

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyalang sungai/saluran air, lembah atau menyalang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain berupa jalan air atau lalu lintas biasa. Jembatan yang berada diatas jalan lalu lintas biasanya disebut viaduct. Jembatan dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Jembatan – jembatan tetap.
2. Jembatan – jembatan dapat digerakkan.

Kedua golongan jembatan tersebut dipergunakan untuk lalu lintas kereta api dan lalu lintas biasa (Struyk dan Veen, 1984).

Golongan I dapat dibagi-bagi dalam:

- a. Jembatan kayu
- b. Jembatan baja.
- c. Jembatan dari beton bertulang.
- d. Jembatan batu.

Golongan II dapat dibagi-bagi dalam:

- a. Jembatan-jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar, yaitu:
 - a) Jembatan-jembatan angkat.
 - b) Jembatan-jembatan baskul.
 - c) Jembatan lipat Strauss.

- b. Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar juga termasuk poros-poros yang dapat berpindah sejajar dan mendatar, seperti apa yang dinamakan jembatan-jembatan baskul beroda.
- c. Jembatan-jembatan yang dapat berputar atas suatu poros tegak, atau jembatan-jembatan putar.
- d. Jembatan yang dapat berkisar ke arah tegak lurus atau mendatar.
 - a) Jembatan angkat.
 - b) Jembatan beroda.
 - c) Jembatan gojah atau ponts transbordeur.

Menurut Agus (1995) jembatan dapat di klasifikasikan menjadi 8 (delapan) jenis, yaitu:

1. Klasifikasi menurut tujuan penggunaannya:
 - a. Jembatan jalan raya
 - b. Jembatan jalan kereta api
 - c. Jembatan air / pipa dan saluran
 - d. Jembatan militer
 - e. Jembatan pejalan kaki / penyeberangan
2. Klasifikasi menurut bahan material yang digunakan:
 - a. Jembatan kayu
 - b. Jembatan rangka baja
 - c. Jembatan beton bertulang
 - d. Jembatan beton prategang
 - e. Jembatan batu bata
 - f. Jembatan komposit
3. Klasifikasi menurut formasi lantai kendaraan:
 - a. Jembatan lantai atas
 - b. Jembatan lantai tengah
 - c. Jembatan lantai bawah
 - d. Jembatan lantai atas dan bawah
4. Klasifikasi menurut struktur / konstruksinya:
 - a. Jembatan Gelegar (*Girder Bridge*)

- b. Jembatan rangka (*Truss Bridge*)
 - c. Jembatan portal (*Rigid Frame Bridge*)
 - d. Jembatan pelengkung (*Arch Bridge*)
 - e. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)
 - f. Jembatan kabel (*Cable Stayed Bridge*)
5. Klasifikasi menurut bidang yang dipotongkan:
- a. Jembatan tegak lurus
 - b. Jembatan lurus (*Straight Bridge*)
 - c. Jembatan lengkung (*Curved Bridge*)
6. Klasifikasi menurut lokasi:
- a. Jembatan biasa
 - b. Jembatan *Viaduct*
 - c. Jembatan layang (*Overbridge / Roadway Crossing*)
 - d. Jembatan kereta api
7. Klasifikasi menurut keawetan umur:
- a. Jembatan sementara
 - b. Jembatan permanen
8. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan / derajat gerak:
- a. Jembatan atap
 - b. Jembatan dapat digerakkan

2.1.1 Bangunan Atas (*Superstructure*)

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi jembatan yang menampung beban – beban lalu lintas, orang, barang, dan berat sendiri konstruksi kemudian menyalurkan beban tersebut ke bagian bawah.

Bagian bangunan atas suatu jembatan terdiri dari :

1. Sandaran, berfungsi untuk membataasi lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun orang yang melewatinya, pada jembatan rangka baja umumnya sandaran dibuat dari pipa galvanis.

2. Rangka utama, terbuat dari baja profil seperti type WF, sehingga lebih baik dalam menerima beban – beban yang bekerja secara lateral (beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu batang).
3. Trotoar, merupakan jalur lalu-lintas untuk pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan sumbu jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan.
4. Lantai kendaraan, merupakan lintasan utama yang di lalui kendaraan, lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan, dimana masing-masing lajur memiliki lebar minimal 2,75 meter (RSNI T-14-2004).
5. Gelagar memanjang, terletak pada jembatan yang letaknya memanjang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai . Komponen ini merupakan suatu bagian struktur yang menahan beban langsung dari plat lantai.
6. Gelagar melintang, berfungsi menerima beban lantai kendaraan, trotoar, gelagar memanjang dan beban lainnya serta menyalurkannya ke rangka utama
7. Ikatan angin atas dan bawah, berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik dari bagian atas maupun bagian bawah jembatan agar jembatan dalam keadaan stabil.
8. Perletakan, dibuat untuk menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal, maupun lateral dan menyalurkannya ke bangunan dibawahnya, serta mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu dan untuk memeriksa kemungkinan rotasi pada perletakkan yang akan menyertai lendutan dari struktur yang dibebani. Terdapat tiga macam perletakan yaitu sendi, rol, dan elastomer.

2.1.2 Bangunan Bawah (*Substructure*)

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang berfungsi untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas, kemudian disalurkan ke pondasi dan diteruskan ke tanah keras dibawahnya. Dalam perencanaan jembatan masalah bangunan bawah harus mendapatkan perhatian, karena bangunan bawah merupakan salah satu penyangga dan penyalur semua beban yang bekerja pada jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya-gaya akibat tekanan tanah oprit dan gaya-gaya pelaksanaan. Bangunan bawah terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Abutment atau kepala jembatan yang merupakan salah satu bagian konstruksi yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan di atasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit. Konstruksi abutment juga dilengkapi dengan konstruksi sayap untuk menahan tanah dengan arah tegak lurus dari as jalan. Bentuk umum abutment yang sering dijumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semuanya sama yaitu sebagai pendukung bangunan atas, tapi yang paling umum ditinjau dari kondisi lapangan seperti daya tanah dasar dan penurunan (*settlement*) yang terjadi. Adapun jenis abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok.
2. Pondasi, berfungsi untuk memikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah pendukung tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang berlebihan. Adapun hal yang diperlukan dalam perencanaan pondasi diantaranya :
 - a. Daya dukung tanah terhadap konstruksi
 - b. Beban-beban yang bekerja pada tanah baik langsung maupun tidak langsungSecara umum jenis pondasi yang digunakan pada jembatan ada 3 (tiga) macam yaitu :
 - a. Pondasi langsung pangkal
 - b. Pondasi sumuran
 - c. Pondasi dalam (tiang pancang/bor)
3. Pelat injak, berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan memasuki awal jembatan. Pelat injak ini sangat berpengaruh pada pekerjaan bangunan bawah. Karenabiladalam pelaksanaan pemadatan kurang sempurna maka akan mengakibatkan penurunan dan plat injak akan patah.
4. Pilar, berbeda dengan abutment yang jumlahnya ada 2 (dua) dalam satu jembatan. Bentuk pilar suatu jembatan harus mempertimbangkan pola pergerakan aliran sungai, sehingga dalam perencanaannya selain pertimbangan dari segi kekuatan juga memperhitungkan masalah keamanannya. Dalam segi

jumlah pun bermacam-macam tergantung dari jarak bentangan yang tersedia, keadaan sungai dan keadaan tanah.

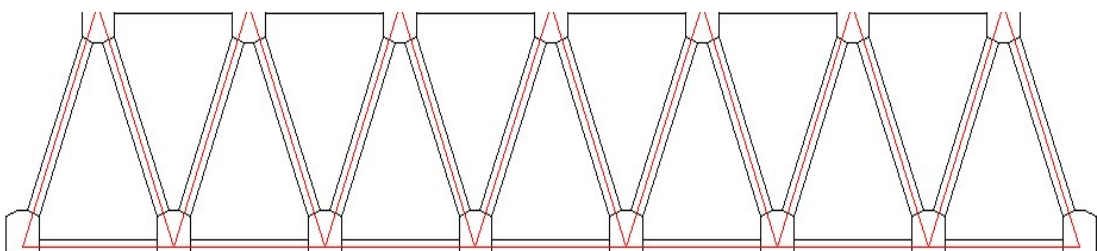
5. Oprit (jalan pendekat), adalah timbunan tanah pilihan dibelakang abutment yang berfungsi menghubungkan jalan dengan jembatan.

2.2. Jembatan Rangka Baja

Menurut (Asiyanto 2008) jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang – batang baja yang dihubungkan satu dengan yang lain. Beban atau muatan yang dipikul oleh struktur ini akan diuraikan dan disalurkan kepada batang – batang baja struktur tersebut, sebagai gaya – gaya tekan dan tarik, melalui titik – titik pertemuan batang (titik buhul). Garis netral tiap – tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling berpotongan pada satu titik saja, untuk menghindari timbulnya momen sekunder.

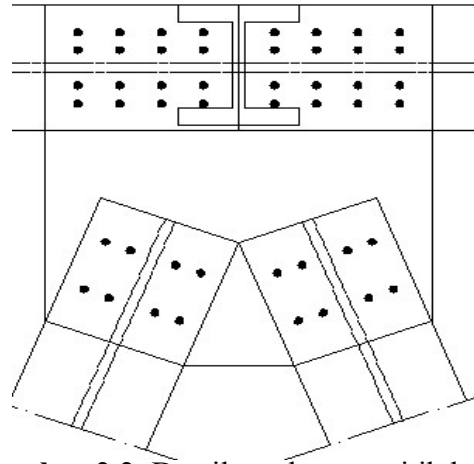
Hal-hal penting yang perlu diperhatikan pada konstruksi rangka baja yaitu:

1. Mutu dan dimensi tiap-tiap batang harus kuat menahan gaya yang timbul. Batang-batang rangka dalam keadaan tidak rusak/bengkok dan sebagainya. Oleh karena itu batang-batang rangka jembatan harus dijaga selama masa pengangkutan, penyimpanan, dan pemasangan.
2. Kekuatan pelat penyambung harus lebih besar daripada batang yang disambung (struktur sambungan harus lebih kuat dari batang utuh).
3. Untuk mencegah terjadinya eksentrisitas gaya yang dapat menyebabkan momen sekunder, maka garis netral tiap batang yang bertemu harus berpotongan melalui satu titik (harus merencanakan bentuk pelat buhul yang tepat). Contoh gambar struktur jembatan rangka baja:



Gambar 2.1. Sketsa struktur jembatan rangka baja

Pelat buhul yang paling ujung, baik pelat buhul bawah maupun atas, biasanya panjangnya dilebihi, untuk keperluan penyambung dengan *linking steel* bila diperlukan.



Gambar 2.2. Detail sambungan titik buhul

2.2.1. Sejarah Penggunaan Material Baja

Pada masa awal penggunaannya sekitar tahun 4000 SM, besi (komponen utama penyusun baja) digunakan untuk membuat peralatan - peralatan sederhana. Material ini dibuat dalam bentuk besi tempa, yang diperoleh dengan memanaskan bijih - bijih besi dengan menggunakan arang. Sekitar akhir abad ke - 18 dan permulaan abad ke - 19, besi tuang dan besi tempa sudah mulai banyak digunakan untuk pembuatan struktur jembatan. Jembatan lengkung Coalbrookdale yang melintang di atas sungai severn (Inggris) adalah jembatan pertama yang terbuat dari besi tuang. Jembatan dengan panjang bentang sekitar 30 m ini dibangun oleh Abraham Darby III.



Gambar 2.3 Coalbrookdale Arch Bridge
(Sumber : www.greatbuildings.com)



Gambar 2.4 Eads Bridge, St. Louis, USA
(Sumber : www.bridgepos.com)

Pada abad ke - 19 muncul material baru yang dinamakan dengan baja yang merupakan logam paduan antara besi dan karbon. Material baja mengandung kadar karbon yang lebih sedikit dari pada besi tuang, dan mulai digunakan dalam konstruksi - konstruksi berat. Pembuatan baja dalam volume besar dilakukan pertama kali oleh Sir Henry Bessemer dari Inggris. Beliau mempelajari bahwa dengan menghembuskan aliran udara di atas besi cair panas akan membakar kotoran - kotoran yang ada dalam besi tersebut, namun secara bersamaan proses

ini juga menghilangkan komponen - komponen penting ini dapat digantikan dengan suatu logam paduan antara besi, karbon dan mangan, disamping itu juga mulai ditambahkan batu kapur yang mengikat senyawa fosfor dan sulfat. Dengan ditemukannya proses bessemer, maka di tahun 1870 baja karbon mulai dapat di produksi dalam skala besar dan secara perlahan material baja mulai menggantikan besi tuang sebagai elemen konstruksi.

2.2.2. Material Baja

Baja yang akan digunakan dalam struktur dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon, baja paduan rendah mutu tinggi, dan baja paduan. Sifat - sifat mekanik dari baja tersebut seperti tegangan leleh dan tegangan putusnya di atur dalam ASTM A6/A6m.

a. Baja karbon

Baja karbon dibagi menjadi 3 kategori tergantung dari presentase kandungan karbonnya , yaitu : baja karbon rendah ($C = 0,03 - 0,35 \%$). baja yang sering digunakan dalam struktur adalah baja karbon medium, misalnya baja BJ 37.

b. Baja paduan rendah mutu tinggi

Yang termasuk dalam kategori baja paduan rendah mutu tinggi (*high - strength low - ally steel/HSLA*) mempunyai tegangan leleh berkisar antara 290 - 550 Mpa dengan tegangan putus (f_u) antara 415 - 700 Mpa.

c. Baja paduan

Baja paduan rendah (low alloy) dapat ditempa dan dipanaskan untuk memperoleh tegangan leleh antara 550 - 760 Mpa.

Baut yang biasa digunakan sebagai alat pengencang mempunyai tegangan putus minimum 415 Mpa hingga 700 Mpa. Baut mutu tinggi mempunyai kandungan karbon maksimum 0,30 % , dengan tegangan putus berkisar antara 733 hingga 838 Mpa.

2.2.3. Sifat - Sifat Mekanik Baja

Dalam perencanaan struktur baja , SNI 03 - 1729 - 2002 mengambil beberapa sifat - sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu :

Modulus Elastisitas, $E = 200.000 \text{ Mpa}$

Modulus Geser , G = 80.000 Mpa

Angka Poison = 0,30

Koefisien muai panjang, α = $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ C$

Sedangkan berdasarkan regangan leleh dan tegangan putusnya , SNI 03 - 1729 - 2002 mengkalifikasikan mutu dari material baja menjadi 5 kelas mutu sebagai berikut :

Tabel 2.1 SIFAT SIFAT MEKANIK BAJA

Jenis Baja	Tegangan Putus minimum, Fu (Mpa)	Tegangan leleh minimum, fy (Mpa)	Regangan minimum %
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

2.2.4. Macam – Macam Jembatan Rangka Baja

Pada dasarnya jembatan rangka baja memiliki prinsip yang sama, baik cara perhitungan maupun sistem penyambungannya. Hanya saja untuk berbagai keperluan standarisasi, beberapa produsen/pabrik membuat desain standar dengan panjang bentang tertentu (misalkan 30 m, 40 m, 50 m, dan 60 m), profil-profil batang tertentu, dan mutu material tertentu pula.

Ada beberapa macam jembatan rangka baja yang sering kita temui pada saat ini, ditinjau dari negara pembuatnya, yaitu:

- a. Rangka Baja Australia
- b. Rangka Baja Belanda
- c. Rangka Baja Inggris
- d. Rangka Baja Belgia
- e. Rangka Baja Austria
- f. Rangka Baja Jepang
- g. Rangka Baja Bailey (jembatan semi permanen)

Berikut ini adalah Tabel-tabel yang menunjukkan bentang jembatan dan lebar jalur lalu lintas berdasarkan Kelas Jembatan untuk beberapa tipe:

Tabel 2.2 Rangka Baja Australia

KELAS A		KELAS B		KELAS C	
LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTANG (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)
7	35	6	35	4,5	35
7	40	6	40	4,5	40
7	45	6	45	4,5	45
7	50	6	50	4,5	50
7	55	6	55	4,5	55
7	60	6	60	4,5	60
7	80	6	80	4,5	80
7	100	6	100	4,5	100

Sumber :

Transfield – MBK, Standard Steel
Bridging for IndonesiaManual for assembly and erection of
Permanent Standard Composite Spans
– Australia

Tabel 2.3 Rangka Baja Belanda

KELAS A		KELAS B		KELAS C	
LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)
7	40	6	40	3,5	40
7	45	6	45	3,5	45
7	50	6	50	3,5	50
7	55	6	55	-	-
7	60	6	60	-	-

Sumber : Petunjuk untuk Perakitan dan Pemasangan
Jembatan Baja Klas ABC

Direktorat Jenderal Bina Marga - Departemen
Pekerjaan Umum

Hollandia Kloss

Tabel 2.4 Rangka Baja Austria

KELAS A		KELAS B		KELAS C	
LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)	LEBAR JALUR LALU LINTAS (M)	BENTAN G (M)
7	35	6	35	4,5	35
7	40	6	40	4,5	40

7	45	6	45	4,5	45
7	50	6	50	4,5	50
7	55	6	55	4,5	55
7	60	6	60	4,5	60

Sumber : Manual for assembly and erection of
Permanent Standard Truss Spans

Contract No. 91/CTR/B/LM/1990

Austria

Karena adanya standar panjang bentang jembatan seperti diatas, sering kita jumpai jembatan kombinasi, misalnya jembatan masing-masing dengan bentang 40 m dan 50 m atau 30 dan 60 m. Biasanya jembatan-jembatan dengan bentang standar tersebut dapat dihubungkan satu dengan yang lain dengan menggunakan *link set* untuk keperluan tertentu. Bahkan ada juga yang dikombinasikan dengan konstruksi lain, misalnya untuk memperoleh total panjang 62 m, dipasanglah jembatan rangka baja dengan bentang 50 m dan jembatan beton 12 m.

Ada juga jembatan rangka baja yang dibuat khusus untuk jembatan darurat/sementara, seperti yang telah kita kenal sebagai jembatan Bailey.

Disamping jenis-jenis tersebut, tentunya ada juga jembatan rangka baja yang khusus didesain tersendiri (hanya untuk satu jembatan saja).

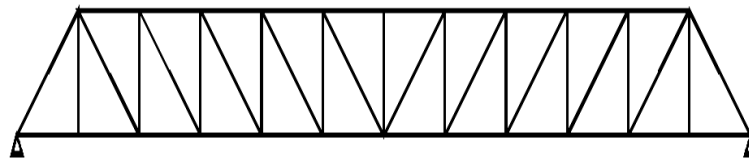
(Asiyanto, 2008:1-5)

2.2.5. Tipe Bentuk Struktur Jembatan Rangka Baja

Bentuk dari rangka batang beraneka macam seperti Pratt Truss, Howe Truss, Warren Truss, K - Truss, Baltimor Truss, Tali Busur Truss, dan Parker Truss. Berikut penjelasan dari jenis - jenis rangka :

1. Pratt Truss

Truss Pratt tersusun dari batang vertikal dan diagonal yang kemiringannya ke bawah menuju pusat.



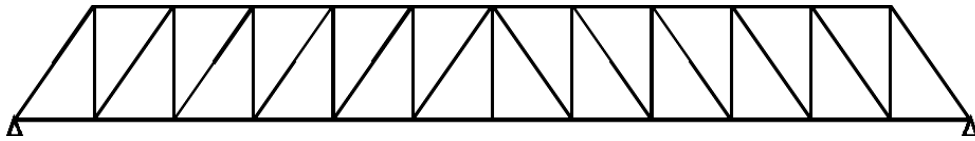
Gambar 2.5 Rangka Pratt Truss

(Sumber : [www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org))

2. Howe Truss

Howe Truss diilustrasikan - diagonal berada di bawah kompresi akibat beban yang seimbang

Howe truss terdiri dari batang vertikal dan diagonal yang kemiringannya ke atas menuju ke arah pusat, kebalikan dari truss Pratt.

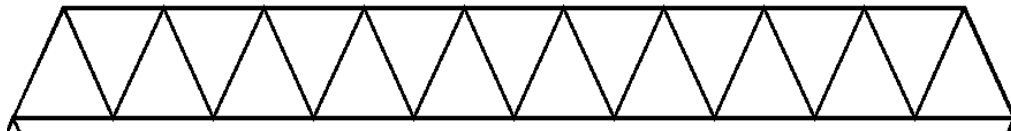


Gambar 2.6 Rangka Howe Truss

(Sumber : www.Wikipedia.org)

3. Warren truss

Warren truss terdiri dari batang mmanjang yang bergabung dengan batang diagonal yang membentuk segitiga sama sisi sehingga mengisi ruang sepanjang batang horizontalnya.

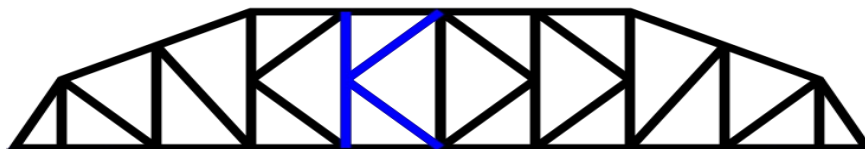


Gambar 2.7 Rangka Warren Truss

(Sumber : www.wikipedia.org)

4. K truss

Sebuah truss berbentuk K karena orientasi batang vertikal dan dua batang diagonal di setiap panel.



Gambar 2.8 Rangka K- Truss

(Sumber : www.wikipedia.org)

5. Baltimore truss

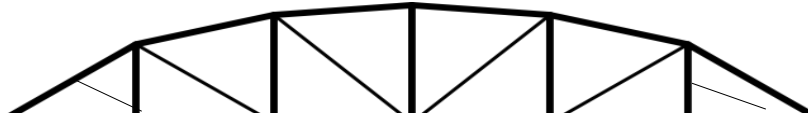
Baltimore truss adalah subclass dari pusat truss Prat. Trus Baltimore memiliki bracing tambahan di bagian bawah dari truss untuk mencegah tekuk dalam dan untuk mnegontrol defleksi.



Gambar 2.9 Rangka Baltimore Truss

6. Tali busur truss

Tali busur truss adalah truss yang memiliki batang load - bearing diagonal. Diagonal ini menghasilkan sebuah struktur yang lebih erat.

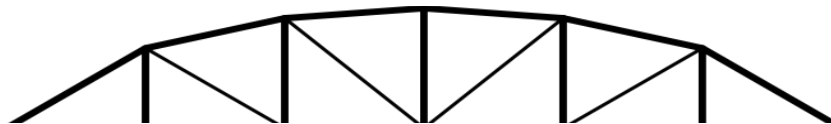


Gambar 2.10 Rangka Tali Busur Truss

(Sumber : www.wikipedia.org)

7. Parker truss

Truss Parker adalah desain truss pratt dengan *chord* atas poligonal.

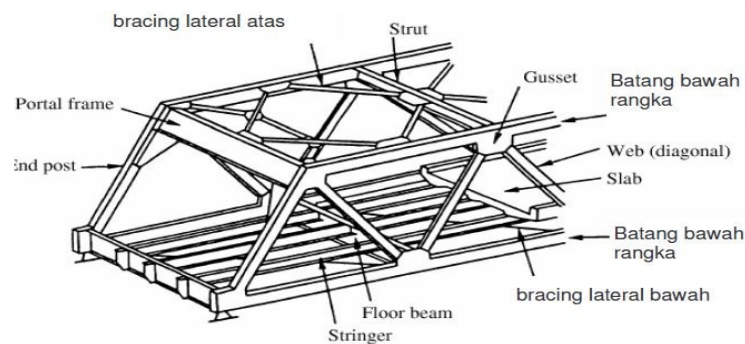


Gambar 2.11 Rangka Parker Truss

(Sumber : www.wikipedia.org)

2.2.6. Bagian – Bagian Konstruksi Jembatan Rangka

Secara umum konstruksi jembatan rangka baja memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*superstructure*) dan bangunan bawah (*substructure*). 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. Sedangkan pada komponen yang dimaksud sebagai rangka batang pada jembatan merupakan bagian dari bangunan atas sebuah jembatan.



Gambar 2.12 Bagian - bagian Jembatan Rangka

1. Tiang Vertikal

Kolom dari rangka pengokoh dan elemen vertikal rangka batang yang menahan beban layanan dan gravitasi.

2. Tiang Ujung (*End Post*)

Kolom dari portal yang menerima beban lateral dan ikatan angin atas. Elemen diagonal terakhir dari rangka batang yang menahan beban gravitasi.

3. Batang Desak Lateral Atas (*Top Lateral Structure*)

Balok dari portal - portal maupun sway frame. Elemen tegak dari rangka batang yang meneruskan beban lateral kepada portal.

4. Batang Tepi Atas (*Top Chord/ Upper Chord*)

Elemen dari rangka batang yang menahan beban gravitasi. Elemen dari rangka batang yang meneruskan beban lateral kepada portal.

5. Balok Tepi Bawah (*Bottom Chord/ Lower Chord*)

6. Elemen dari rangka batang yang menahan beban gravitasi. Elemen dari rangka batang yang meneruskan beban lateral kepada pondasi.

7. Lateral Atas (*Top Lateral*) , dan Lateral Bawah (*Bottom Lateral*)

Sebagai elemen diagonal dari rangka batang yang meneruskan beban.

8. Balok Melintang (*Floor Beam*)

Meneruskan beban gravitasi kepada rangka batang utama.

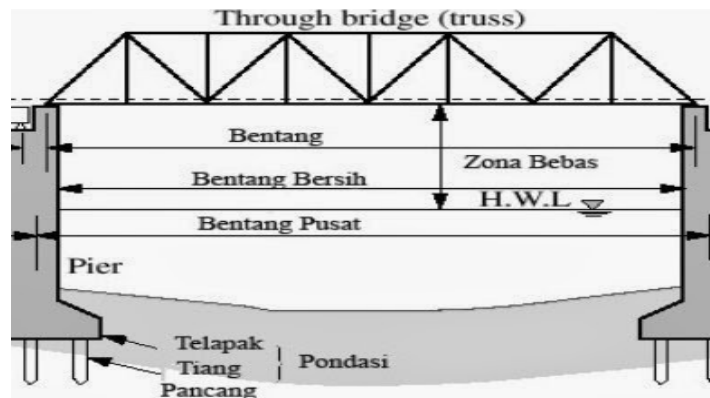
9. Balok Memanjang (*Stringer*)

Meneruskan beban gravitasi kepada *floor beam*.

10. Diagonal (*Counter*)

Elemen diagonal batang rangka utama.

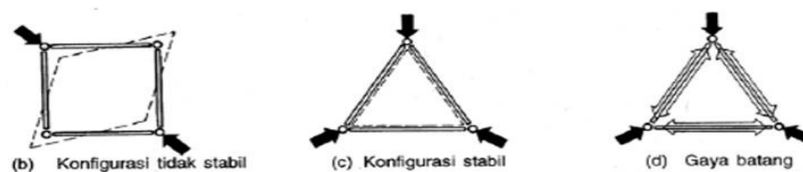
Namun secara kesatuan yang dimaksud kesatuan jembatan adalah seperti gambar berikut :



Gambar 2.13 Bagian-bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja dan Beton

2.2.7. Teori Triangulasi

Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai struktur pemikul beban adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga yang menghasilkan bentuk stabil. Pada bentuk segiempat atau bujursangkar, bila struktur diberi beban maka akan terjadi deformasi masif dan menjadikan struktur tak stabil. Bila struktur ini diberi beban, maka akan membentuk mekanisme runtuh (collapse). Struktur seperti itu dapat berubah bentuk dengan mudah tanpa adanya perubahan panjang pada setiap batang. Sebaliknya konfigurasi segitiga tidak dapat berubah bentuk atau runtuh, sehingga dapat dikatakan bahwa bentuk ini stabil.



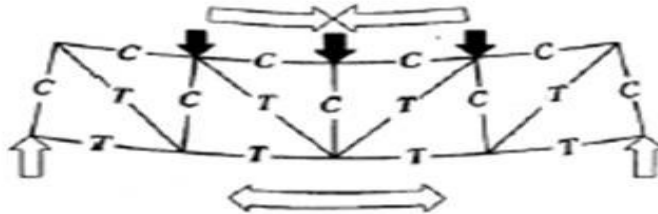
Gambar 2.14 Konfigurasi rangka batang yang stabil dan tidak stabil.

2.2.8. Konfigurasi dan Beban Rangka

Berdasarkan teori triangulasi di atas, maka struktur rangka dari kombinasi segitiga merupakan bentuk yang tepat untuk membuat jembatan rangka yang kokoh (kaku) stabil.

Pada rangka batang, efek beban eksternal yang terjadi di tiap titik buhul, menyebabkan keadaan tarik atau tekan pada setiap batang. Untuk rangka batang

yang hanya memiliki beban vertikal, pada batang atas umumnya timbul gaya tekan dan batang bawah timbul gaya tarik.



Gambar 2.15 Gaya Batang pada Pembebanan Vertikal

(Sumber : Daniel L., Schodek, 1998)

Hal lain yang perlu diperhatikan pada pembebanan rangka batang adalah beban eksternal yang terjadi selalu bekerja terpusat pada titik buhul, apabila beban tersebut secara langsung bekerja pada batang, maka akan timbul tegangan lentur pada batang tersebut, selain juga tegangan aksial tarik atau tekan yang terjadi bersamaan pada rangka batang. Sebaliknya akibatnya, desain batang tersebut menjadi rumit dan efisiensi keseluruhan batang menjadi berkurang.

2.2.10. Metode Pemasangan

Ada 4 (empat) metode yang dapat digunakan untuk pekerjaan pemasangan/penyetelan perangkat jembatan rangka baja yaitu:

1. Pemasangan dengan cara memakai perancah.
2. Pemasangan dengan cara kantilever (pemasangan konsol sepotong demi sepotong).
3. Pemasangan dengan cara peluncuran.
 - a. Bentang tunggal.
 - b. Bentang lebih dari satu.

Kombinasi dari ketiga cara diatas. (Asiyanto, 2008:06)

2.3 Jembatan Beton Bertulang

2.3.1 Sejarah Jembatan Beton Bertulang

Salah satu metode yang paling sering digunakan untuk membuat konstruksi bangunan adalah dengan beton bertulang. Beton bertulang merupakan campuran yang terdiri dari batu kerikil atau pecahan batu, pasir, air dan semen.

Campuran material tersebut dibuat menyerupai adonan yang setelah dikeringkan akan menjadi seperti bebatuan. Beton bertulang memiliki kerangka yang terbuat dari susunan besi sebagai penahan beban dan mencegah beton agar tidak mengalami pergeseran.

Beton pertama kali digunakan pada tahun 1850 oleh warga [Perancis](#), Joseph Monier dan Joseph Iambot. Awalnya mereka membuat perahu dan beton yang diberi tulang dari kawat besi secara paralel dan dari perahu tersebutlah mereka dikenal sebagai penemu konsep beton bertulang. Tahun 1867, Joseph Monier mendapatkan hak paten atas proyek berupa kolam penyimpanan air yang terbuat dari beton dan diberi konstruksi berupa anyaman tulang besi. Konsep ini menghasilkan konstruksi yang lebih ringan tanpa menghilangkan kekuatan beton itu sendiri. Sejak saat itu Joseph Monier sering mendapatkan hak paten atas penggunaan konstruksi beton bertulang pada jembatan, bendungan, dan lain-lain.

Penggunaan semen alam untuk konstruksi jembatan pertama kali digunakan pada abad ke-19. Perkembangan industri semen Portland mendominasi sebagai jembatan setelah tahun 1865. Beton massa banyak digunakan untuk jembatan lengkung (*arch*) dan struktur bawah konstruksi jembatan. Jembatan beton bertulang yang pertama dibangun segera setelah ditemukannya teknik pembuatan beton bertulang untuk struktur. Jembatan yang pertama berupa jembatan lengkung, dibangun di Perancis tahun 1875.

Pada tahun 1890-an banyak dibangun jembatan beton lengkung (*concrete arch bridge*) dan semakin meningkat pemakaiannya selama awal dekade abad ke-20. Slab dan gelagar jembatan beton bertulang secara luas digunakan untuk bentang – bentang pendek selama beberapa dekade. Bentang terpanjang yang pernah dicapai dengan menggunakan gelagar beton bertulang adalah 256 *ft* (78 m).

(Setyo, Agus Muntohar dan Bambang Supriyadi. 2007. *Jembatan*. Beta Offset: Yogyakarta.)

Tabel 2.5 Penggunaan Jenis Beton Bertulang

Penggunaan Jenis		
1. Jembatan Slab	Beton Bertulang	Beton Prategang
	Beton Bertulang Balok	Beton Prategang
2. Jembatan Gelagar-Dek	T	Stringer
3. Jembatan <i>Box-girder</i>	Beton Bertulang	Beton Prategang
4. Jembatan Bentang Menerus		
5. Jembatan Lengkung	<i>Open Sprandel</i>	<i>Filled Sprandel</i>
6. Jembatan <i>Rigid-frame</i>		
7. Jembatan <i>Cable-stayed</i>		

Jembatan beton lengkung Sydney yang dibangun tahun 1964 melintas di sungai *Poromatta* merupakan jembatan beton bertulang terpanjang didunia yaitu 1000 *ft* (300m). Bentuk serupa juga seerti dibangun di Swedia tahun 1943, yaitu Jembatan *Sando*. Adapun berbagai macam jembatan beton bertulang meliputi ;

1. Jembatan Slab Beton Bertulang

Suatu jembatan slab pada tumpuan sederhana tersusun dari pelat monolit, dengan bentang dari tumpuan ke tumpuan tanpa didukung oleh gelagar atau balok melintang (*stringer*). Jembatan beton bertulang dengan struktur atas berupa slab akan lebih efisien bila digunakan untuk bentang pendek. Hal ini disebabkan karena berat slab yang tidak ekonomis lagi dengan bentang yang lebih panjang. Struktur slab lebih sesuai untuk jembatan dengan bentang 35 *ft* ($\pm 10 m$). Akan tetapi, banyak perencanaan menyatakan bahwa penggunaannya lebih ekonomis bila tidak lebih dari 20 – 25 *ft* ($\pm 6-8 m$). Sistem bentang menerus akan menambah penghematan panjang jembatan dengan pertimbangan kesederhanaan dalam desain dan pekerjaan lapangan. Pada bentang sederhana panjang bentang adalah jarak ke pusat tumpuan. Slab harus diperkuat pada semua bagian yang tidak ditumpu. Dalam arah longitudinal, perkuatan dapat berupa bagian slab dengan penulangan tambahan, balok yang berintegral dengan slab dan lebih tinggi dari slab atau yang berintegral antara slab dan kerb.

2. Jembatan Gelagar Kotak (*box girder*)

Jembatan gelagar kotak (*box girder*) tersusun dari gelagar longitudinal dengan slab diatas dan dibawah yang berbentuk rongga (*hollow*) atau gelagar kotak. Tipe gelagar ini digunakan untuk jembatan dengan bentang – bentang panjang. Bentang sederhana dengan bentang $40ft$ ($\pm 12m$) menggunakan bentang ini. Tapi biasanya bentang gelagar kotak bertulang lebih ekonomis antara $60 - 100ft$ ($\pm 18 - 30m$) dan biasanya didesain dsebagai struktur menerus diatas pilar.

3. Jembatan Gelagar Dek (*dek-girder*)

Jembatan gelagar dek terdiri atas gelagar utama arah longitudinal dengan slab beton membentangi diantara gelagar. Spasi gelagar longitudinal atau balok lantai dibuat sedemikian sehingga hanya cukup mampu menggunakan slab tipis, sehingga beban mati menjadi sangat kecil. Jembatan gelagar dek mempunyai banyak variasi dalam desain dan pabriaksi salah satunya adalah jembatan balok-T. Jembatan tipe ini digunakan sangat luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara integral dengan gelagar. Penggunaan akan lebih ekonomis pada bentang $40 - 80ft$ ($\pm 15 - 25m$) pada kondisi normal tanpa kesalahan pekerjaan. Beberapa variasi gelagar – dek dalam desain dan fabrikasi antara lain :

- a. Balok dan lantai dicetak ditempat (*cast in place*) secara monolit
- b. Balok pracetak dan lantai cetak ditempat
- c. Balok pracetak dan lantai pracetak

2.3.2 Keuntungan dan Kerugian Beton Bertulang

Beton bertulang sebagai salah satu material kontruksi dapat diaplikasikan dalam bentuk/ tipe struktur. Namun demikian material ini juga memiliki beberapa keunggulan maupun kekurangan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pemilihan materia konstruksi.

Beberapa keuntungan penggunaan material beton bertulang adalah :

1. Memiliki kuat tekan yang tinggi

2. Memiliki ketahanan api yang lebih baik dibandingkan dengan material baja, apabila disediakan selimut beton yang mencukupi
3. Membentuk struktur yang sangat kaku
4. Memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan yang rendah
5. Untuk beberapa tipe struktur seperti bendungan, pilar jembatan dan pondasi, beton bertulang merupakan pilihan material yang paling ekonomis
6. Beton dapat dicetak menjadi beragam bentuk penampang, sehingga sangat banyak digunakan dalam insdustri pracetak.
7. Tidak terlalu dibutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan yang tinggi, apabila dibandingkan dengan struktur baja

Disamping keunggulan - keunggulan tersebut, beton juga memiliki beberapa kekurangan :

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sekitar sepersepuluh dari kuat tekannya.
2. Agar dapat menjadi suatu elemen struktur, material penyusun beton perlu dicampur, dicetak dan setelah itu perlu dilakukan proses perawatan untuk mencapai kuat tekannya.
3. Biaya pembuatan cetakkan beton cukup tinggi, dapat menyamai harga beton yang dicetak
4. Ukuran atau dimensi penampang struktur beton umumnya lebih besar dibandingkan dengan struktur baja, sehingga akan menghasilkan struktur yang lebih berat.
5. Adanya retakan pada beton akibat susut beton dan hidup yang bekerja
6. Mutu beton sangat tergantung pada proses pencampuran material maupun proses pencetakan beton sendiri

2.3.3 Elemen Struktur Beton Bertulang

Pada suatu struktur beton bertulang dikenal beberapa jenis elemen yang sering digunakan yaitu elemen pelat lantai, balok, kolom , dinding dan pondasi.

1. Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding. Pelat lantai

dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (pelat satu arah, *one - way slab*) atau dapat pula direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (pelat dua arah , *two - way slab*). Tebal pelat umumnya jauh lebih kecil dari pada ukuran panjang maupun lebarnya.

2. Balok adalah elemen horizontal ataupun miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada balok interior dan balok penampang L pada balok - balok tepi.
3. Kolom merupakan elemen penting yang memikul beban dari balok dan pelat. Kolom dapat memikul beban aksial saja, namun lebih sering kolom direncanakan sebagai pemikul beban kombinasi aksial dan lentur. Selain beban gravitasi, kolom juga rapat direncanakan sebagai pemikul beban lateral yang berasal dari beban gempa atau beban angin.
4. Rangka adalah gabungan antara elemen balok dan rangka akan membentuk suatu sistem struktur rangka. Sistem struktur rangka dapat merupakan struktur statis tertentu maupun statis tak tentu.
5. Dinding adalah elemen pelat vertikal yang dapat memikul beban gravitasi maupun beban lateral seperti dinding pada lantai basement, atau dapat pula direncanakan memikul beban lateral gempa bumi yang sering dikenal dengan sebutan dinding geser
6. Pondasi adalah elemen pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras. Pondasi beton bertulang dapat berupa pondasi pelat setempat atau pondasi lajur. Pada bangunan yang berada pada lapisan tanah dengan daya dukung jelek, terkadang digunakan pula sistem pondasi rakit beton bertulang

2.3.4 Syarat Umum Perencanaan Struktur Jembatan Beton

Standar Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan ini digunakan untuk merencanakan jembatan jalan raya dan jembatan pejalan kaki di Indonesia, yang menggunakan komponen struktur beton bertulang dan beton prategang dengan memakai beton normal, dan dengan panjang bentang tidak lebih dari 100 meter.

Untuk jembatan berbentang panjang (> 100 m), atau yang menggunakan sistem struktur khusus, atau material khusus, atau cara pelaksanaan yang khusus, perlu diperhatikan kondisi-kondisi khusus yang sesuai, di mana usulan dan analisis struktur yang telah memperhitungkan kondisi-kondisi khusus tersebut harus dilakukan secara rinci, dan diserahkan kepada yang berwenang beserta semua pembuktian kebenarannya.

Beton normal yang dimaksud dalam standar ini adalah beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland, mempunyai massa jenis sekitar 2400 kg/m^3 , dan mempunyai kuat tekan (berdasarkan benda uji silinder) antara 20 MPa sampai dengan 60 MPa (setara dengan K250 – K700 berdasarkan benda uji kubus), termasuk beton ringan yang mempunyai massa jenis tidak kurang dari 2000 kg/m^3 dan mempunyai kuat tekan antara 20 MPa sampai dengan 40 MPa. Walaupun demikian, standar ini bisa berlaku untuk penggunaan beton bermutu tinggi dengan kuat tekan yang lebih tinggi dari 60 MPa, atau beton ringan dengan massa jenis yang kurang dari 2000 kg/m^3 , asalkan bila dianggap perlu bisa dilakukan penyesuaian pada perilaku material beton tersebut, berdasarkan suatu acuan teknis atau hasil penelitian yang bisa diterima oleh yang berwenang.

1. Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*), dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Nilai kekuatan beton relative tinggi dibandingkan kuat tariknya dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Oleh karena itu, pada penggunaannya umumnya beton diperkuat dengan tulangan baja sebagai bahan yang mampu membantu kelemahannya. Terutama pada bagian menahan gaya tarik.

Bila tidak disebutkan dalam spesifikasi teknik, kuat tekan beton pada umurnya 28 hari. Dalam segala hal, beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan

struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan. Dalam hal komponen struktur beton prategang, sehubungan dengan pengaruh gaya prategang pada tegangan dan regangan beton, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka waktu panjang. Maka kuat tekan beton disyaratkan untuk tidak lebih rendah dari 30 MPa.

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

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

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

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

Tegangan tekan dalam penampang beton, akibat semua kombinasi beban tetap pada kondisi batas layan lentur dan atau aksial tekan, tidak boleh melampaui $0,45 f_c'$, dimana f_c' , adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari, dinyatakan dalam satuan MPa.

Modulus elastisitas beton E_c , nilainya tergantung pada mutu beton yang terutama dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton. Namun untuk analisis perencanaan struktur beton yang menggunakan beton normal dengan kuat tekan yang tidak melampaui 60 MPa, atau beton ringan dengan berat jenis yang tidak kurang dari 2000 kg/m^3 dan kuat tekan yang tidak melampaui 40 MPa.

2. Baja Tulangan Non-Prategang

Kuat tarik leleh f_y , ditentukan dari hasil pengujian, tetapi perencanaan tulangan tidak boleh didasarkan pada kuat leleh f_y yang melebihi 550 MPa, kecuali untuk tendon prategang.

Tegangan ijin tarik pada tulangan non-prategang boleh diambil dari ketentuan dibawah ini:

- a. Tulangan dengan $f_y = 300$ MPa, tidak boleh diambil melebihi 140 MPa
- b. Tulangan dengan $f_y = 400$ MPa, atau lebih dan anyaman kawat las (polos atau ulir), tidak boleh diambil melebihi 170 MPa
- c. Untuk tulangan lentur pada pelat satu arah yang bentangnya tidak lebih dari 4 m tidak boleh diambil melebihi $0,50 f_y$ namun tidak lebih dari 200 MPa.
- d. Untuk tegangan ijin pada pembebanan sementara boleh ditingkatkan 30% dari nilai tegangan ijin pada pembebanan sementara. Modulus elastisitas baja tulangan, E_s untuk semua harga tegangan yang tidak lebih besar dari kuat leleh f_y bisa diambil sama dengan 200.000 Mpa.

2.3.5 Perencanaan Kekuatan Struktur Beton Bertulang

Perencanaan harus berdasarkan pada suatu prosedur yang memberikan jaminan keamanan pada tingkat yang wajar, berupa kemungkinan yang dapat diterima untuk mencapai suatu keadaan batas selama umur rencana jembatan.

Perencanaan kekuatan balok, pelat, kolom beton bertulang sebagai komponen struktur jembatan yang diperhitungkan terhadap lentur, geser, lentur dan aksial, geser dan punter, harus didasarkan pada cara perencanaan berdasarkan beban dan kekuatan terfaktor (PBKT). Untuk perencanaan komponen struktur jembatan yang mengutamakan suatu pembatasan tegangan kerja, seperti untuk perencanaan terhadap lentur dari komponen struktur beton prategang penuh, atau komponen struktur lain sesuai kebutuhan perilaku deformasinya, atau sebagai cara perhitungan alternatif, dapat digunakan cara perencanaan berdasarkan batas layan.

Kekuatan lentur dari balok beton bertulang sebagai komponen struktur jembatan harus direncanakan dengan menggunakan cara ultimate atau cara Perencanaan berdasarkan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT). Walaupun demikian, untuk perencanaan komponen struktur jembatan yang mengutamakan suatu pembatasan tegangan kerja, atau ada keterkaitan dengan aspek lain yang sesuai batasan perilaku deformasinya, atau sebagai cara perhitungan alternatif, bisa digunakan cara Perencanaan berdasarkan Batas Layan (PBL).

1. Perencanaan Berdasarkan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT)

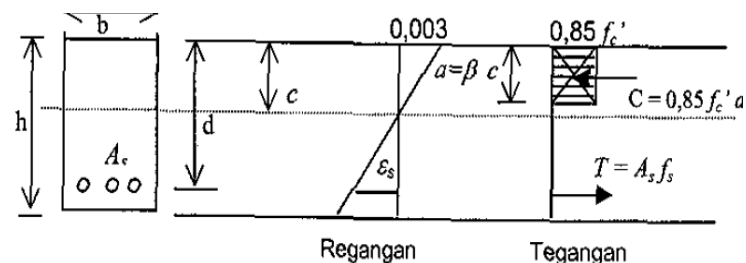
Perhitungan kekuatan dari suatu penampang yang terlentur harus memperhitungkan keseimbangan dari tegangan dan kompatibilitas regangan, serta konsisten dengan anggapan:

- Bidang rata yang tegak lurus sumbu tetap rata setelah mengalami lentur
- Beton tidak diperhitungkan dalam memikul tegangan tarik
- Distribusi tegangan tekan ditentukan dari hubungan tegangan – regangan beton
- Regangan batas beton yang tertekan diambil sebesar 0,003

Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dengan regangan dapat berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik terhadap hasil pengujian yang lebih menyeluruh

Walaupun demikian, hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekuivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton $0,85 f_c'$ terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejauh $a = \beta_1 c$ dari tepi tertekan terluar tersebut.

Jarak c dari tepi dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah gerak lurus sumbu tersebut.



Gambar 2.16 Regangan dan Tegangan Pada Penampang Beton Bertulang

Faktor β_1 harus diambil sebesar

$$\beta_1 = 0,85 \quad \text{untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008(f'_c - 30) \quad \text{untuk } f'_c > 30 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Perencanaan berdasarkan Batas Layan (PBL)

Dalam perencanaan berdasarkan batas layan struktur dianggap berperilaku elastis linear. Kekuatan rencana yang diizinkan R_w harus ditentukan berdasarkan persyaratan yang sesuai untuk struktur yang ditinjau (untuk komponen balok, komponen tekan, dan sebagainya).

Keamanan suatu komponen struktur SF ditentukan sedemikian rupa sehingga kuat rencana yang diizinkan R_w tidak lebih kecil dari pengaruh aksi rencana S_w .

$$S_w \leq R_w = \frac{\text{Kapasitas ultimate}}{\text{SF}} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan demikian perencanaan secara PBL dilakukan untuk mengantisipasi suatu kondisi batas layan, yang terdiri antara lain dari:

- a. Tegangan kerja
- b. Deformasi permanen
- c. Vibrasi
- d. Korosi, retak dan fatik
- e. Bahaya banjir disekitar jembatan

Kombinasi pembebanan yang dipilih baik kondisi batas maupun layan seharusnya mengikuti pembebanan BMS atau SIN Pembebanan untuk jembatan.

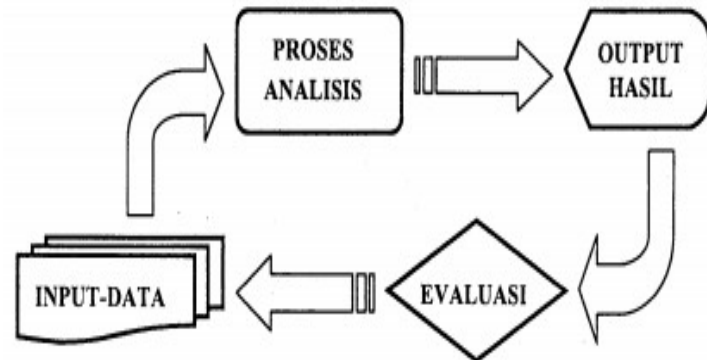
2.4 Proses Perancangan Jembatan

Maksud perancangan antara lain untuk menentukan fungsi struktur secara tepat, dan bentuk yang sesuai, efisien serta mempunyai fungsi estetika.

2.4.1 Tahapan Perancangan

Sebelum sampai tahap pelaksanaan konstruksi, paling tidak seorang ahli atau perancang telah mempunyai data baik sekunder maupun primer yang berkaitan dengan pembangunan jembatan. Data tersebut merupakan bahan

pemikiran dan pertimbangan sebelum kita mengambil suatu keputusan akhir. Berikut ini ditunjukkan tentang suatu proses tahapan perancangan jembatan yang perlu dilaksanakan.



Gambar 2.17 Skema Proses Perancangan

Data yang diperlukan dapat berupa :

1. Lokasi
 - a. Topografi
 - b. Lingkungan : kota dan luar kota
 - c. Tanah dasar
2. Keperluan : melintas sungai, melintas jalan lain
3. Bahan struktur :
 - a. Karakteristik
 - b. Ketersediannya
4. Peraturan

2.4.2 Pemilihan Lokasi Jembatan

Penentuan lokasi dan layout jembatan tergantung pada kondisi kondisi lalu lintas. Secara umum, suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, kecuali bila terdapat kondisi - kondisi khusus. Prinsip dasar dalam pembangunan jembatan adalah “ jembatan untuk jalan raya, tetapi bukan jalan raya untuk jembatan” (Troitsky. “ *Planning and Design Of Bridge*”. 1994).

karena hal tersebut kondisi lalu lintas yang berbeda akan mempengaruhi juga lokasi jembatan.

Panjang - pendeknya bentang jembatan akan disesuaikan dengan lokasi alam setempat. Penentuan bentangnya dipilih yang sangat layak dari beberapa alternatif bentang pada beberapa lokasi yang telah diusulkan. Adapun untuk menentukan lokasi jembatan harus mempertimbangan hal hal berikut :

a. Aspek lalu lintas

Persyaratan transportasi meliputi kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki (pedestrians) yang melintasi jembatan tersebut. Perencanaan yang kurang tepat terhadap kapasitas lalulintas perlu dihindarkan, karena akan sangat mempengaruhi lebar jembatan. Mengingat jembatan akan melani arus lalu lintas dari segala arah, maka muncul kompleksitas terhadap exiting dan rencana, volume lalu lintas, oleh karenanya sangat diperlukan ketepatan dalam penentuan tipe jembatan yang akan digunakan.

b. Aspek teknis

Peryaratan teknis yang perlu dipertimbangkan antara lain :

- a) Penentuan geomtrik struktur, alinyemen horizontal dan vertikal, sesuai dengan lingkungan sekitar
- b) Pemilihan sistem utama jembatan dan posisi dek
- c) Penentuan panjang bentang optimum sesuai dengan syarat hidrolika, arsitektual, dan biaya konstruksi.
- d) Pemilihan elemen - elemen utama struktur atas dan struktur bawah, terutama tipe pilar dan *abutment*.
- e) Pendetailan struktur atas seperti : sandaran, parapet, penerangan, dan tipe perkerasan
- f) Pemilihan bahan yang paling tepat untuk struktur jembatan berdasarkan pertimbangan struktural dan estetika.

c. Aspek Estetiks

Jembatan pada saat ini dibuat bukan hanya didasarkan pada struktural dan pemenuhan transportasi saja, tetapi juga untuk ekonomi dan artistik. Daerah

perkotaan sangat penting apabila konstruksi jembatan mempunyai nilai estetika yang indah.

2.4.3 Layout Jembatan

Setelah lokasi jembatan ditentukan, variabel berikutnya yang penting pula sebagai pertimbangan adalah layout jembatan terhadap topografi setempat.

Dalam proses perancangan terdapat dua sudut pandang yang berbeda antaraseorang ahli jalan dan ahli jembatan (Troitsky. “ *Planning and Design Of Bridge*”. 1994). Berikut ini diberikan beberapa ilustrasi beberapa perbedaan kepentingan antara seorang ahli jalan dan jembatan.

1. Pandangan ahli jembatan

Perlindungan yang tegak lurus sungai, jurang atau jalan rel lebih sering dipilih, dari pada perlindungan yang membentuk alinyemen yang miring. Penentuan ini didasarkan pada aspek teknis dan ekonomi. Waddel (1916) menyatakan bahwa struktur yang dibuat pada alinyemen yang miring adalah abominasi dalam lingkup rekayasa jembatan.

2. Struktur jembatan sederhana

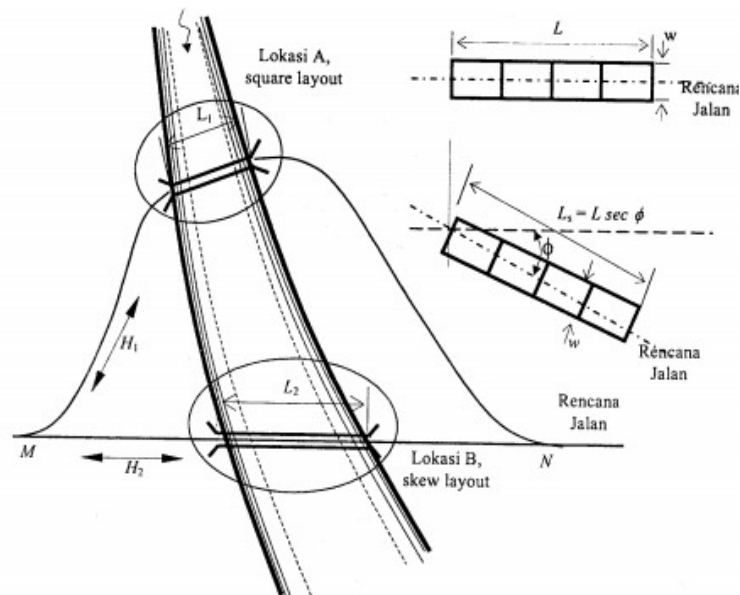
Merupakan suatu kenyataan untuk struktur jembatan yang relatif sederhana sering diabaikan terhadap alinyemen jalan. Para ahli jalan raya sering menempatkan alinyemen jalan sedemikian sehingga struktur jembatan merupakan bagian penuh dari alinyemen rencana jalan tersebut. Sehingga apabila melalui sungai seringkali kurang memperhatikan layout secara cermat.

3. Layout jembatan bentang panjang

Sebagai suatu struktur bertambahnya tingkat kegunaan jalan dan panjang bentang merupakan hal yang cukup penting untuk menentukan layout. Pada kasus seperti ini, dalam menentukan bagaimana layout jembatan yang sesuai perlu diselaraskan oleh kedua ahli tersebut guna menekan biaya konstruksi. Banyak faktor yang mempengaruhinya, salah satunya adalah sudut yang dibentuk terhadap bidang alinyemen.

Dari keterangan - keterangan di atas, dapat dikatakan bahwa bentang jembatan dengan *skewed* layout lebih panjang dibanding *square* layout.

Untuk memberikan pengertian tentang square layout dan skewed layout. Lihat gambar 2. berikut ini :



Gambar 2.18 Perbandingan square layout dan skewed layout

Dari gambar 2. di atas, bila panjang bentang square layout L dengan biaya C , maka pada skewed layout bentang jembatan menjadi $L \sec \theta$ dan biaya konstruksi $C \sec \theta$. bila melihat alternatif pemilihan lokasi dan layout pada gambar 2. tersebut, perlu dikaji secara numeris tentang perbandingan biaya konstruksi akibat pemanjangan jalur jalan dan bentang jembatan. Secara numeris dapat diberikan gambaran sebagai berikut ini.

- Biaya konstruksi jalan persatuan panjang dinotasikan dengan KH , dan biaya konstruksi jembatan persatuan panjang KB .
- Panjang jalur alternatif I dinotasikan dengan H_1 dan alternatif II, H_2 dan panjang jembatan pada jalur I, L_1 sedangkan alur II dinotasikan dengan L_2 , maka biaya konstruksi jalan jalur I setidaknya - tidaknya harus lebih kecil atau sama dengan jalur II, yang dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

$$(H_1 - L_1) KH + L_1 KB \leq (H_2 - L_2) KH + L_2 KB$$

$$(H_1 - H_2) KH \leq (KB - KH) (L_2 - L_1)$$

Bila dibagi dengan KH, menjadi :

$$(H_1 - H_2) \left(\leq \frac{KB}{KH} - 1 \right) (L_2 - L_1)$$

Bila diambil , K =

Akan didapatkan :

$$(H_1 - H_2) \leq (K - 1) (L_2 - L_1)$$

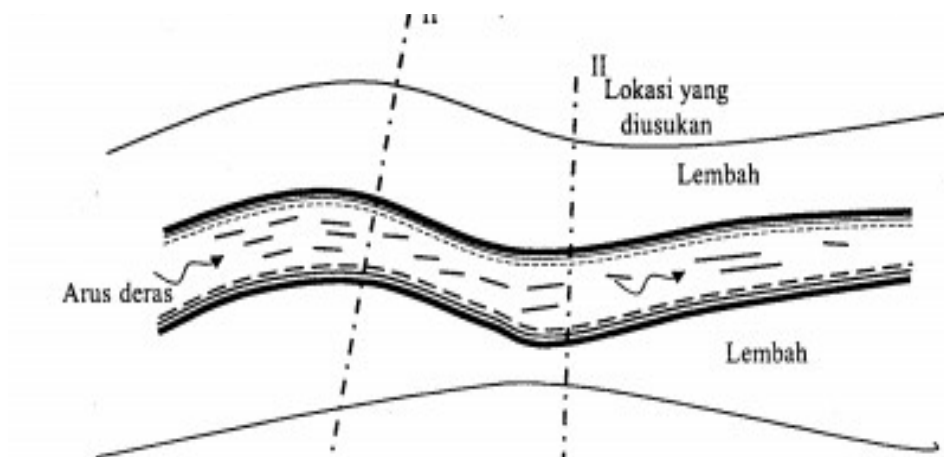
Dari persamaan diatas terlihat bahwa biaya kontruksi penambahan panjang jalur jalan masih lebih kecil dibandingkan dengan biaya penambahan panjang jembatan. Oleh karena itu dalam hal ini perlu dibuat suatu keputusan yang cermat dan seksama oleh para ahli jembatan dan ahli jalan.

2.4.4 Pertimbangan Layout Jembatan Melintasi Sungai

Kondisi umum yang membatasi penempatan jembatan di atas sungai dapat diringkaskan sebagai berikut ini.

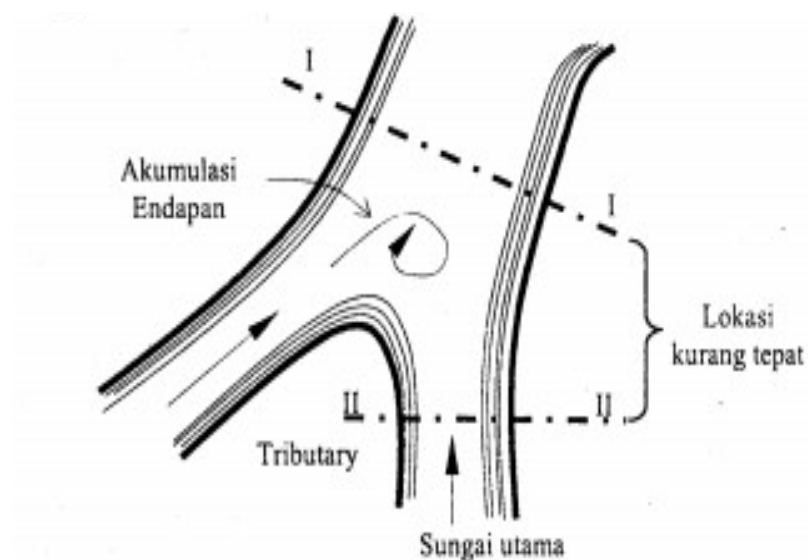
1. Persilangan pada sungai (*main channel*) dan lembah datar (*valley flats*). layout jembatan sebaiknya ditempatkan pada bagian lembah yang sempit dan sungainya cukup lebar (gambar 2.)

Persilangan antara sungai jembatan sedemikian sehingga membentuk siku (*square layout*) . Bila layout berupa *skew layout* akan terjadi gerusan pada pilar, dan akibatnya dapat tererosi pada bagian dasarnya. Kondisi ini akan lebih berbahaya bila arus sungai mempunyai kecepatan yang sangat tinggi.



Gambar 2.19 Layout jembatan yang melintasi sungai dan lembah datar

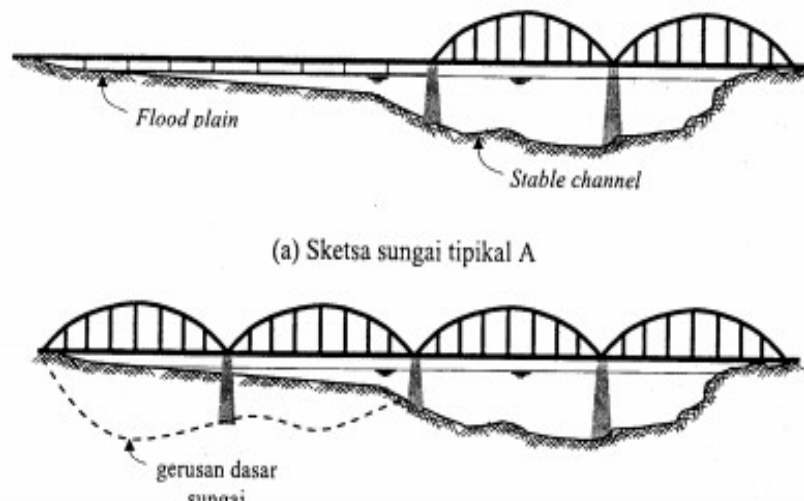
2. Sungai dan *tributary*, pada daerah ini kemungkinan akan banyak terjadi sedimentasi, jembatan sebaiknya tidak ditempatkan secara langsung disebelah hilir mulut tributary seperti ditunjukkan oleh potongan 1- 1 gambar 2. . tidaklah tepat pula, bila ditempatkan dekat hulu percabangan sungai (potongan II - II gambar 2.). Oleh karena itu, dipilih bagian sungai yang tidak memiliki percabangan sehingga hanya ada satu jembatan yang perlu dibangun.



Gambar 2.20 Perlintasan jembatan pada sungai dan *tributary*.

3. Sungai permanen. Perubahan arus atau arus yang berkelok - kelok (*meandering stream*) seringkali mengharuskan persilangan jembatan lebih panjang. Sehingga biaya konstruksi biasanya akan mahal, selain panjangnya

jembatan bentang jembatan, juga pilar yang dibuat akan sangat dalam. Pada gambar 2. ditunjukkan beberapa sketsa tipikal (A dan B) pada kondisi sunbai yang berbeda - beda . sketsa A adalah tipikal melintang saluran utama dengan kondisi lereng yang stabil di tepi kanannya dan bantaran yang datar di sisi lainnya. Bila saluran utama sungai stabil dan permanen, maka cukup dibanun dua bentang jembatatan dan pada sisi bantaran dihubungkan dengan *viaduct*. Sehingga biaya kontruksi persatuan panjang dapat lebih kecil. Bila arus sungai berubah - ubah sepanjang bantaran selama perkiraan umur jembatan (*life time of bridge*), lebih tepat dibangun sketsa tipikal B. kondisi ini akan lebih menguntungkan agar daerah bantaran jembatan tipikal A tidak mengalami kerusakan akibat gerusan dan erosi di dasar sungai.

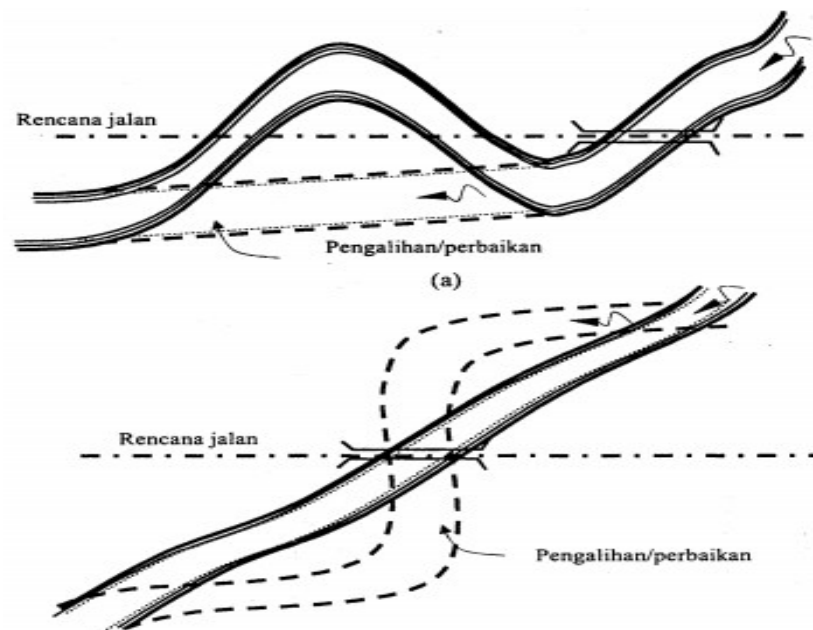


Gambar 2.21 Alternatif perlintasan jembatan di atas sungai permanen

4. Pengalihan/perbaikan aliran sungai. Pada sungai dengan tipikal *meander* sangat tidak efisien bila dibangun jembatan mengikuti jemplah sungai yang akan dilintasi. Untuk itu sebaiknya dibuat *sudetan* untuk merubah arah aliran sungai yang berkelok - kelok, sehingga jembatan dibangun dalam jumlah yang lebih sedikit (Gambar 2.)

Pengalihan atau perbaikan aliran sungai dimungkinkan pula dibuat pada persilangan yang membentuk sudut tertentu (*skewed layout*). Pada keadaan seperti ini, justru kebalikan dari kasus yang pertama, alur sungai dapat dibuat

berkelok - kelok dan pada bagian persilangan dibuat siku (*square layout*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. b. Pengalihan atau perbaikan aliran sungai tersebut perlu memperhatikan aspek hidraulika sungai.



(Gambar 2.22 Pengalihan atau perbaikan alur sungai)

2.4.5 Penyelidikan Lokasi (*site investigation*)

Setelah lokasi dan layout jembatan ditetapkan pada peta, tahap berikutnya adalah mempersiapkan tahap *pleminary design*. Akan tetapi, sebelum tahap *pleminary design*, hal penting untuk dipelajari adalah tentang keadaan lokasi jembatan, terutama kondisi rencana struktur bawah pada sungai.

Langkah pertama dalam desain dan konstruksi jembatan adalah pendetailan penyelidikan lokasi. Tipe, panjang bentang dan biaya serta beberapa kejanggalan dalam tahap perencanaan dapat ditentukan dari hasil penyelidikan ini. Keseluruhan pekerjaan ini terbagi atas dua bagian yang saling melengkapi satu sama lainnya, yaitu pekerjaan di kantor (*office work*) dan pekerjaan lapangan (*field work*).

1. Pekerjaan kantor

Pekerjaan kantor atau sering disebut dengan *desk study* meliputi antara lain:

- a. Melengkapi pemetaan topografi lokasi jembatan.
 - b. Pemetaan geometri sungai di sekitar jembatan pada site plan dengan skala yang sesuai.
 - c. Penggambaran layout jembatan pada site plan
 - d. Pengolahan data lapangan
2. Pekerjaan lapangan

Penyelidikan lokasi perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik lokasi nanti, contohnya keadaan lereng sungai. Kemungkinan terjadinya longoran harus disurvei dan ditunjukkan dengan gambar. Pemotretan, dengan warna, akan memberikan suatu impresi tentang karakteristik lokasi termasuk singkapan - singkapan batuan lokal. Selain itu perlu dilakukan studi pula tentang situasi geografi dan geologi ketersediaan bahan, alat dan fasilitas lainnya seperti masalah transportasi ke lokasi.

Kondisi pondasi setempat termasuk titik - titik rencana pilar pada potongan melintang sungai, merupakan faktor - faktor yang perlu diperhartikan dengan saksama. Kondisi - kondisi lapangan yang kurang menguntungkan seperti gua - gua (*cavern*) pada batuan, daerah patahan geologi, atau tedapatnya tanah lunak pada kedalaman tertentu, mungkin perlu dihindari atau bahkan rencana sumbu jembatan dapat dipindahkan ke titik lain didekatnya. Pemindahan ini tidak boleh terlampaui jauh, karena dimungkinkan akan mempunyai kondisi geologi yang berbeda dari pemboran yang dilakukan sebelumnya.

2.4.6 Preliminary Design

Perencanaan dan perancangan jembatan dapat dikatakan merupakan bagian dari unsur - unsur seni dalam bidang rekayasa, karena masing - masing jembatan, dengan mengabaikan fungsi manfaat dan analisis detail, merupakan manifestasi dari kemampuan kreatifitas seorang perencana, dimana terdapat unsur seni dan keindahan. Dalam bidang rekayasa jembatan tindakan dasar dari kemampuan kreatifitas adalah imajinasi (Troitsky. “ *Planning and Design Of Bridge*”. 1994). Untuk merencanakan sebuah jembatan, hal penting pertama adalah mengimajinasikannya, bagaimanapun, untuk mengimajinasikan suatu jembatan, seorang perencana seharusnya memiliki pengalaman pada pekerjaannya

sebelumnya dan mengaplikasikan pengetahuannya pada lokasi setempat. Biasanya perencana mendekati penyelesaian masalah dalam dua tahapan. Pertama dan tahap terpenting adalah kreasi dari rencana jembatan. Selanjutnya, rencana ini di cek dan di tuangkan dalam gambar, karena hanya dengan penggambaran memungkinkan untuk diketahui dan diperiksa kemampuan imajinasinya.

2.5 Standar Peraturan Perencanaan Jembatan yang Digunakan

Adapun perencanaan jembatan ini mengacu kepada standar peraturan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum antara lain :

1. RNI T – 02 – 2005 tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan.
2. RSNI T – 03 – 2005 tentang Peraturan Struktur Baja Untuk Jembatan.
3. RSNI T – 12 – 2004 tentang Standar Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan.
4. SNI 1725 – 2016 tentang Pembebanan pada jembatan

2.6 Dasar-Dasar Perencanaan Pembebanan Jembatan

Dalam suatu perencanaan pembebanan disarankan harus sesuai berdasarkan peraturan Indonesia SNI 1725 – 2016 tentang standar pembebanan untuk jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi dan metoda penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seizin pejabat yang berwenang.

1. Umum
 - a. Masa dari setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan.
 - b. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,8 \text{ m/dt}^2$.
 - c. Pengambilan kerapatan massa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, tetapi tidak untuk keadaan yang dilainnya. Untuk mengatasi

hal tersebut dapat digunakan faktor beban terkurangi. Akan tetapi apabila kerapatan massadiambil dari suatu nilai, dan nilai yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan tepat, maka perencana harus memilih-milih nilai tersebut untuk mendapatkan keadaan yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini dan tidak boleh diubah.

- d. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut.
 - e. Tipe aksi, dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total(mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon total (menambah keamanan) pada bagian lainnya.
2. Berat sendiri, adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Adapun yang terdapat di dalamnya adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Tabel 2.2 menunjukkan faktor beban untuk berat sendiri. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi. Perencana jembatan menentukan elemen – elemen tersebut. Tabel 2.3 menunjukkan faktor berat isi untuk beban mati.

Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Jangka Waktu	FAKTOR BEBAN			
	KS:MS		KU:MS	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, Aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75

	Kayu	1,0	1,4	0,7
--	------	-----	-----	-----

(sumber: SNI – 1725 – 2016)

Tabel 2.7 Faktor Berat Isi untuk Beban Mati

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

(sumber: SNI – 1725 – 2016)

3. Beban mati tambahan / utilitas, adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Tabel 2.4 menunjukkan faktor beban untuk beban mati tambahan / utilitas.

Tabel 2.8 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

JANGKAWAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K	K		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Keadaan umum	1,0	2	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8

Catatan: Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(sumber: RSNI T – 02 – 2005)

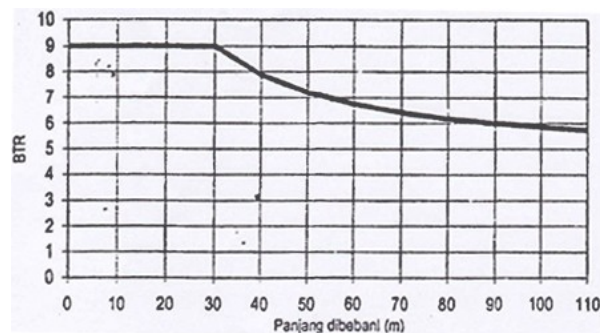
4. Beban terbagi rata, mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung panjang total yang dibebani L , seperti berikut :

- a. $L \leq 30$ m : $q = 90$ kPa
- b. $L > 30$ m : $q = 90 (0,5 + 15/L)$ kPa

Dengan pengertian :

- a) q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.
- b) L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

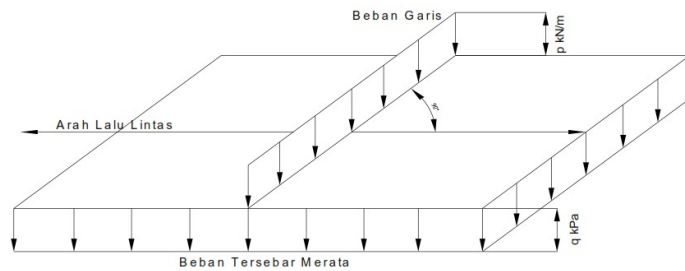
Hubungan ini bisa dilihat dalam gambar 2.2. Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.



Gambar 2.23 Hubungan Beban Terbagi Rata dengan Panjang yang Dibebani

(sumber : RSNI T – 02 – 2005)

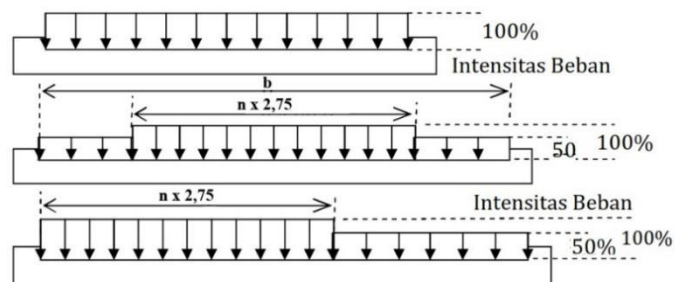
5. Beban Garis Terpusat (BGT), Dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya, ini dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.24 Beban Lajur D

(sumber : SNI – 1725 – 2016)

6. Penyebaran beban D pada arah melintang, Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum, penyusunan komponen – komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :
- Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban “D” harus ditempatkan pada seluruh pilar dengan intensitas 100%.
 - Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban “D” harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_1) yang berdekatan, dengan intensitas 100%. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen $n_1 \times 2,75 p$ kN, kedua-duanya bekerja strip pada lajur sebesar $n_1 \times 2,75$ m.
 - Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari lajur dengan intensitas sebesar 50%. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam gambar 2.4.



Gambar 2.25 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang

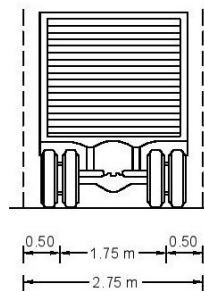
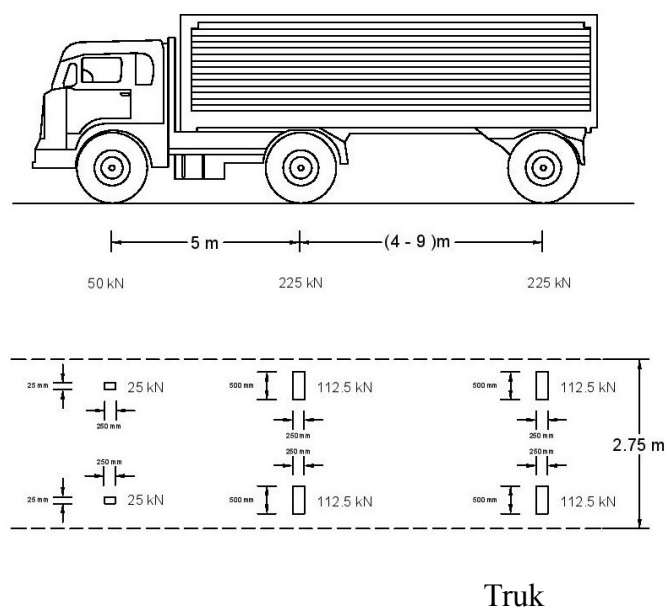
(sumber : RSNI T – 02 – 2005)

- d. Luas lajur yang ditempati median yang dimaksud dalam pasal ini harus dianggap bagian jalur dan dibebani dengan beban yang sesuai, kecuali apabila median tersebut terbuat dari penghalang lalu lintas yang tetap.
7. Beban truk “T”, dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.5. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut dapat diubah – ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh tersebar pada arah memanjang jembatan. Tabel 2.5 menunjukkan faktor beban akibat pembebanan truk.

Tabel 2.9 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk

Jangka waktu	Jembatan	Faktor Beban	
		KS;TT;	K
Transien	Beton	1,0	1,8
	Box Girder Baja	1,0	2,0

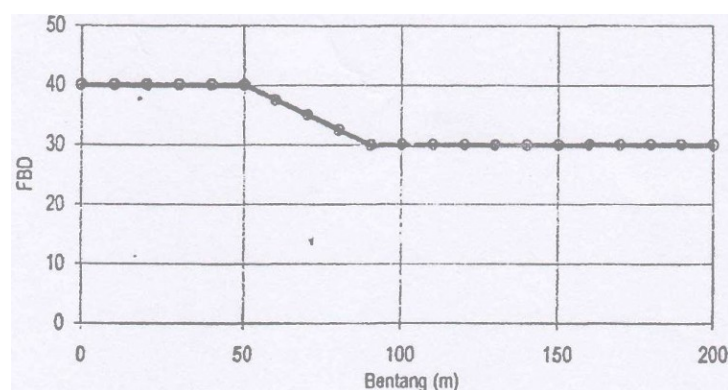
(sumber: SNI – 1725 – 2016)



Gambar 2.26
Pembebanan

(sumber : SNI – 1725– 2016)

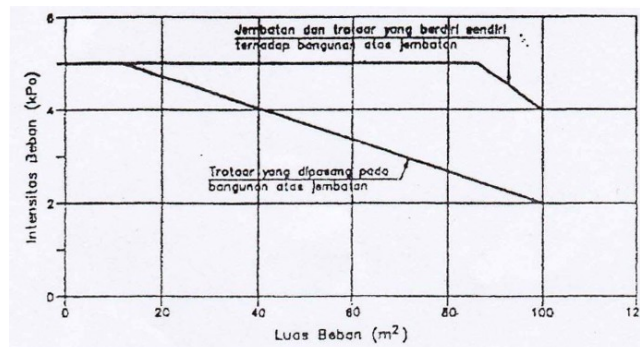
Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan ditengah – tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar 2.5. jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam pasal 6.2 berikut, akan tetapi jumlah lebih kecil bisadigunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah jalur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Untuk pembebanan truk “T”, faktor beban dinamis diambil 30%. Harga faktor beban dinamis yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada di bawah garis permukaan, harga faktor beban dinamis harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong - gorong dan struktur baja tanah. Harga faktor beban dinamis jangan diambil kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa di interpolasi linier, harga faktor beban dinamis yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus ditetapkan untuk bangunan seutuhnya. Gambar 2.6 menunjukkan harga faktor beban dinamis terhadap bentang jembatan.



Gambar 2.27 Faktor Beban Dinamis untuk Pembebanan Lajur

(sumber : SNI – 1725 – 2016)

8. Beban pejalan kaki, semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani seperti gambar 2.7. Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimate. Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

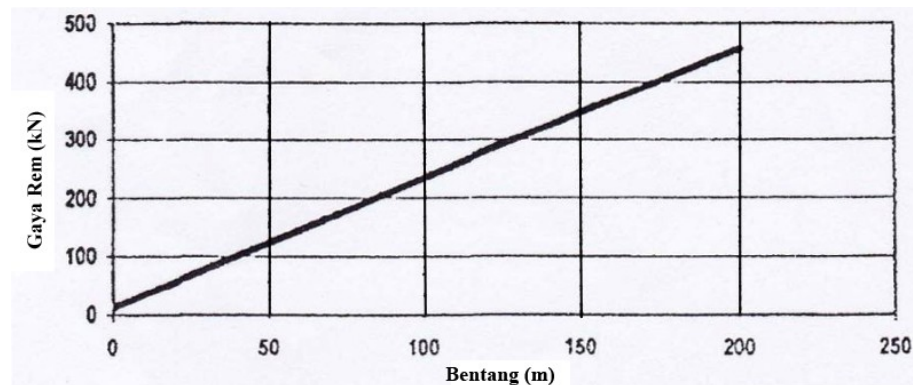


Gambar 2.28 Pembebanan untuk Pejalan Kaki

(sumber : RSNI T - 02 - 2005)

9. Gaya rem, bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur "D" yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur "D" disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus $q = 9$ kPa. Dalam memperkirakan pengaruh gaya memanjang terhadap perletakan dan bangunan bawah jembatan, maka gesekan atau karakteristik perpindahan geser dari perletakan ekspansi dan kekakuan bangunan bawah harus diperhitungkan.

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka faktor beban ultimate berkurang sebesar 40 % boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal. Pembebanan lalu lintas 70 % dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.

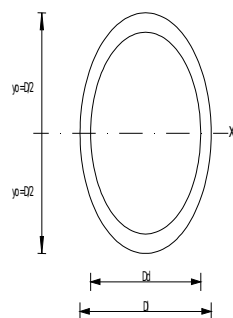


Gambar 2.29 Gaya Rem per Lajur 2,75 m

(sumber : RSNI T – 02 – 2005)

2.6 Metode Perhitungan Jembatan Beton Bertulang

2.6.1 Perhitungan Pipa Sandaran



Untuk beban-beban yang bekerja pada pipa sandaran yaitu berat sendiri dan beban hidup sebesar 0,75 kN / m yang bekerja sebagai beban merata pada pelat lantai. Pipa sandaran ini dianggap sebagai balok menerus dengan perletakan sendi-sendi.

Gambar 2.30 Penampang Pipa Sandaran

1) Luasan Penampang pipa :

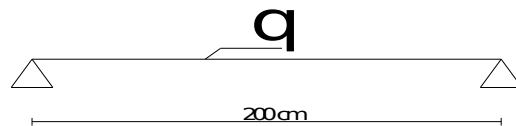
$$A = \frac{1}{4} \times \pi (D_l^2 - D_d^2) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

A = Luas penampang (Cm^2)

D_L = Diameter luar pipa sandaran (cm)

D_d = Diameter dalam pipa sandaran (cm)



2) Pembebanan pada Pipa
Sandaran

Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana dayalayan yaitu $q = w = 0,75$ kN/m. Tidak ada ketentuan beban ultimate untuk sandaran (RSNI T-02-2005 hal 56)

$$M_x = 1/8 \cdot q_x \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_y \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

3) Modulus lentur plastis terhadap sumbu x (Zx)

$$Z_x = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \frac{D}{2} \dots\dots\dots (2.4)$$

4) Momen nominal penampang (M_n) untuk penampang kompak :

$$M_n = Z_x \cdot F_y \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n \dots\dots\dots (2.6)$$

a. Perhitungan Tiang Sandaran

1) Pembebanan :

Beban yang terjadi pada tiang sandaran berasal dari berat pipa sandaran (V), berat tiang sandaran sendiri (S) dan gaya horizontal.

2) Perhitungan Momen

Momen akibat beban mati (M_D)

$$M_D = \text{Besarnya beban mati} \times \text{jarak (kNm)}$$

Momen akibat beban hidup (M_L)

$$M_L = \text{Beban hidup} \times \text{jarak (kNm)}$$

3) Penulangan :

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d')

$$d = h - p - 0,5 \phi \text{ tulangan yang dipakai} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

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

$$h = \text{lebar tiang sandaran (mm)}$$

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

4) Rasio tulangan (ρ)

Dimana :

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

$$M_u = \text{momen ultimate (KNm)}$$

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

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

$$\phi = \text{faktor reduksi kekuatan (0,8)}$$

$$\text{Rasio penulangan keseimbangan (} \rho_b \text{)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,0}{f_y} \dots\dots\dots (2.10)$$

5) Tulangan pembagi

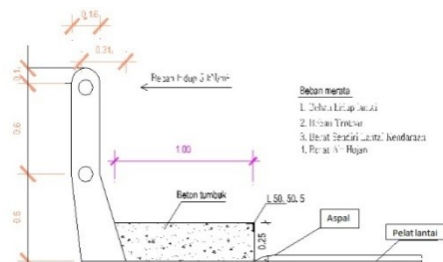
$$A_{S_{tulangan\ pembagi}} = 50 \% \times A_s \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

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

2.6.2 Lantai Trotoar

Dalam perhitungan lantai trotoar beban-beban yang terjadi adalah beban dari tiang sandaran, pipa sandaran dan trotoar.



Gambar 2.31 Penampang Trotoar

- Ketetapan Beban :
- 1. Beban hidup lantai trotoar = 5 KN/ m²
 - 2. Beban trotoar = 24 KN/ m³
 - 3. Beban sendiri lantai kendaraan = 24 KN/ m³
 - 4. Berat air hujan = 9,8 KN/ m³

1. Pembebanan :

- a. Beban terpusat (P) merupakan penjumlahan dari :
 - 1) Beban pipa sandaran (KN)
 - 2) Beban tiang sandaran (KN)
- b. Beban merata (q) merupakan penjumlahan dari :

$$1) \text{ Beban hidup lantai trotoar} = 5 \text{ kN/ } m^2 \times \text{Luasan trotoar} \quad (\text{KN})$$

.....(2.12)

$$2) \text{ Beban trotoar} = 24 \text{ kN/ } m^3 \times \text{Volumenya} \quad (\text{KN}) \dots\dots$$

(2.13)

$$3) \text{ Beban sendiri lantai trotoar} = 24 \text{ kN/ } m^3 \times \text{Volumenya} \quad (\text{KN}) \dots\dots$$

(2.14)

$$4) \text{ Berat air hujan} = 9,8 \text{ kN/ } m^3 \times \text{Volumenya} \quad (\text{KN}) \dots\dots$$

(2.15)

$$2. \text{ Beban terfaktor} = 1,3 \times \text{total beban mati} \dots\dots\dots(2.16)$$

Perhitungan Momen :

a. Momen akibat beban mati (M_D)

$$M_D = \text{Besarnya beban mati} \times \text{jarak (kN.m)}$$

b. Momen akibat beban hidup(M_L)

$$M_L = \text{Beban horizontal} \times \text{jarak (kN.m)}$$

Penulangan :

a. Perhitungan Tebal Pelat (mm)

Menurut RSNI T-12-2004 hal 38, pelat lantai berfungsi sebagai lantai

kendaraan harus mempunyai tebal minimum (t_s) mempunyai

ketentuan sebagai berikut :

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm} \dots\dots\dots (2.17)$$

b. Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d')

$$d = h - p - 0,5 \varnothing \text{ tulangan yang dipakai} \dots\dots (2.18)$$

Dimana :

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

$$h = \text{tebal pelat (mm)}$$

p = selimut beton (mm)

– Rasio penulangan (ρ)

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

ρ = rasio tulangan

M_u = momen ultimate (kNm)

b = lebar per meter tiang (mm)

d = jarak tulangan (mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,8)

Rasio penulangan keseimbangan (ρ_b)

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,0}{f_y}$$

- Tulangan pembagi :

$$A^{S_{\text{tulangan pembagi}}} = 50 \% \times A_s$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

2.6.3 Lantai Kendaraan

Dalam perhitungan lantai kendaraan beban-beban yang terjadi adalah beban dari berat sendiri plat, berat aspal, berat air hujan, beban roda, beban hidup dan angin.

Ketetapan beban :

- Beban Aspal = 22 kN / m³
- Beban sendiri lantai Kendaraan = 24 kN / m³
- Berat air hujan = 9,8 kN / m³

1) Pembebanan dan Perhitungan Momen

- Beban mati

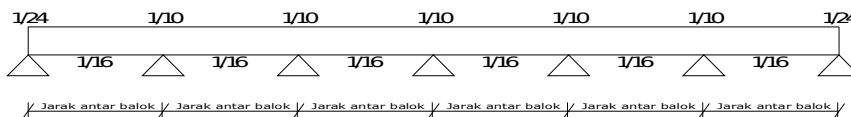
Terdiri dari berat sendiri Lantai Kendaraan, berat aspal, dan berat air hujan.

- a) Beban aspal
= Luasan x Berat Jenis Aspal x faktor beban (kN/m).....(2.21)
- b) Beban sendiri plat
= Luasan x Berat jenis beton x faktor beban (kN/m).....(2.22)
- c) Berat air hujan
= Luasan x Berat Jenis air hujan x faktor beban (kN/m)....(2.23)

Didapat q_u (total beban) = kN / m

- Momen

Dihitung Momen yang terjadi pada arah x



Gambar 2.32 Momen pada lantai kendaraan

$$M_{x,max} = 1/10 \times q_u \times L^2 \dots\dots\dots (2.24)$$

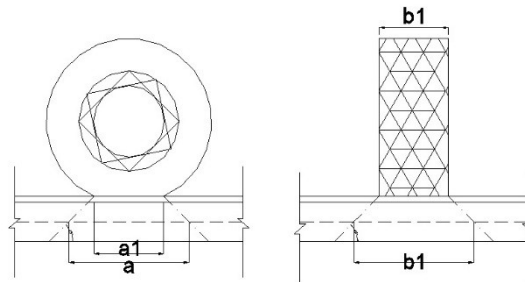
$$M_{y,max} = 1/3 \times M_{x,max} \dots\dots\dots (2.25)$$

- Beban Hidup

Dalam menghitung beban lantai kendaraan digunakan beban T.

Beban-beban yang terjadi :

- Muatan beban truck (T) dengan beban roda 1000 kN
- Koefisien dinamis 0,3 (DLA) untuk beban T



Gambar 2.33 Penampang Beban Roda

Untuk beban “ T ” dianggap bahwa beban tersebut menyebar kebawah dengan sudut 45° sampai ketengah-tengah lantai.

$$a1 = 200 \text{ mm}$$

$$b1 = 500 \text{ mm}$$

$$a = a1 + (2x \text{ tebal aspal }) + (2 x 0,5 x \text{ tebal beton}) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$b = b1 + (2x \text{ tebal aspal }) + (2 x 0,5 x \text{ tebal beton }) \dots \dots \dots (2.27)$$

$$\text{Beban roda total} = \text{PU} + \text{DLA} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\text{Penyebaran Beban (T)} = \frac{\text{beban roda total}}{\text{luas bidang kontak roda}} \dots \dots \dots$$

(2.29)

- Beban Kejut :

$$K = 1 + \frac{20}{50+L} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana : L = Panjang jembatan = 20 m

Pembebanan oleh truck

Pembebanan oleh truck 112,5 kN (RSNI 2005)

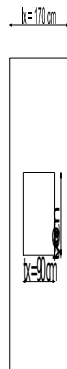
$$Tu = 1,8 x 1,3 T \dots \dots \dots (2.31)$$

Pembebanan oleh truk :

$$q = \frac{Tu \times K}{ax b} \dots \dots \dots (2.32)$$

b. Peninjauan keadaan roda pada saat melewati jembatan :

1) Kendaraan di tengah bentang (2 roda belakang ditengah bentang)



Gambar 2.34 Beban Roda

$$\frac{tx}{Lx} = \dots \quad (2.33)$$

$$\frac{ty}{Lx} = \dots \quad (2.34)$$

Dari table bitner didapat (Sumber : Vis, WC. dan Kusuma Gideon. 1993.

Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. Erlangga: Jakarta)

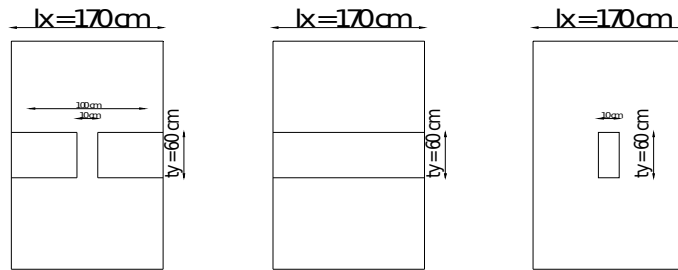
$$Fxm = \dots$$

$$Fym = \dots$$

$$Mx = Fxm \times qu \times tx \times ty \text{ (KNm) } \dots \quad (2.35)$$

$$My = Fym \times qu \times tx \times ty \text{ (KNm) } \dots \quad (2.36)$$

2) Kendaraan di tengah bentang (2 roda belakang berpapasan)



Gambar 2.35 Beban Roda

$$\frac{t_x}{L_x} = \dots \dots \dots (2.37)$$

$$\frac{t_y}{L_x} = \dots \dots \dots (2.38)$$

Dari table bitner didapat =

$$F_{xm} = \dots \dots \dots$$

$$F_{ym} = \dots \dots \dots$$

$$M_x = F_{xm} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ (KNm)} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$M_y = F_{ym} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ (KNm)} \dots \dots \dots (2.40)$$

Tabel 2.10 Kombinasi Pembebanan Lantai Kendaraan

N o	Jenis beban	Beban Mati (KNm)	Beban Hidup (KNm)	Total Beban (KNm)
1	Mux
2	Muy

2) Penulangan :

- Penentuan Tebal Minimum :

Pelat lantai berfungsi sebagai Lantai kendaraan harus mempunyai tebal min (t_s) dengan ketentuan sebagai berikut :

t_s : 200 mm

$$t_s : (100 + 40 / L) \text{ mm} \dots\dots\dots (2.41)$$

(RSNIT – 12 – 2004)

- Penulangan arah x dan y

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d')

$$d' = h - p - 0,5 \varphi_{\text{tulangan yang dipakai}} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$d' = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \dots\dots\dots ($$

$$\varphi_{\text{tulangan pokok arah x}} - \left(\frac{1}{2} \varphi_{\text{tulangan pokok arah y}} \right)$$

$$\dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

d' = jarak tulangan (mm)

h = tebal pelat (mm)

p = selimut beton (mm)

Rasio tulangan (ρ)

$$K_{\text{perlu}} = M_u / \varphi \cdot b \cdot d' \dots\dots\dots (2.44)$$

Didapat ρ dari tabel buku Gideon Kusuma

Dimana :

ρ = rasio tulangan

M_u = Momen Ultimate (kN.m)

b = Lebar per meter tiang (mm)

d' = Jarak tulangan (mm)

φ = Faktor reduksi (0,8)

- Rasio penulangan keseimbangan (ρ_{pb})

$$\rho_{pb} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{pb} \dots\dots\dots (2.46)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,0}{f_y} = \frac{1,0}{400} = 0,0025 \quad \dots\dots\dots (2.47)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

2.6.4 Balok Diafragma

Balok diafragma adalah balok yang digunakan untuk mengikat balok induk untuk menahan geser.

1) Pembebanan :

Balok diafragma hanya menahan berat sendiri balok

Berat sendiri balok

$$= \text{Luasan balok} \times \text{berat jenis beton} (24 \text{ kN/m}^3) \dots\dots\dots (2.49)$$

$$q_u = 1,3 \times \text{berat sendiri balok} \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

2) Perhitungan Momen :

$$-M_{\max \text{ tumpuan}} = 1/8 \times q_u \times L^2 \dots\dots\dots (2.51)$$

$$-M_{\max \text{ lapangan}} = 1/12 \times q_u \times L^2 \dots\dots\dots (2.52)$$

3) Penulangan

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d')

$$d' = h - p - 0,5 \phi_{\text{tulangan yang dipakai}} \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

d' = jarak tulangan (mm)

h = tebal balok (mm)

p = selimut beton (mm)

- Penulangan Tumpuan dan lapangan

$$K_{\text{perlu}} = \frac{M_{\max}}{\theta b d^2} \quad \dots\dots\dots (2.54)$$

Rasio penulangan keseimbangan ($\rho_{b \text{ i}}$)

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \quad \dots\dots\dots (2.55)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b \quad \dots\dots\dots (2.56)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,0}{f_y} = \frac{1,0}{400} = 0,0025 \quad \dots\dots\dots (2.57)$$

- Luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \times b \times d \quad \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio tulangan

b = Lebar per meter balok (mm)

d' = Jarak tulangan (mm)

- Tulangan Pembagi / Suhu dan Susut

$$A_{S_{\text{tulangan pembagi}}} = 20\% \times A_s \quad \dots\dots\dots (2.59)$$

- Tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.60)$$

Ø $V_c > V_u$ Tidak diperlukan tulangan sengkang

Ø $V_c < V_u$ Diperlukan Tulangan sengkang

$$V_{S_{\text{maks}}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.61)$$

$V_{S_{\text{maks}}} > V_s$ Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.62)$$

$S_{\text{maks}} = d/2$ atau 600 mm (ambil nilai yang terkecil) bila,

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.63)$$

$S_{\text{maks}} = d/4$ atau 300 mm (ambil nilai yang terkecil) bila,

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.64)$$

Namun dalam segala hal, V_s harus tidak lebih besar dari, $\frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$$\text{Tulangan geser minimum, } A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot s}{f_y} = (mm^2) \dots \quad (2.65)$$

Dipakai tulangan..... maka jarak sengkang :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b} = (mm) \dots \quad (2.66)$$

2.6.5 Balok Memanjang (balok induk)

Dalam perhitungan balok memanjang beban yang diperhitungkan adalah beban merata termasuk berat pelat, berat air hujan, dan berat sendiri balok dan ditambah dengan beban terpusat dan muatan bergerak.

1) Pembebanan

Ketetapan beban :

- a) Beban Aspal = 22 kN /m³
- b) Beban Beton = 24 kN /m³
- c) Berat Air hujan = 9,8 kN /m³

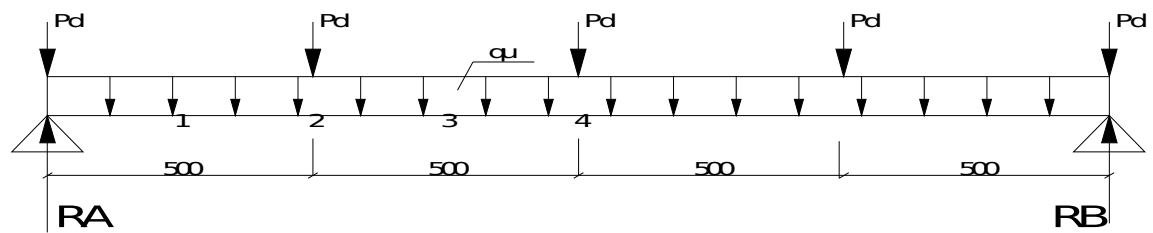
- Akibat beban mati

a) Beban Merata

- Beban berat air hujan=(Tebal air hujan rencana) x (Lebar lantai)
x BJ air hujan (KN/m)..... (2.67)
- Beban Aspal
= (Tebal Aspal) x (Lebar lantai) x BJ Aspal (KN/m)..... (2.68)
- Berat Lantai Kendaraan= (Tebal Lantai) x (Lebar Lantai Kendaraan)
x BJ beton (KN/m)..... (2.69)
- Berat Lantai trotoar
= (Tebal Lantai) x (Lebar Lantai trotoar) x BJ beton (2.70)
- Berat Tiang Sandaran= (Luas t.sandaran beton x BJ beton) +
(Luas t.sandaran baja x BJ baja)...(2.71)
- Berat sendiri Balok= Luas Penampang x BJ beton..... (2.72)

b) Beban terpusat (Pd)

- Berat diafragma = Luasan balok x Berat Jenis beton..... (2.73)
- Gaya Lintang akibat beban mati



c) Akibat Beban Hidup

Beban garis (P) = 49 Kn/m (RSNIT – 02 – 2005 : 16)

Beban Merata (q) = L $\leq 30m$ = 9,0 kPa = 9,0 kN/m²

- Perhitungan Momen :

Dihitung dengan membuat beban garis akibat beban mati dan beban bergerak yang dikombinasikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.11 Kombinasi Pembebanan Balok Induk

Titik	M. Beban Mati (KNm)	M. Beban Bergerak (KNm)	Mu = 1,3 M _{DL} + 1,8 M _{LL} (KNm)
MA	0	0	0
M ₁₋₁			
M ₂₋₂			
M ₃₋₃			
M ₄₋₄			

- Penulangan:

Lebar efektif

a) $b_{ef} \leq bw + 16hf$

b) $b_{ef} \leq \frac{1}{4} \times L$

c) $b_{ef} \leq \text{jarak antar balok dari as ke as}$

$d = h - p - 0,5 \times \text{tulangan pokok} - \text{tulangan pembagi} \dots\dots\dots (2.74)$

$M_R = \phi b(d') \dots\dots\dots (2.75)$

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f_c'}} \right) \dots\dots\dots$$

$$(2.76) \quad \rho_{\min} = 1,4/f_y \dots\dots\dots (2.77)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.78)$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

- Luastulangan As (mm)

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.79)$$

- Cek jarak Tulangan :

Jarak minimum antar tulangan sejajar :

a) 1,5 x ukuran nominal maksimum agregat.....(2.80)

b) 1,5 x D_{tulangan} (2.81)

c) 40 mm

Jarak minimum antar tulangan sejajar dalam lapisan :

$$1,5 \times D_{\text{tulangan}} \dots\dots\dots (2.82)$$

(RSNI T - 12 - 2004 - hal 30)

-Tulangan Geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.83)$$

∅ $V_c > V_u$ Tidak diperlukan tulangan sengkang

∅ $V_c < V_u$ Diperlukan Tulangan sengkang

$$V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.84)$$

$V_{S_{\max}} > V_s$ Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.85)$$

$S_{\max} = d/2$ atau 600 mm (ambil nilai yang terkecil) bila,

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.86)$$

Smax = d/4 atau 300 mm (ambil nilai yang terkecil) bila,

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad \dots\dots\dots (2.87)$$

Namun dalam segala hal, Vs harus tidak lebih besar dari, $\frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$

$$\text{Tulangan geser minimum, } A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot s}{f_y} = (mm^2) \quad \dots\dots\dots (2.88)$$

Dipakai tulangan, maka jarak sengkang :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b} = (mm) \quad \dots\dots\dots (2.89)$$

- Kontrol Lendutan Balok

Momen Tiap Potongan dari Beban Layan (Beban Tidak terfaktor)

$$\text{Modulus elastic beton } E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.90)$$

$$\text{Modulus elastic baja, } E_s = 2 \times 10^5 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (2.91)$$

$$\text{Nilai perbandingan modulus elastisitas, } n = E_s / E_c \dots\dots\dots (2.92)$$

$$\text{Modulus keruntuhan lentur beton, } f_r = 0,7 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.93)$$

Yt = Jarak dari serat teratas ke garis netral

Yb = Jarak dari garis netral ke serat paling bawah

$$\text{Inersia bruto penampang balok, } I_g = 1/12 \times A \times S \dots\dots\dots (2.94)$$

A = Luas Penampang

S = Jarak dari titik berat ke garis netral

$$\text{Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, } c_1 = \frac{n \times A_s}{b} \quad \dots\dots\dots (2.95)$$

b = Lebar penampang balok

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton, dihitung sebagai berikut :

$$I_{cr} = 1/3 \times b \times c^3 \times n \times A_s \times (d-c)^2 \quad \dots\dots\dots (2.96)$$

d = tinggi efektif

$$\text{Momen retak, } M_{cr} = \frac{(f_r \times I_g)}{y_t} \quad \dots\dots\dots (2.97)$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan ,

$$e = \left[\left(\frac{M_{cr}}{M_A} \right)^3 \right] \cdot I_g + \frac{1-i}{i} \cdot I_{cr} \quad \dots\dots\dots (2.98)$$

Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup,

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times q \times \frac{I_x^4}{(E_c \times I_e)} + \frac{1}{48} \times p \times \frac{I_x^3}{(E_c \times I_e)} \quad \dots\dots\dots (2.99)$$

p = Beban terpusat

q = Beban Merata

$$\text{Lendutan total pada plat lantai jembatan } \delta_e = \frac{I_x}{250} \quad \dots\dots\dots (2.100)$$

2.7 Metode Perhitungan Jembatan Rangka Baja

Dalam perhitungan jembatan beton bertulang, berikut ini adalah urutan perhitungan jembatan beton bertulang, yakni : Perhitungan plat lantai kendaraan, perhitungan lantai trotoar, perhitungan, perhitungan gelagar memanjang dan melintang, perhitungan rangka baja dan ikatan angin, dan perhitungan sambungan.

2.7.1 Plat lantai kendaraan

1) Tebal pelat lantai

$$T_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$T_s \geq (100 + 40.l) \dots\dots\dots (2.101)$$

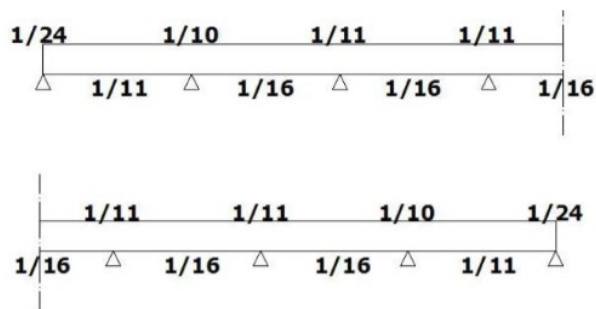
Keterangan: T_s = Tebal pelat lantai

l = Panjang antar gelagar melintang

2) Pembebanan

- a. Beban mati terdiri atas berat aspal, berat pelat lantai dan berat air hujan. Dari pembebanan tersebut akan diperoleh q_{Dult} pelat lantai kendaraan dianggap pelat satu arah seperti pada gambar 2.9. Momen lapangan adalah

$$M_x = M_D = \frac{1}{11} \times q_D \times L^2 \dots \dots \dots (2.102)$$



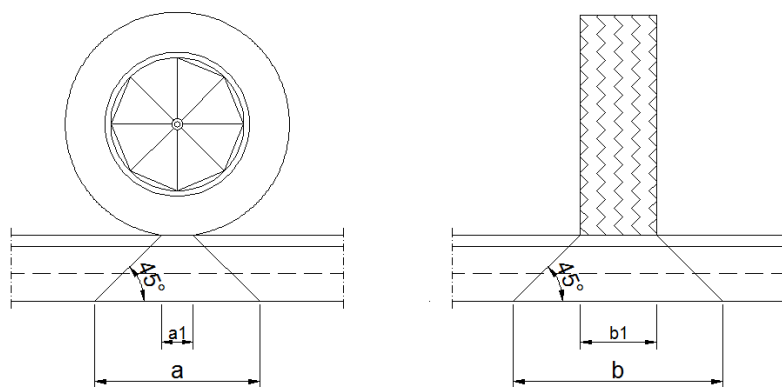
Gambar 2.36 Pelat Satu Arah

- b. Berasal dari kendaraan bergerak (muatan T) beban truck.

$$T_u = 1,8 \times 1,3 T \dots \dots \dots (2.103)$$

Jadi pembebanan truck,

$$q = \frac{T_u}{a \times b} \text{ dan momen dihitung menggunakan tabel Bitner.}$$



Gambar 2.37 Penyaluran Tegangan dari Roda Akibat Bidang Kontak

- c. Penulangan, berdasarkan RSNI T – 12 – 2004

$$A_{S_{\min}} = \frac{\sqrt{F_c'}}{4 F_y} bd \dots\dots\dots(2.104)$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4}{F_y} bd \dots\dots\dots(2.105)$$

2.7.2 Trotoar

Pada perencanaannya trotoar dianggap sebagai balok menerus.

1) Pembebanan

- a. Beban mati, terdiri atas berat *finishing* trotoar, berat trotoar dan berat air hujan.
- b. Beban hidup, terdiri atas beban pejalan kaki. Dari pembebanan diatas akan diperoleh Wu.

2) Penulangan, berdasarkan RSNI T – 12 – 2004

$$A_{S_{\min}} = bd \dots\dots\dots(2.106)$$

2.7.3 Gelagar melintang

Gelagar melintang direncanakan sebagai gelagar komposit memakai baja WF dan dianggap sebagai balok dengan dua tumpuan. Momen yang diperhitungkan adalah pada saat sebelum dan sesudah komposit.

1) Pembebanan

- a. Beban mati, terdiri atas sumbangan dari pelat lantai dan beban trotoar.
- b. Beban hidup, terdiri atas beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT) dan beban hidup trotoar.

2) Kontrol kekuatan sebelum komposit

$$M_{total} = M_{Dl_{\max}} + M_{profit_{\max}} \dots\dots\dots(2.107)$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y \dots\dots\dots(2.108)$$

Cek apakah $M_{total} < \phi M_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman.

3) Kontrol kekuatan sesudah komposit

$$M_{total} = M_{Dl_{\max}} + M_{Ll_{\max}} + M_{profit_{\max}} \dots\dots\dots(2.109)$$

$$M_n = T \cdot Z = A_s \cdot F_y \cdot Z \dots\dots\dots(2.110)$$

Cek apakah $M_{total} < \phi M_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman.

4) Geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \dots\dots\dots(2.111)$$

Cek apakah $V_{total} < \phi V_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman terhadap geser.

5) Shear konektor

Karena PNA berada pada pelat lantai kendaraan, maka gaya geser total adalah

$$T_{max} = A_s \cdot f_y ; \geq 4 \dots \dots \dots (2.112)$$

Kekuatan satu konektur stud

$$Q_u = 0,0005 \cdot A_{st} \cdot \sqrt{f_c} \cdot E_c \dots \dots \dots (2.113)$$

2.7.4 Ikatan angin

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana, apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \dots \dots \dots (2.114)$$

Dengan pengertian :

V_w : kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w : koefisien seret

A_b : luas ekuivalen bagian samping jembatan (m^2)

1) H_a dan H_b

$$H_a = \frac{(T_{EW1} X_1) + (T_{EWn} X_n)}{y} \dots \dots \dots (2.115)$$

$$H_b = (T_{EW1} \cdot x_1) + (T_{EWn} \cdot x_n) - H_a \dots \dots \dots (2.116)$$

Selanjutnya, diambil nilai H_a dan H_b yang terbesar dari dua kondisi, yaitu pada saat kendaraan berada diatas jembatan dan pada saat kendaraan tidak berada diatas jembatan.

2) Gaya batang

Untuk menghitung gaya batang, digunakan metode Ritter. Angka- angka yang didapat dari Ritter selanjutnya dikali dengan H_a dan H_b .

3) Dimensi profil

Setelah gaya batang didapat, dilanjutkan dengan pendimensionian profil.

a. Kontrol terhadap batang tarik

Dengan rumus :

$$\phi P_n = 0,9 \times A_g \times F_y \dots\dots\dots (2.117)$$

$$\phi P_n = 0,75 \times A_e \times F_u \dots\dots\dots (2.118)$$

Dari persamaan (2.17) dan (2.18) diambil yang terkecil, kemudian di cek apakah $P_{u_{max}} < \phi P_n$.

b. Kontrol terhadap batang tekan

Dengan rumus: $\lambda = \frac{Lk}{i_{min}} \dots\dots\dots (2.119)$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lk}{i_{min}} \times \sqrt{\frac{F_y}{E_s}} \dots\dots\dots (2.120)$$

Untuk $\lambda > 1,5$ maka $\phi P_n = 0,85 \times \frac{0,88}{\lambda_c^2} \times A_g \times f_y \dots\dots\dots (2.121)$

Kemudian dicek apakah $P_{u_{max}} < \phi P_n$.

4) Sambungan

a. Kekuatan geser baut

$$V_f = 0,62 \times f_{uf} \times k_r \times (n_n \times A_c + n_x \times A_0) \dots\dots\dots (2.122)$$

$$V_f^* \geq \phi V_f$$

b. Kekuatan Tarik Baut

$$N_{tf} = A_s \times F_{uf} \dots\dots\dots (2.123)$$

$$N_{tf}^* \geq \phi \times N_{tf}$$

c. Kekuatan tumpu pelat lapis

$$V_b = 3,2 \times d_f \times t_p \times f_{up} \dots\dots\dots (2.124)$$

$$V_b = a_e \times t_p \times f_{up} \dots\dots\dots (2.125)$$

Dari (2.24) dan (2.25) diambil yang terkecil

$$V_b^* \geq \phi \times V_b$$

d. Jumlah Baut

$$n = D_u / R_u \dots\dots\dots (2.126)$$

e. Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

$$S1_{min} = 1,5 \times d_f \dots\dots\dots (2.127)$$

$$S1_{max} = 12 \times t_p \dots\dots\dots (2.128)$$

$$S1_{max} < 150 \text{ mm}$$

f. Jarak antar Baut (S)

$$S_{1\min} = 2,5 \text{ df} \dots\dots\dots (2.129)$$

$$S_{\max} = 15 \times t_p \dots\dots\dots (2.130)$$

$$S_{\max} < 200 \text{ mm}$$

2.7.5 Rangka utama

1) Gaya batangrangka utama dihitung dengan menggunakan metode garis pengaruh.

2) Pembebanan ultimate

a. Beban mati, terdiri atas berat pelat lantai, berat aspal, berat trotoar, berat gelagar melintang, ikatan angin dan berat rangka utama.

b. Beban hidup, terdiri atas beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT), beban air hujan dan beban hidup trotoar.

3) Dimensi

Pendimensian rangka utama dilakukan berdasarkan dari tabel gaya batang akibat kombinasi beban ultimate.

a. Kontrol terhadap batang tarik,

$$\phi P_n = 0,9 \times A_g \times F_y \dots\dots\dots (2.131)$$

$$\phi P_n = 0,75 \times A_e \times F_u \dots\dots\dots (2.132)$$

Dari persamaan (2.31) dan (2.32) diambil yang terkecil, kemudian di cek apakah $P_{u\max} < \phi P_n$.

b. Kontrol terhadap batang tekan, $\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}} \dots\dots\dots (2.133)$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lk}{i_{\min}} \times \sqrt{\frac{F_y}{E_s}} \dots\dots\dots (2.134)$$

$$\text{Untuk } \lambda > 1,5 \text{ maka } \phi P_n = 0,85 \times (0,66 \lambda_c^2 \times A_g \times f_y) \dots\dots\dots (2.135)$$

Kemudian dicek apakah $P_{u\max} < \phi P_n$.

4) Pembebanan daya layan

Pembebanan daya layan ini digunakan untuk menghitung lendutan pada rangka batang. Komposisi beban tetap sama seperti pembebanan ultimate, hanya saja faktor bebannya yang berbeda.

5) Lendutan

Setelah didapat kombinasi daya layan, maka dihitung lendutan gaya batang.

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{E \cdot A^2} \dots\dots\dots(2.136)$$

$$\Delta = u_x \frac{F \cdot L}{E \cdot A} \dots\dots\dots(2.137)$$

Dimana :

ΔL = ubahan panjang anggota akibat bebanyang bekerja (cm)

F = gaya yang bekerja (kg)

L = Panjang bentang (cm)

E = modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

A = luas profil baja (cm²)

u = gaya aksial suatu anggota akibat beban satuan

y = komponen satuan dalam arah beban satuan

6) Sambungan

a. Kekuatan geser baut

$$V_f = 0,62 \times f_{uf} \times k_r \times (n_n \times A_c + n_x \times A_0) \dots\dots\dots(2.138)$$

$$V_f^* \geq \emptyset V_f$$

b. Kekuatan Tarik Baut

$$N_{tf} = A_s \times F_{uf} \dots\dots\dots(2.139)$$

$$N_{tf}^* \geq \emptyset \times N_{tf}$$

c. Kekuatan tumpu pelat lapis

$$V_b = 3,2 \times d_f \times t_p \times f_{up} \dots\dots\dots(2.140)$$

$$V_b = a_e \times t_p \times f_{up} \dots\dots\dots(2.141)$$

Dari (2.40) dan (2.41) diambil yang terkecil

$$V_b^* \geq \emptyset \times V_b$$

d. Jumlah Baut

$$n = D_u / R_u \dots\dots\dots(2.142)$$

e. Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

$$S1_{min} = 1,5 df \dots\dots\dots(2.143)$$

$$S1_{max} = 12 \times tp \dots\dots\dots(2.144)$$

$$S1_{max} < 150 \text{ mm}$$

f. Jarak antar Baut (S)

$$S1_{min} = 2,5 df \dots\dots\dots(2.145)$$

$$S_{max} = 15 \times tp \dots\dots\dots(2.146)$$

$$S_{max} < 200 \text{ mm}$$

2.7.6 Perletakan

Landasan yang dipakai dalam perencanaan jembatan ini adalah landasan elastomer berupa landasan karet yang dilapisi pelat baja. Elastomer ini terdiri dari elastomer vertikal yang berfungsi menahan gaya horizontal dan elastomer horizontal berfungsi menahan gaya vertikal. Sedangkan untuk menahan gaya geser yang mungkin terjadi akibat gempa, angin dan rem dipasang lateral stop dan elastomer sebagai bantalannya.

1) Pembebanan

Pembebanan atau gaya – gaya yang bekerja pada perletakan adalah beban mati bangunan atas, beban hidup bangunan atas, beban hidup garis, gaya remdan beban angin. Selanjutnya dicek apakah gaya yang bekerja lebih besar dari kapasitas beban per unit elastomer.

2) Lateral stop, dianggap sebagai konsol pendek.

3) Penulangan lateral stop

Tulangan A_{vf} yang dibulatkan untuk menahan gaya geser

$$V_u = \phi V_n \dots\dots\dots(2.147)$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \dots\dots\dots(2.148)$$

Beton dicor monolit, $\mu = 1,4$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{F_y \mu} \dots\dots\dots(2.149)$$

Tulangan A_f yang dibutuhkan untuk menahan momen M_u adalah :

$$M_u = 0,2 \times V_u + N_{uc} \times (h-d) \dots \dots \dots (2.150)$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} \dots \dots \dots (2.151)$$

$$1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f_c'}} \dots \dots \dots (2.152)$$

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \dots \dots \dots (2.152)$$

$$A_f = \rho b d \dots \dots \dots (2.153)$$

Tulangan yang dibutuhkan menahan gaya tarik N_{uc} , adalah:

$$N_{uc} = \phi A_n \cdot F_y \dots \dots \dots (2.154)$$

$$N_{uc} = 0,2 \cdot V_u \dots \dots \dots (2.155)$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi F_y} \dots \dots \dots (2.156)$$

Tulangan utama adalah total A_g , nilai terbesar dari:

$$A_g = A_f + A_n \dots \dots \dots (2.157)$$

$$A_g = \left(\frac{2 A_{vf}}{3} + A_n \right) \dots \dots \dots (2.158)$$

$$A_{gmin} = \rho_{min} b d \dots \dots \dots (2.159)$$

$$\text{Tulangan sengkang, } A_h = \frac{2 A_{vf}}{3} \dots \dots \dots (2.160)$$

2.7.7 Pelat injak

Pelat injak ini berfungsi untuk mencegah defleksi yang terjadi pada permukaan jalan akibat desakan tanah. Beban yang bekerja pada pelat injak (dihitung per meter lebar). Untuk berat kendaraan dibelakang bangunan penahan tanah diasumsikan sama dengan berat tanah setinggi 60 cm.

- 1) Pembebanan plat injak, pembebanan pelat injak terdiri atas berat lapisan aspal, berat tanah isian, berat sendiri pelat injak, berat lapisan perkerasan dan berat kendaraan. Dari pembebanan akan didapat q_{Utotal}

2) Penulangan plat injak

$$M_{\text{umax}} = 1/8 \cdot q_{\text{Utotal}} \cdot L_2 \dots \dots \dots (2.161)$$

$$A_{\text{smin}} = \frac{\sqrt{F_c'}}{4 F_y} b d \dots \dots \dots (2.162)$$

$$A_{\text{smin}} = \frac{1,4}{F_y} b d \dots \dots \dots (2.163)$$

2.7.8 Dinding sayap

Dinding sayap merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan timbunan atau bahan lepas lainnya dan mencegah terjadinya kelongsoran pada permukaan tanah.

1) Pembebanan dinding sayap

Pembebanan terdiri atas berat lapisan tanah, berat lapisan perkerasan, berat sendiri dinding sayap dan berat beban kendaraan.

2) Penulangan dinding sayap

$$A_{\text{smin}} = \frac{\sqrt{F_c'}}{4 F_y} b d \dots \dots \dots (2.164)$$

$$A_{\text{smin}} = \frac{1,4}{F_y} b d \dots \dots \dots (2.165)$$

2.7.9 Abutment

1) Pembebanan abutment, terdiri dari

- a. Beban mati (Pm)
- b. Beban hidup (H + DLA)
- c. Tekanan Tanah (PTA)
- d. Beban Angin (Wn)
- e. Gaya rem (Rm)
- f. Gesekan pada perletakan (Gs)
- g. Gaya gempa (Gm)
- h. Beban pelaksanaan (pel)

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:

- a. Kombinasi I (AT) = $P_m + P_{TA} + G_s$
- b. Kombinasi II (LL) = $(H + D_{LA}) + R_m$
- c. Kombinasi III (AG) = W_n
- d. Kombinasi IV (GP) = G_m
- e. Kombinasi V (PL) = pe_l

Kemudian dikombinasikan lagi seperti berikut:

- a. Kombinasi I = $AT + LL$ (100%)
- b. Kombinasi II = $AT + LL$ (120%)
- c. Kombinasi III = $AT + LL$ (120%)
- d. Kombinasi IV = $AT + LL$ (140%)
- e. Kombinasi V = $AT + GL$ (150%)
- f. Kombinasi VI = $AT + PL$ (130%)
- g. Kombinasi VII = $AT + LL$ (150%)

2) Kontrol stabilitas pembebanan

- a. Kontrol terhadap bahaya guling

$$F_{GL} = \frac{MT}{M_{GL}} < 1,5 \dots \dots \dots (2.166)$$

- b. Kontrol terhadap bahaya geser

$$F_{Gs} = \frac{\mu V}{M} < 1,5 \dots \dots \dots (2.167)$$

- c. Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung

$$F_{GL} = \frac{q_{ult}}{q_{ada}} > 2,0 \dots \dots \dots (2.168)$$

Bila abutment tidak aman terhadap stabilitas, maka abutment tersebut memerlukan pondasi atau bangunan pendukung lainnya.

2.7.10 Pondasi tiang pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan beban-beban permukaan

ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah (Joseph, 1983).

Pondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi :

- 1) Tiang pancang yang dipancang masuk sampai lapisan tanah keras, sehingga daya dukung tanah untuk pondasi ini lebih ditekankan tahanan ujungnya. Tiang pancang tipe ini disebut *end bearing pile point bearing pile*. Untuk tiang pancang tipe ini ujung tiang pancang harus terletak pada lapisan tanah keras.
- 2) Apabila tiang pancang tidak mencapai lapisan tanah keras, maka untuk menahan beban yang diterima tiang pancang, mobilisasi tahanan sebagian besar ditimbulkan oleh gesekan antara tiang pancang dengan tanah (*skin friction*). Tiang pancang ini disebut *friction pile*.

Perhitungan pondasi tiang pancang didasarkan daya dukung tanah, terdapat 2 (dua) metode untuk menentukan daya dukung tanah, yaitu :

- 1) Daya dukung berdasarkan sondir, menggunakan metode Meyerhof.

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHP \times Kel.O) \dots \dots \dots (2.169)$$

Dimana:

Q_{ult} = kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal

q_c = tahanan ujung sondir

A_p = luas penampang tiang

JHP = jumlah hambatan pelekat

Kel.O = keliling tiang pancang

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHP \times Kel.O}{5} \dots \dots \dots (2.170)$$

Dimana:

Q_{ijin} = kapasitas daya dukung ijin pondasi

q_c = tahanan ujung sondir

A_p = luas penampang tiang

JHP = jumlah hambatan pelekat

Kel.O= keliling tiang pancang

2) Daya dukung aksial

$$Q_{ult} = Q_c + Q_s \dots\dots\dots(2.171)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots(2.172)$$

Dimana:

Q_{ult} = daya dukung tiang pancang maksimum

Q_c = daya dukung ujung

Q_s = daya dukung gesekan

Q_{all} = daya dukung ijin

SF = faktor keamanan

2.8 Pengendalian Proyek

Pengendalian proyek adalah manajemen proyek yang mengatur jalannya item-item pekerjaan proyek. Manajemen proyek biasanya terdiri atas : Rencana kerja dan syarat, estimasi biaya dan manajemen, rekapitulasi biaya dan durasi, network planning, barchart dan kurva s.

2.8.1 Rencana Kerja dan Syarat

Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan keterangan proyek berikut penjelasannya berupa nama, jenis, lokasi, waktu, tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan dan keterangan-keterangan lain yang dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang kesemuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

2.8.2 Estimasi Biaya dan Manajemen

a. Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang

dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

b. Analisa satuan harga pekerjaan

Adalah perhitungan-perhitunganbiayayang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek (Asiyanto, 2008). Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah:

- 1) Analisa harga satuan pekerjaan, adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.
- 2) Analisa satuan alat berat, perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:
 - a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
 - b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

c. Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

d. Rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan

dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

- 1) Anggaran biaya kasar (taksiran), sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.
- 2) Anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- 1) Bestek, untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat
- 2) Gambar Bestek, untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.
- 3) Harga Satuan Pekerjaan, didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa.

e. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

f. Manajemen proyek

Manajemen proyek adalah suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian dari suatu proyek oleh para anggotanya dengan

memanfaatkan sumber daya seoptimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek terdiri dari pengelolaan lingkup kerja, waktu, biaya dan mutu. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan dalam penyelenggaraan suatu proyek.

g. Barchart

Barchart, mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. *Barchart* juga menjadi acuan dalam jalannya suatu proyek, yang mengatur arah pengeluaran biaya proyek berdasarkan pengeluaran dilapangan dan pengeluaran yang direncanakan sebagai perbandingannya terhadap waktu proyek.

h. Kurva S

Merupakan grafik yang menggambarkan perkembangan suatu proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang di representasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh proses pelaksanaan kegiatan proyek. Kurva S sama seperti *Barchart*, juga berfungsi sebagai acuan pengeluaran biaya pada proyek dengan biaya perencanaan terhadap waktu proyek.

i. Network Planing

Network planing, adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan / divisualisasikan dalam *diagram network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.