	y	n.y
1	5	0,937	4,69
2	5	0,834	4,175
3	3	0,755	2,265
	$\Sigma n = 13$		$\Sigma n.y = 11,13$

Tinggi efektif balok.

$$d = \frac{\Sigma n.y}{\Sigma n} = \frac{11,13}{13} = 856,15 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 b_f f_c} = \frac{4941,73 \times 295}{0,85 \times 1500 \times 24,9} = 45,919 \text{ mm}$$

$a < h_f$  . maka dianalisa sebagai balok T semu (balok persegi)

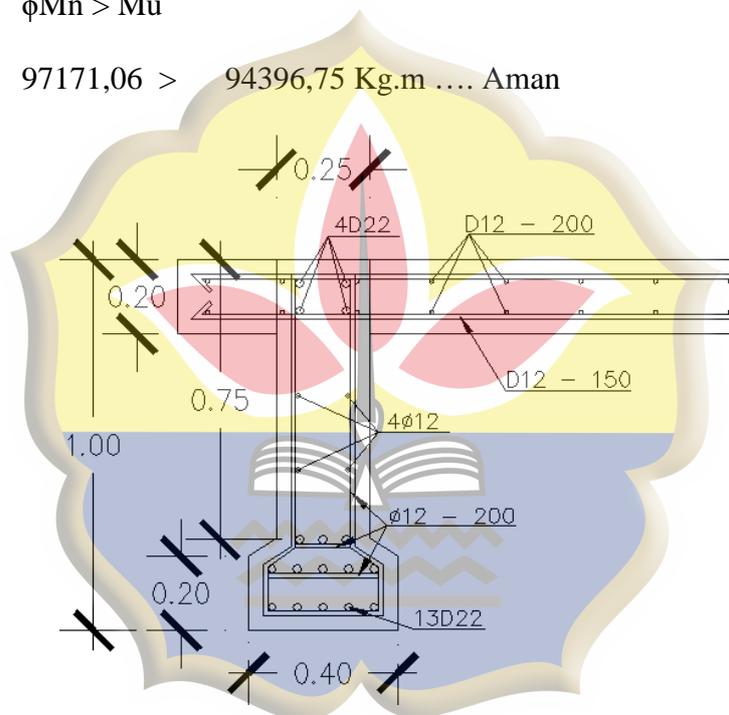
Momen nominal :

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 4941,73 \times 295 \times (856,15 - 45,919/2) \\ &= 971710620,7 \text{ N.mm} \\ &= 97171,06 \text{ Kg.m}\end{aligned}$$

Kapasitas momen ultimit.

$$\phi M_n > M_u$$

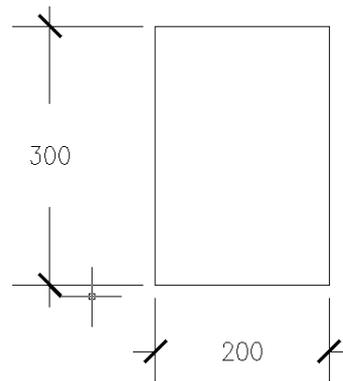
$$97171,06 > 94396,75 \text{ Kg.m} \dots \text{Aman}$$



Gambar 4.11: Penulangan Balok T Arah Melintang

#### 4.1.4. Balok Diafragma

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



Gambar 4.12: Penampang Melintang Balok Diafragma

a) Data Perencanaan

$$h = 300 \text{ mm}$$

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

$$L = 1,97 \text{ m}$$

$$cc = 40 \text{ mm}$$

$$f_y (\text{BjTP30}) = 240 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 24,9 \text{ MPa} = \text{K-300}$$

$$\text{Øtulangan} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Øsengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$d = h - cc - 0,5 \text{ Øtulangan} - \text{Øsengkang}$$

$$= 300 - 40 - 0,5 \times 12 - 8$$

$$= 246 \text{ mm}$$

$$q_d = 1,2 \times b \times h \times \text{BJ Beton} = 1,2 \times 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 172,8 \text{ kg/m}$$

b) Perhitungan Tulangan Utama

$$\phi (\text{faktor reduksi}) = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q_d \times L^2 = 1/8 \times 172,8 \times 1,97^2 = 83,827 \text{ kg.m}$$

$$M_n = M_{\max} / \phi = 83,827 / 0,8 = 1047843 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1047843}{200 \times 246^2} = 0,0866 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85fc}{fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85fc}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{240} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,1818}{0,85 \times 24,9}} \right) \\ &= 0,0003615 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/fy = 1,4/295 = 0,004745763$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \cdot \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,004745763$$

$$As = \rho_{\text{min}} bd = 0,004745763 \times 200 \times 246 = 233,49 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ )

Tulangan yang perlukan.

$$n = As/A = 233,49 / 113,1 = 2,06 \approx 3$$

$$As1 = n \times A = 3 \times 113,1 = 339,29 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Utama 6Ø12

#### d) Perhitungan Tulangan Geser

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,7 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times qd \times L = \frac{1}{2} \times 172,8 \times 1,97 = 170,208 \text{ kg} = 1702,08 \text{ N}$$

$$Vn = Vu / \phi = 1702,08 / 0,7 = 2431,543 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{fc} bd = \frac{1}{6} \sqrt{24,9} \times 200 \times 246 = 40917,918 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,7 \times Vc = 0,7 \times 40917,918 = 28642,542$$

$$Vu < \phi Vc$$

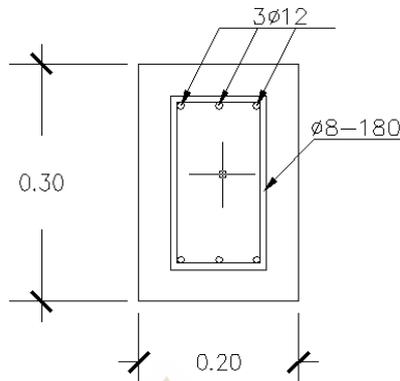
1702,08 N < 28642,542N (maka dipasang tulangan geser minum dengan jarak sengkang)

Dipakai tulangan sengkang yaiut Ø 8 mm  $Av = 50,26 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan :

$$S = \frac{3xAv \times fy}{b} = \frac{3x50,26 \times 240}{200} = 180,956 \approx 180 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan Senggang Ø8 – 180 mm



Gambar 4.13: Penulangan Diafragma

#### 4.1.5. Elastomer (*Bearing Pad*)

Perletakan direncanakan menggunakan elastomer dengan dimensi 40x60x4,5 cm.

Digunakan :

CPU *Elastomeric Bearing* tebal 45 mm isi plat baja 3mm

Kuat tekan = 56 kg/cm<sup>2</sup>

- Beban yang bekerja ( $V_{max}$ ) = 72634,26 kg

- Pengecekan terhadap beban vetikal :

$$f = V_{max}/A = 72634,26/2400 = 30,26 \text{ kg/cm}^2$$

30,26 kg/cm<sup>2</sup> < 56kg/cm<sup>2</sup> ....Aman

## 4.2. Struktur Bawah Jembatan

### 4.2.1. Analisis Beban Kerja

#### A) Beban Sendiri (MS)

##### 1) Data perencanaan

$h = 20$  cm (tebal plat lantai)

$t_h = 3$  cm (tebal air hujan)

$P = 10$  m (panjang gelegar)

$P_d = 1,97$  (panjang diafragma)

$L = 3$  m (lebar jembatan)

$cc = 4$  cm (tebal selimut beton)

$G = 5,08$  kg/m<sup>3</sup> (berat besi pipa sandaran)

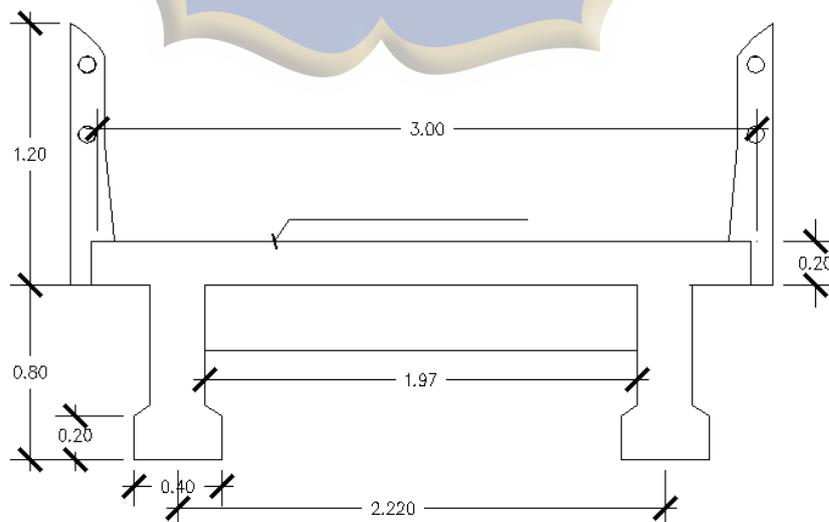
$f_y = B_jTP\ 30 = 295$  MPa

$f_c = 24,9$  MPa = K-300

BJ Beton = 2400kg/m<sup>3</sup>

BJ Air Hujan = 1000 kg/m<sup>3</sup>

##### 2) Berat sendiri struktur atas



Gambar 4.14: Penampang Melintang Struktur Atas Jembatan

$$\text{Pipa sandaran} = A_{\text{pipa}} \times n \times P \times G = 0,00456 \times 2 \times 10 \times 5,08 = 0,46 \text{ kg}$$

$$\text{Tiang sandaran} = V_{\text{sandaran}} \times n \times \text{BJBeton}$$

$$= 0,023 \times 7 \times 2400 = 387,07 \text{ kg}$$

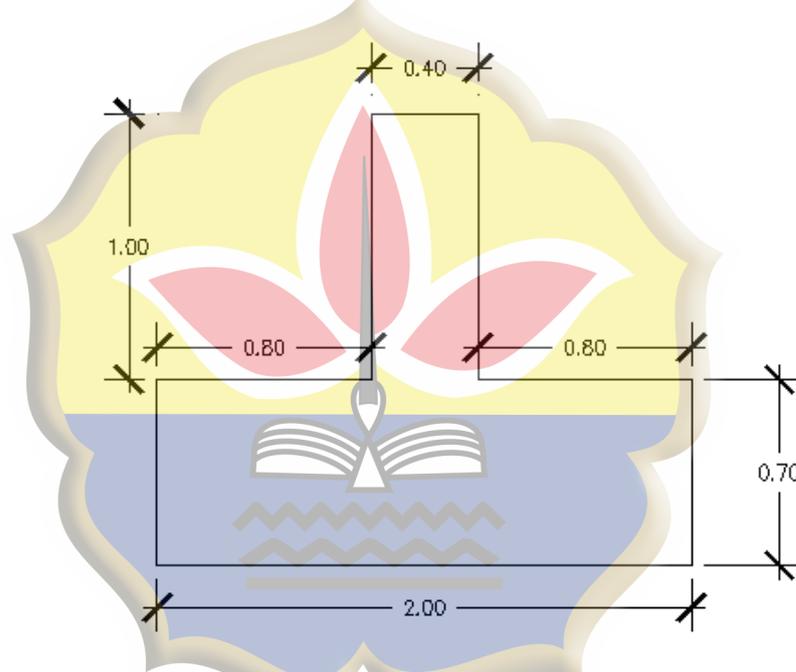
$$\text{Lantai kendaraan} = A_{\text{lantai}} \times P \times 2400 = 0,6 \times 10 \times 2400 = 14400 \text{ kg}$$

$$\text{Gelagar} = A_{\text{gelagar}} \times P \times n \times \text{BJBeton} = 0,234 \times 10 \times 2 \times 2400 = 11232 \text{ kg}$$

$$\text{Diafragma} = V_{\text{diafragma}} \times n \times \text{BJBeton} = 0,1182 \times 4 \times 2400 \text{ kg}$$

$$P_{\text{MSAtas}} = 27154,26 \text{ Kg}$$

3) Berat sendiri struktur bawah



Gambar 4.15 : Penampang Melintang Struktur Bawah Jembatan

$$\text{Abutment trestle} = A \times P \times \text{BJBeton} = 1,8 \times 3 \times 2400 = 12960 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{MSBawah}} = 12960 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{MStotal}} = P_{\text{MSAtas}} + P_{\text{MSBawah}} = 40114,26 \text{ Kg}$$

**B) Beban Mati Tambahan (MA)**

$$\text{Air Hujan} = t_h \times L \times P \times \text{BJAir} = 0,03 \times 3 \times 10 \times 1000 = 900 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{MA}} = 900 \text{ Kg}$$

### C) Beban Lajur “D” (TD)

$$\text{BRT. } q = 8 \text{ kPa} = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{BGT (beban garis terpusat). } p = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

$$\text{FBD (factor beban dinamis)} = 0,4$$

$$P_{\text{BRT}} = \text{BRT} \times L \times P = 800 \times 3 \times 10 = 24000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{BGT}} = \text{BGT} \times (1 + \text{FBD}) \times L = 20580 \text{ kg}$$

$$P_{\text{TD}} = P_{\text{BRT}} + P_{\text{BGT}} = 24000 + 20580 = 44580 \text{ kg}$$

### D) Kombinasi Beban Kerja

Tabel 4.4. Kombinasi Beban pada Gelagar

No	Jenis Beban	Faktor Beban	P (Kg)	Pu (Kg)
1	Beban Sendiri (MS)	1,3	40114,26	52148,53
2	Beban Mati	2	900	1800
	Tambahan (MA)			
3	Beban Lajur “D” (TD)	1,8	44580	80244
Total Pu				134192,5

#### 4.2.2. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

##### A) Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

1) Kekuatan bahan tiang

$$\text{Ø tiang} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal beton} = 6 \text{ cm}$$

$$f_c = 29,05 \text{ MPa} = \text{K-350}$$

$$\sigma'b = 29,05 \times 0,33 = 9,59 \text{ MPa (tegangan ijin bahan tiang)}$$

$$\text{Acincin beton tiang} = (1/4\pi d^2) - (1/4\pi(d-6x2)^2) = 452,39 \text{ cm}^2$$

$$P \text{ tiang} = 9,56 \times 10^1 \times 452,39 = 43368,3 \text{ kg}$$

2) Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Data Sondir

Tabel 4.5. Hasil Sondir

No. Titik	Kedalaman (m)	(qc) (kg/cm <sup>2</sup> )	JHP (kg/cm)
1	13,4	150	3936
2	14,2	150	4706
3	12,4	150	3894
4	13,2	150	4182
5	14,4	150	4864
6	14	150	3958
7	12,4	150	3728
8	13,2	150	3802
9	14,2	150	4820
10	13,6	150	4322
11	14,4	150	4858
12	13,8	150	3978

Ket : qc = Perlawanan Penetrasi Konus

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat

Diambil data sondir pada titik 7 yang memiliki JHP terendah.

dengan data sebagai berikut :

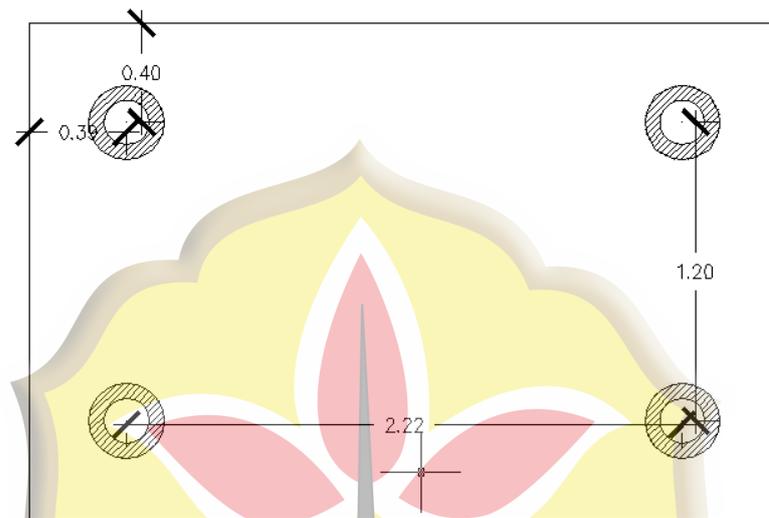
$$qc = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$JHP = 3729 \text{ kg/cm}$$

kedalaman = 12,4 m

$$\begin{aligned}
 P \text{ tiang} &= \frac{qc \times A}{3} + \frac{JHP \times O}{5} \\
 &= \frac{150 \times 706,86}{3} + \frac{3729 \times 94,25}{5} \\
 &= 105614,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3) Daya dukung kelompok tiang pancang



Gambar 4.16 : Denah Pondasi Tiang Pancang

$$P_{\max} = P_u/n = 134192,5/4 = 33548,133 \text{ kg}$$

$$\emptyset = \tan^{-1} D/S = \tan^{-1} 0,3/1,2 = 14,036^{\circ}$$

$$E = 1 - \emptyset/90 \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\}$$

$$1 - 14,036/90 \left\{ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{2 \times 2} \right\} = 0,844$$

Keterangan :

S = jarak antara tiang pancang = 1,2 m

m = jumlah baris = 2

n = jumlah pancang tiap baris = 2

D = diameter tiang pancang

E = Efisiensi tiang

Daya dukung tiap tiang pada kelompok tiang

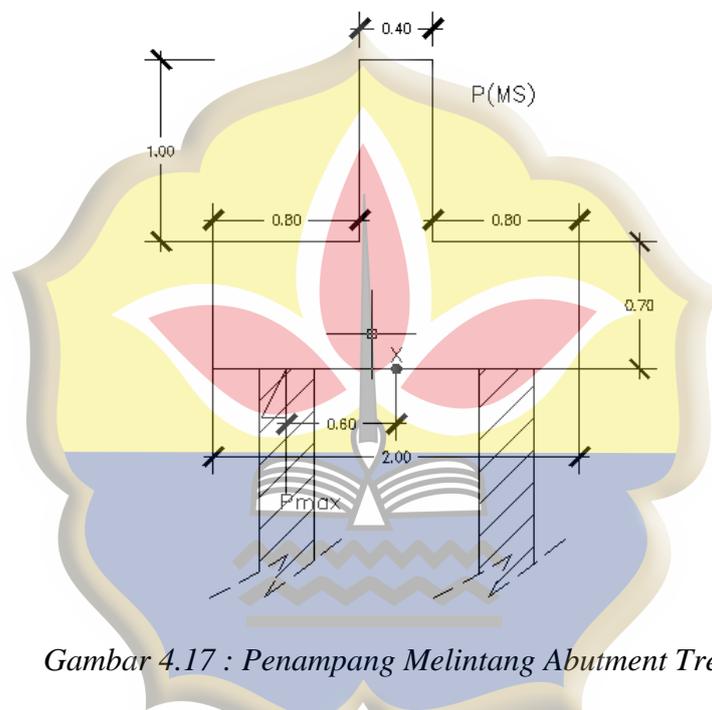
$$P_{ult} = E \times P = 0,844 \times 105614,06 = 89142,68 \text{ kg}$$

Kontrol  $P_{max}$  terhadap  $P_{ult}$

$$P_{ult} > P_{max}$$

$$89142,68 > 33548,13 \text{ Kg} \dots\dots\dots\text{Aman}$$

#### 4.2.3. Penulangan *Abutment Trestle* Arah Melintang



Gambar 4.17 : Penampang Melintang *Abutment Trestle*

Besarnya gaya  $P$  yang diterima 1 tiang pancang  $P_{max} = 33,55 \text{ T}$ . jarak

antara beban terluar abutment dengan titik berat pondasi tiang pancang

$$(x) = 0,6 \text{ m}$$

$$P_{max} \times X = 20,13 \text{ t.m}$$

Data perencanaan :

$$f_y = \text{BjTS 30} = 295 \text{ MPa}$$

$$f_c = 24,9 \text{ MPa} = \text{K-300}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

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

$$cc = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 40 - \frac{1}{2} 22 = 649 \text{ mm}$$

- Tulangan Utama

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$M_n = M_u / 0,8 = 20,13 \times 10^7 / 0,8 = 25,16 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{25,16 \times 10^7}{1000 \times 649^2} = 0,597$$

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

$$= \frac{0,85 \times 24,9}{295} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,597}{0,85 \times 24,9}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00205$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 294 = 0,00474$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \cdot \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,00474$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,00474 \times 1000 \times 649 = 3080 \text{ mm}^2$$

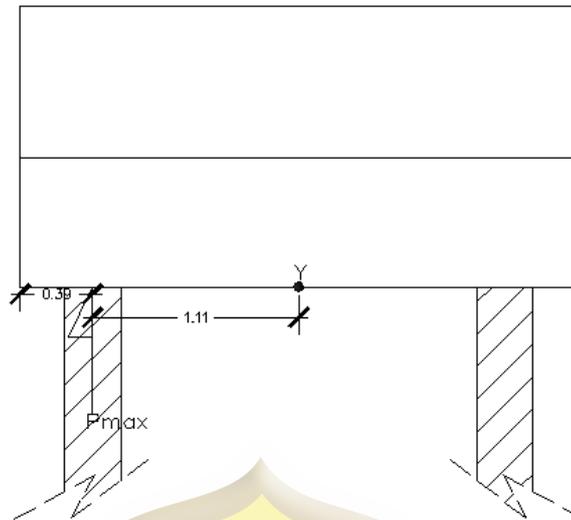
Dipakai tulangan  $\emptyset 22$  dengan luas penampang ( $A = 380,13 \text{ mm}^2$ )

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380,13 \times 1000}{3080} = 123,42 \approx 120 \text{ mm}$$

Dipakai Tulangan D22 – 120

#### 4.2.4. Penulangan Abutment Trestle Arah Memanjang



Gambar 4.18 : Penampang Memanjang Abutment Trestle

Besarnya gaya  $P$  yang diterima 1 tiang pancang  $P_{max} = 33,55$  T. jarak antara beban terluar abutment dengan titik berat pondasi tiang pancang ( $y$ ) = 1,1 m

$$P_{max} \times X = 37,24 \text{ t.m}$$

Data perencanaan :

$$f_y = B_jTS 30 = 295 \text{ MPa}$$

$$f_c = 24,9 \text{ MPa} = K-300$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

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

$$cc = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 40 - \frac{1}{2} 22 = 649 \text{ mm}$$

- Tulangan Utama

$$\phi \text{ (faktor reduksi)} = 0,8 \text{ (RSNI T-12-2004. pasal 4.5.2)}$$

$$M_n = M_u / 0,8 = 37,24 \times 10^7 / 0,8 = 46,55 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{25,16 \times 10^7}{1000 \times 649^2} = 1,10$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{295} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,1}{0,85 \times 24,9}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00385$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 294 = 0,00474$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \cdot \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,00474$$

$$A_s = \rho b d$$

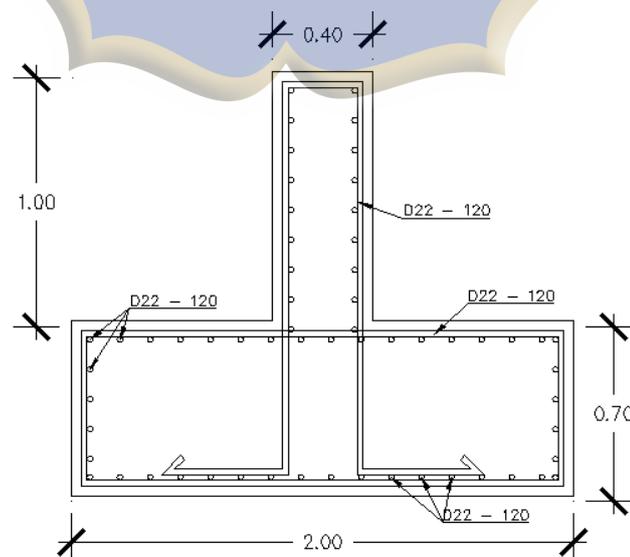
$$= 0,00474 \times 1000 \times 649 = 3080 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 22$  dengan luas penampang ( $A = 380,13 \text{ mm}^2$ )

Jarak tulangan yang diperlukan.

$$S = \frac{A \times b}{A_s} = \frac{380,13 \times 1000}{3080} = 123,42 \approx 120$$

Dipakai Tulangan D22 – 120



Gambar 4.19 : Penulangan Abutment Trestle

### 4.3. Ringkasan Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis struktur jembatan dengan 2 (dua) gelagar memanjang (*existing* menggunakan 3 gelagar). dan penggunaan tiang pancang pada setiap *abutment trestle* terdapat 4 titik tiang pancang. diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 4.6. Dimensi *Existing* Struktur Jembatan

No	Elemen Struktur	Dimensi Struktur (cm)		
		Panjang	Lebar	Tinggi
1	Tiang Sandaran	16	12	100
2	Lantai Kendaraan	1000	300	20
3	Gelagar Memanjang	1000	Sisi bawah (b) = 40 Sisi badan (bw) = 25	82
4	Balok Diafragma	197	20	30
5	Tiang Pancang	987	Diameter = 30	
6	Kepala <i>abutment trestle</i>	3000	40	100
7	Badan <i>abutment trestle</i>	3000	2000	70

Tabel 4.7. Dimensi Hasil Perhitungan Struktur Jembatan

No	Elemen Struktur	Dimensi Struktur (cm)		
		Panjang	Lebar	Tinggi
1	Tiang Sandaran	16	12	100
2	Lantai Kendaraan	1000	300	20
3	Gelagar Memanjang	1000	Sisi bawah (b) = 40 Sisi badan (bw) = 25	100

4	Balok Diafragma	197	20	30
5	Tiang Pancang	1240	Diameter = 30	
6	Kepala abutment trestle	3000	40	100
7	Badan abutment trestle	3000	2000	70

Tabel 4.8. Existing Tulangan Struktur Jembatan

No	Elemen Struktur	Kebutuhan Tulangan (mm)		
		Tul. lentur	Tul. bagi	Tul. geser
1	Tiang Sandaran	4Ø12	-	Ø8 – 150
2	Lantai Kendaraan	D12 – 180	D12 – 180	-
3	Gelagar Memanjang	Sisi atas = 4D16 Sisi bawah = 13D16	4 Ø 12	Ø12 – 180
4	Balok Diafragma	6Ø12	-	Ø8 – 120
5	Kepala <i>abutment trestle</i>	Arah melintang = D16 – 180	Arah memanjang = D16 – 180	
6	Badan <i>abutment trestle</i>	Arah melintang = D16 – 180	Arah memanjang = D16 – 180	

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Tulangan Struktur Jembatan

No	Elemen Struktur	Kebutuhan Tulangan (mm)		
		Tul. lentur	Tul. bagi	Tul. geser
1	Tiang Sandaran	4Ø12	-	Ø8 – 200
2	Lantai Kendaraan	D12 – 150	D12 – 200	-

3	Gelagar Memanjang	Sisi atas = 4D22 Sisi bawah = 13D22	4 Ø 12	Ø12 – 200
4	Balok Diafragma	6Ø12	-	Ø8 – 180
5	Kepala <i>abutment</i> <i>trestle</i>	Arah melintang = D22 – 120	Arah memanjang = D22 – 120	
6	Badan <i>abutment</i> <i>trestle</i>	Arah melintang = D22 – 120	Arah memanjang = D22 – 120	



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan Struktur Jembatan Sei. Kampung Tengah Kec. Pelayangan Kota Jambi dengan menggunakan dua gelagar memanjang diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tinggi penampang gelagar memanjang hasil perhitungan lebih besar ( 100 cm) dibanding tinggi penampang gelagar *existing* (82 cm).
2. Total luas penampang gelagar memanjang pada setiap bentang hasil perhitungan 0,568 m<sup>2</sup> lebih kecil dibanding total luas penampang gelagar *existing* 0,693 m<sup>2</sup>
3. Total luas penampang tulangan memanjang pada gelagar memanjang di setiap bentangnya hasil perhitungan 12924,51 mm<sup>2</sup> lebih besar dibanding *existing* 10254,16 mm<sup>2</sup>.
4. Total luas penampang tulangan sengkang gelagar memanjang di setiap bentangnya hasil perhitungan 11535,93 mm<sup>2</sup> lebih kecil dibanding *existing* 19339,64 mm<sup>2</sup>
5. Total luas penampang tulangan sengkang balok *diafragma* di setiap bentangnya hasil perhitungan 2412,743 mm<sup>2</sup> lebih kecil dibanding *existing* 3619,115 mm<sup>2</sup>.
6. Total luas penampang tulangan lentur plat lantai di setiap bentangnya hasil perhitungan 15381,24 mm<sup>2</sup> lebih besar dibanding *existing* 12893,1 mm<sup>2</sup>.

7. Total luas penampang tulangan arah memanjang *abutment trestle* di hasil perhitungan 19766,9 mm<sup>2</sup> lebih besar dibanding *existing* 7238,229 mm<sup>2</sup>.
8. Total luas penampang tulangan arah melintang *abutment trestle* di hasil perhitungan 22807,96 mm<sup>2</sup> lebih besar dibanding *existing* 7640,353 mm<sup>2</sup>.
9. Total luas penampang tiang pancang pada setiap *abutment trestle* hasil perhitungan 1809,557 cm<sup>2</sup> lebih besar dibanding *existing* 2714,336 cm<sup>2</sup>.
10. Penggunaan tiang pancang menggunakan pancang 12,4 meter dengan diameter 30 cm dan tidak menggunakan perkuatan pondasi, yang dimana *existing* pada jembatan ini menggunakan perkuatan pada pondasi.
11. Pada jembatan ini menggunakan perletakan elastomer berdimensi 40x60x4,5 cm dengan isi plat baja 3 mm, yang dimana *existing* jembatan ini tidak menggunakan perletakan ( balok gelagar langsung diletakkan pada *abutment trestle* ).

## 5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan yang didapatkan, maka penulis memberi saran yang diantara lain :

1. Menggunakan peraturan yang tepat yang diusahakan peraturan yang terbaru sehingga selalu mengikut perkembangan dunia konstruksi.

2. Untuk pelaksanaan dalam menggunakan tulangan harus sesuai dengan rencana sehingga menjadi jembatan yang efisien dan tidak mengalami kekurangan kekuatan pada struktur.
3. Bagi para pembaca yang ingin merencanakan suatu jembatan pemilihan tulangan sangat penting dari segi aspek ukuran tulangan yang jangan terlalu banyak jenis ukuran dan menggunakan ukuran besi yang ada di pasaran.



## DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2005. *Metode Konstruksi Jembatan Beton*. Jakarta: UI-Press.
- E, Sutarman. 2013. *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- <http://id.m.wikipedia.org/wiki/Jembatan>. *Jembatan*.( dikunjungi pada tanggal 9 Januari 2019 pukul 21:30 WIB).
- Imran, I. SI-3121 *Stuktur Beton I*. Bandung: ITB.
- Longa, N. 2015. *Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T SEI Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur*. Surabaya: Universitas Narotama.
- MKB No. 009/BM/2008 *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan*. Jakarta: DJBM.
- RSNI T-12-2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- SNI 1725-2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- SNI 2052-2014 *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: BSN.
- SNI 2847-2013 *Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Tharmizi, A. 2009. *Kajian Analisa Bangunan Atas Jembatan Beton Bertulang Type Trapesium Sungai Idung Idup Dengan Panjang Bentang 20 Meter*. Jambi: Universitas Batanghari.