

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jembatan

Menurut Struyck dan Van Der Veen (1984) dalam Perencanaan jembatan Katungau Kalimantan Barat, jembatan merupakan sebuah struktur yang dibangun melewati suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan-rintangan tersebut dapat berupa jurang, lembah, jalan rel, sungai, badan air, atau rintangan fisik lainnya. Tujuan jembatan adalah untuk membuat jalan bagi orang atau kendaraan melewati sebuah rintangan. Selain itu jembatan juga menjadi alternatif untuk menyambung ruas jalan sehingga dapat memperpendek jarak.

Proses pembangunan jembatan melewati beberapa tahapan dimana tiap tahapan memiliki aspek penting. Tahapan-tahapan suatu pembangunan jembatan sebagai berikut : Rencana Awal, Pradesain, Desain Akhir (Analisis, Gambar, *Proportioning Element*, Spesifikasi dan dokumen Kontrak), Perjanjian Kontrak dan Administrasi, Pembuatan dan Pekerjaan Konstruksi dan terakhir adalah Penggunaan, Pemeliharaan, dan Perbaikan. Dalam tugas akhir ini hanya akan dibahas tahapan rencana awal sampai desain struktur atas saja. Perencanaan tersebut harus memenuhi syarat-syarat keamanan, kenyamanan, kekuatan, ekonomis dan keindahan serta mempertimbangkan kondisi yang akan datang.

Dengan konstruksi rangka baja pada jembatan Musi VI diharapkan jembatan tersebut nantinya dapat dikerjakan dengan waktu konstruksi (*schedule*)

yang lebih singkat, serta pemasangan konstruksi yang lebih mudah pemeriksaan dan perbaikannya.

2.2. Dasar perencanaan

Uraian dalam perencanaan yang dilakukan, antara lain:

1. Perencanaan awal, merupakan studi awal mengenai perencanaan jembatan.

Pada tahap ini termasuk studi kelayakan, penyelidikan dan survey awal.

2. Perencanaan design awal (pradesain gambar dan ukuran).

Perencanaan desain awal merupakan asumsi–asumsi (anggapan) yang mungkin digunakan, namun bila setelah dicek kestabilan, kekokohan, keamanan, kelayakan dan kenyamanan konstruksinya tidak memenuhi maka pradesain ini harus diubah.

3. Data-data yang diperlukan dalam perencanaan jembatan adalah data topografi dan geometri, elevasi muka air banjir, data lalu lintas dan data tanah.

4. Muatan–muatan yang mempengaruhi pembebanan jembatan

Untuk merencanakan muatan-muatan pada jembatan menggunakan acuan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (1987).

5. Pehitungan mekanika (struktur) dengan menggunakan *Structural Analysis Program* (SAP) dan perhitungan garis pengaruh terhadap pengaruh muatan yang bergerak. Program yang digunakan untuk analisa tersebut adalah SAP 2000.

6. Pengecekan pemenuhan syarat pradesain (desain awal) direncanakan berdasarkan buku “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja” SNI 03-1729-2002, terdiri dari:

a. Gelagar memanjang,

Gelagar memanjang merupakan gelagar yang berada dibawah lantai kendaraan searah dengan sumbu jalan untuk menahan beban diatasnya yang merupakan beban dari lantai kendaraan dan muatan hidup (beban lalu lintas) yang berada diatasnya.

b. Gelagar melintang,

Gelagar melintang merupakan gelagar yang berada dibawah lantai kendaraan melintang dengan sumbu jalan untuk menahan beban diatasnya yang merupakan beban dari lantai kendaraan, beban gelagar memanjang dan muatan hidup (beban lalu lintas) yang berada diatasnya.

c. Ikatan angin,

Berfungsi untuk mengakukan konstruksi, mengurangi getaran dan menjaga agar terus tetap tegak, mencegah runtuhnya jembatan; misalnya akibat adanya gaya lateral yang ditimbulkan angin dari tepi.

d. Rangka jembatan.

Rangka jembatan merupakan rangka utama dimana untuk menahan beban-beban yang terjadi. Rangka jembatan tersebut menahan beban-beban yang terjadi diatasnya dan termasuk dari berat sendiri rangka jembatan serta menyalurkan segala muatan ke kepala jembatan atau pilar-pilar.

7. Penulangan pelat lantai kendaraan

Pelat lantai kendaraan merupakan suatu pelat dimana untuk menahan beban lalu lintas yang berjalan di atasnya dan dalam merencanakan pelat lantai kendaraan mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton (SNI 03-2847-2002) dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.

8. Perhitungan sambungan – sambungan baja

Sambungan pada jembatan baja menggunakan baut mutu tinggi (*high strength*) dengan tipe baut A-325. Acuan untuk sambungan diambil dari buku Tata Cara Perencanaan Struktur Baja (SNI 03-1729-2002).

2.3. Pembebanan Jembatan

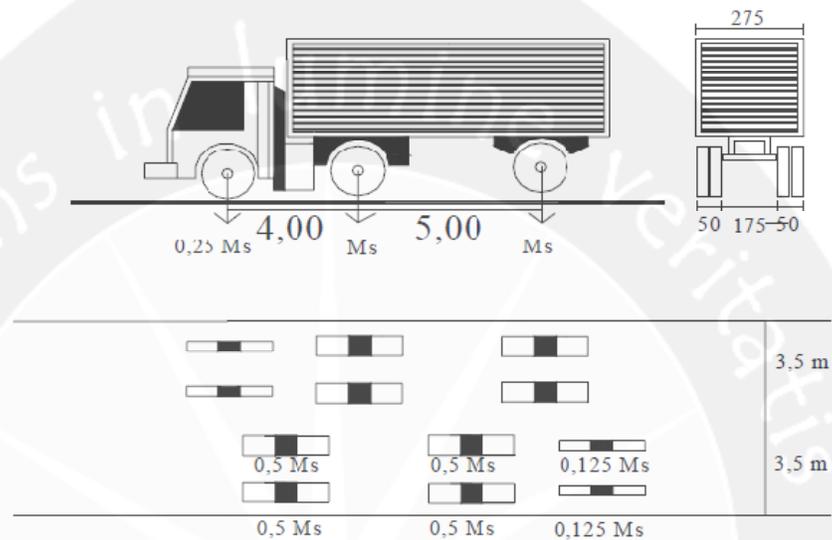
Muatan- muatan yang mempengaruhi pembebanan jembatan adalah sebagai berikut:

2.3.1. Muatan Primer

Adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Menurut PPPJR, 1987, muatan primer terdiri dari:

1. Muatan primer / muatan tetap, disebabkan oleh berat sendiri konstruksi (asumsi dimensi rangka batang jembatan, pelat lantai kendaraan, ikatan angin, gelagar jembatan).
2. Muatan bergerak / hidup menurut PPPJR, 1987 (halaman 5) dibagi sebagai berikut:
 - a. Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan pada jembatan harus digunakan beban "T". Beban "T" adalah beban kendaraan truk yang

mempunyai roda ganda sebesar 10 ton dengan ukuran-ukuran yang tertera seperti pada gambar dibawah ini: Dimana, MS = adalah muatan rencana sumbu (20 ton)



Gambar 2.1. Beban “T”
Sumber: PPPJIR (1987)

b. Beban “D”

Digunakan untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton/meter panjang per jalur. Besarnya “q” adalah:

$$q = 2,2 \text{ t/m}^{\prime} \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m}^{\prime} - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}^{\prime} \quad \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 \times (L - 30) \text{ t/m}^{\prime} \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

dimana:

L : panjang dalam meter

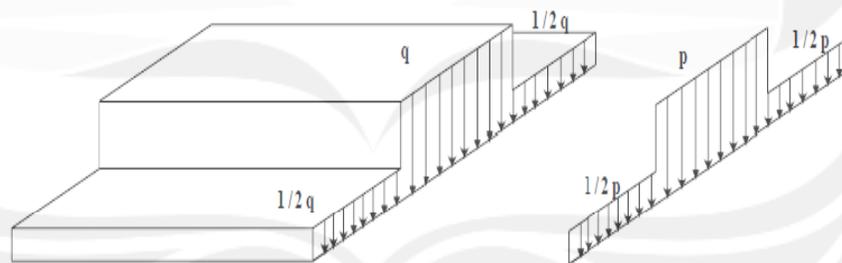
t/m^{\prime} : ton / meter panjang, per jalur

Beban garis "P" ditentukan menurut PPPJJR, 1987 sebesar 12 ton yang bekerja sejajar dengan lantai kendaraan. Berdasarkan beban garis "P" dan beban terbagi rata "q", maka dapat dihitung beban hidup per meter lebar jembatan sebagai berikut:

$$\text{beban terbagi rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{beban garis} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

angka 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas. Ketentuan penggunaan beban "D" dalam arah melintang jembatan bila lebih besar dari 5,5 meter, beban "D" sepenuhnya (100 %) dibebankan pada lebar jalur 5,5 meter sedang selebihnya dibebani pada hanya pada separuh beban "D" (50 %), seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2. Beban "D"
Sumber: PPPJJR (1987)

- c. Muatan hidup untuk trotoir, kerb dan sandaran adalah 500 kg/m². pengaruh muatan trotoir pada gelagar diperhitungkan 0,6 kali muatan trotoir tersebut (PPPJJR, 1987).

- d. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan – tegangan akibat beban garis “ P “ harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata “ q ” dan beban “ T “ tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut menurut PPPJRR, 1987 ditentukan dengan rumus:

$$K = 1 + \frac{20}{50/L}$$

Dimana:

K : koefisien kejut

L : panjang bentang (meter)

2.3.2. Muatan Sekunder

Adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan (PPPJRR, 1987). Beban sekunder terdiri dari:

1. Muatan Angin, disebabkan oleh tekanan angin pada sisi jembatan yang langsung berhadapan dengan datangnya angin. Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu presentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup. Luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat menggunakan ketentuan dalam PPPJRR, 1987 sebagai berikut:

a. Keadaan tanpa beban hidup

- 1) Untuk jembatan gelagar penuh diambil 100 % luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50 % luas bidang sisi lainnya.
- 2) Untuk jembatan rangka diambil 30 % luas bagian sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15 % luas bidang sisi lainnya.

b. Keadaan dengan beban hidup

- 1) Untuk jembatan diambil sebesar 50 % terhadap luas bidang sisi yang langsung terkena angin.
- 2) Untuk beban hidup diambil sebesar 100 % luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

2. Muatan akibat gaya rem, disebabkan karena beban yang diakibatkan dari pengereman kendaraan. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem 5 % dari beban “ *D* “ tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada. Gaya rem tersebut dianggap bekerja dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

2.3.3. Muatan khusus

Adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan (PPPJJR, 1987). Beban khusus terdiri dari :

1. Muatan akibat gempa bumi

Disebabkan karena pengaruh gempa di daerah tersebut. Jembatan-jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi, direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan buku "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa" berdasarkan SNI 03-1726-2002

2. Muatan akibat gaya memanjang

Akibat gesekan pada tumpuan yang bergerak terjadi oleh pemuaian dan penyusutan jembatan atau sebab lain. Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu dan akibat-akibat lain. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan. Menurut PPPJR, 1987 koefisien gesek pada tumpuan memiliki nilai sebagai berikut:

a. Tumpuan rol baja:

- | | |
|-------------------------------|------|
| 1) Dengan satu atau dua rol | 0,01 |
| 2) Dengan tiga rol atau lebih | 0,05 |

b. Tumpuan gesekan:

- | | |
|---|----------|
| 1) Antara baja dengan campuran tembaga keras dan baja | 0,15 |
| 2) Antara baja dengan baja atau besi tuang | 0,25 |
| 3) Antara karet dengan baja / beton | 0,5-0,18 |

Tumpuan-tumpuan khusus harus disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi dari pabrik material yang bersangkutan atau didasarkan atas hasil percobaan dan mendapatkan persetujuan dari pihak berwenang.

3. Muatan dan gaya selama pelaksanaan

Adalah gaya-gaya khusus yang timbul selama pelaksanaan pembangunan jembatan yang diatur menurut PPPJJR, 1987 (berat *crane*, alat berat dan sebagainya).

Konstruksi jembatan beserta bagian – bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja.

Tabel 2.1. Kombinasi pembebanan dan gaya

No	Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang digunakan dalam persen terhadap tegangan izin keadaan elastis
I	$M + (H + K) + T_a T_u$	100%
II	$M + T_a + A_h + G_g + A + S_R + T_m$	125%
III	KOMBINASI I + $R_m + G_g + A + S_R + T_m + S$	140%
IV	$M + G_h + T_{ag} + G_g + A_{hg} + T_u$	150%
V	$M + P_1$	130%
VI	$M + (H + K) + T_a + S + T_b$	150%

Sumber: PPPJR (1987)

dimana:

A = beban angin

A_h = gaya akibat aliran dan hanyutan

A_{hg} = gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa

G_g = gaya gesek pada tumpuan bergerak

G_h = gaya horisontal ekuivalen akibat gempa bumi

$(H + K)$ = beban hidup dengan kejut

M = beban mati

P_1 = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan

R_m = gaya rem

S = gaya sentrifugal

S_R = gaya akibat susut dan rangkai

T_m = gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkai)

T_a = gaya tekanan tanah

T_{ag} = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

T_b = gaya tumbuk

T_u = gaya angkat

2.4. Ruang Bebas Jembatan

Berdasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJR, 1987), pembangunan jembatan harus memenuhi syarat ruang bebas yang ditetapkan. Ruang bebas jembatan adalah ukuran ruang dengan syarat tertentu yang meliputi :

1. Profil ruang bebas jembatan

Yang dimaksud dengan profil ruang bebas jembatan adalah tinggi dan lebar ruang bebas jembatan.

2. Tinggi bebas minimum terhadap banjir

Tinggi bebas minimum terhadap banjir 50 tahunan ditetapkan sebesar 1,00 meter. Untuk sungai-sungai yang mempunyai karakter khusus, tinggi bebas disesuaikan dengan keperluan berdasarkan penelitian yang lebih lanjut.

2.5. Bentuk dan Tipe Jembatan

Jembatan baja adalah jembatan yang mayoritas bahannya dari baja, sedangkan untuk konstruksinya tergantung pada jenis jembatan yang akan dibuat. Baja telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi.

Menurut Nasution pada umumnya jembatan rangka baja dapat berupa :

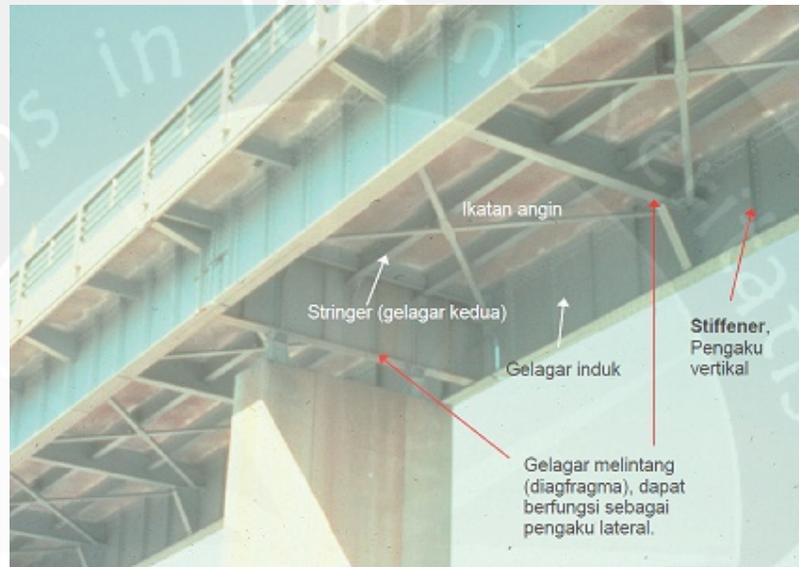
1. Jembatan gelagar I (*rolled steel girder bridge*), tersusun dari beberapa gelagar I canai panas, panjang bentang berkisar 10 meter sampai dengan 30 meter. Jembatan gelagar ini dapat bersifat komposit atau non komposit, tergantung penggunaan penghubung geser (*shear connector*), juga tergantung kepada penggunaan bahan untuk lantai jembatan misal dari kayu (jembatan konvensional) atau beton.



Gambar 2.3. Jembatan baja multi girder I.

Sumber : <http://thamrinnst.files.wordpress.com/2012/04/modul-1-pengenalan-jembatan-baja.pdf>

2. Jembatan gelagar pelat (*plate girder bridge*), atau sering juga disebut jembatan dinding penuh, tersusun dari 2 (dua) atau lebih gelagar, yang terbuat dari pelat-pelat baja dan baja siku yang diikat dengan paku keling atau di las. Panjang bentang berkisar 30 meter sampai dengan 90 meter.



Gambar 2.4. Jembatan gelagar pelat multi span, dengan cross bracing dan stiffener, komposit.

Sumber : <http://thamrinnst.files.wordpress.com/2012/04/modul-1-pengenalan-jembatan-baja.pdf>

3. Jembatan gelagar kotak (*box girder bridge*), terbuat dari pelat-pelat berbentuk kotak empat persegi atau berbentuk trapesium, umumnya digunakan dengan panjang bentang 30 meter sampai dengan 60 meter. Jembatan dapat terdiri dari gelagar kotak tunggal maupun tersusun dari beberapa gelagar, seperti terlihat dalam gambar berikut.



Gambar 2.5. Jembatan gelagar kotak (*box girder*), multi span.

Sumber : <http://thamrinnst.files.wordpress.com/2012/04/modul-1-pengenalan-jembatan-baja.pdf>



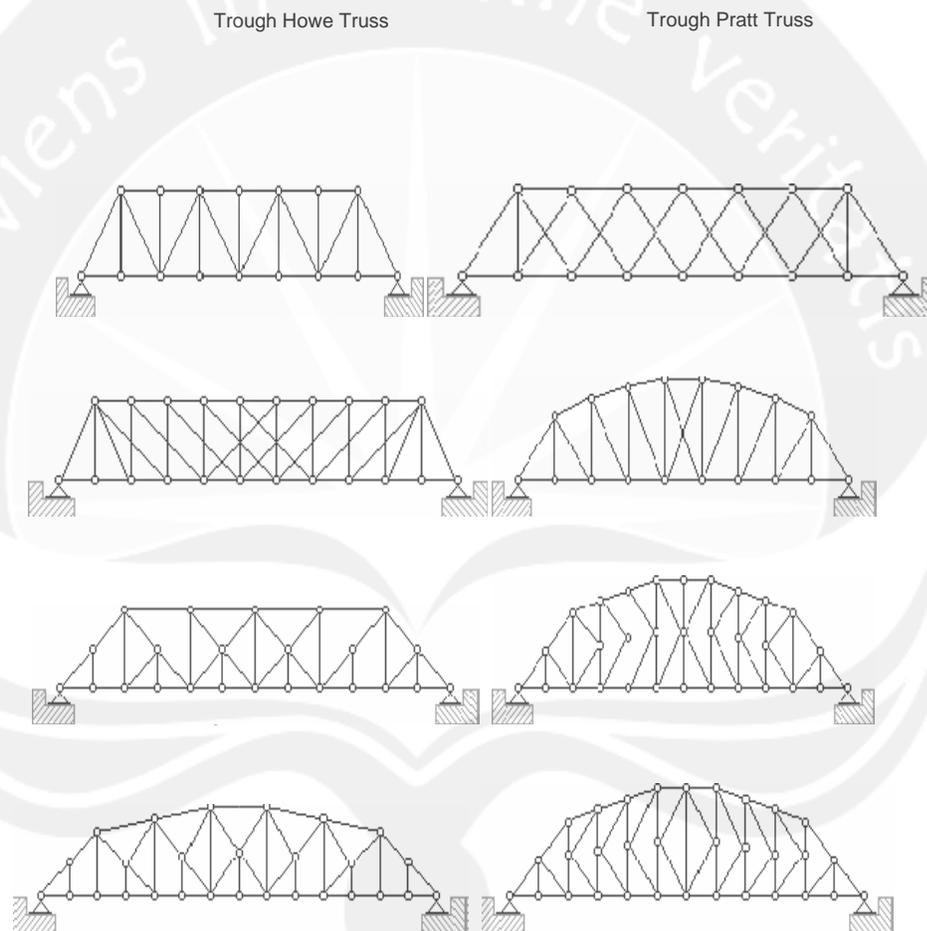
Gambar 2.6. : Jembatan gelagar kotak tunggal (*box girder*), multi span.

Sumber : <http://thamrinnst.files.wordpress.com/2012/04/modul-1-pengenalan-jembatan-baja.pdf>

4. Jembatan rangka (*truss bridge*), tersusun dari batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan pelat buhul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. Batang-batang rangka ini hanya memikul gaya dalam aksial (normal) tekan atau tarik, tidak seperti pada jembatan gelagar yang memikul gaya-gaya dalam momen lentur dan gaya lintang. Jembatan rangka telah menjadi kekuatan yang efektif dan efisien untuk jembatan bentang panjang lebih dari 150 tahun. Sebagai jembatan rangka dengan :
 - a. Gelagar pelat telah digunakan dengan bentang sekitar 550 ft (167,6 m)
 - b. Gelagar kotak untuk bentang hingga 750 ft (228,6 m).
 - c. Gelagar segmental kotak beton untuk bentang sampai sekitar 800 ft (243,8 m).

d. Jembatan struktur kabel untuk bentang sekitar 500 ft (152,4 m) sampai 2000 ft (609,6 m).

Tipe-tipe jembatan rangka seperti terlihat dalam gambar berikut :



Gambar 2.7. Tipe-tipe jembatan rangka.

Sumber : <http://okbridges.wkinsler.com/technology/index.html>



Gambar 2.8. Jembatan rangka baja.

Sumber : <http://www.richardsharp.co.uk/route66.htm>

5. Jembatan pelengkung (*arch bridge*),

Tipe struktur adalah pelengkung tiga sendi, dimana sendi ketiga terletak pada puncak atas. Keistimewaan dari struktur pelengkung tiga sendi ini adalah momen yang terjadi lebih kecil karena tereduksi oleh adanya gaya horisontal pada perletakan yang menghasilkan momen negatif.



Gambar 2.9. Jembatan rangka baja.

Sumber : <http://www.richardsharp.co.uk/route66.htm>

6. Jembatan gantung (*suspension bridge*).

Pada jembatan gantung semua gaya-gaya vertikal disalurkan melalui kabel-kabel penggantung ke tiang (*pylon*) dan perletakan ujung. Jembatan gantung yang pernah dibangun dengan bentang terpanjang sejak tahun 1998 adalah jembatan Akashi dengan panjang bentang utama 1991 meter,



Gambar 2.10. Jembatan gantung.

Sumber : <http://www.richardsharp.co.uk/route66.htm>

7. Jembatan Struktur Kabel (*cable stayed bridge*),

Pada jembatan struktur kabel (*cable-stayed bridge*) sepenuhnya gaya-gaya vertical dipikul oleh tiang (*pylon*) yang disalurkan melalui kabel-kabel penggantung. Jembatan struktur kabel terpanjang yang pernah dibangun adalah jembatan Sutong yang melintasi sungai Yangtze, RRC., dengan bentang 1088 meter, selesai dibangun tahun 1998, dengan memiliki 2 (dua) pylon.



Gambar 2.11. Jembatan Sutong, melintasi sungai Yangtze, RRC
Sumber : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_largest_cable-stayed_bridges

2.6. Keuntungan bahan baja sebagai material jembatan

Pembangunan jembatan sudah mengambil banyak variasi bentuk struktural dari tahun ke tahun, yang berakibat jumlah pemakaian besi baja dalam membuat jembatan semakin meningkat. Walaupun besi sudah umum digunakan dalam konstruksi jembatan tapi kemajuan terakhir di teknologi material besi baja telah memberikan dampak yang besar terhadap perkembangan perencanaan jembatan. Keuntungan pemakaian material besi baja dalam pembangunan jembatan dibandingkan material beton dan kayu adalah :

1. Baja mempunyai kekuatan dan keliatan yang tinggi,
2. Ada jenis baja yang tahan terhadap cuaca, bahkan tidak perlu di cat.
3. Dari segi kekuatannya, bahan baja lebih murah dari beton ataupun kayu, sebab dengan kekuatannya memerlukan volume bahan lebih sedikit.
4. Rendahnya biaya pemasangan.
5. Jadwal konstruksi yang lebih cepat.

6. Tingkat keselamatan kerja tinggi.
7. Mudah dalam pemasangan.
8. Elemen struktur dapat dibuat di pabrik, dan dapat dilakukan secara besar-besaran.
9. Dapat dilakukan bongkar pasang dengan cepat, tanpa ada bahan terbuang.
10. Membutuhkan ruang kerja yang lebih sempit.
11. Dapat mengikuti bentuk-bentuk arsitektur.
12. Ramah lingkungan, dapat menggantikan posisi kayu sebagai bahan konstruksi.

