

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

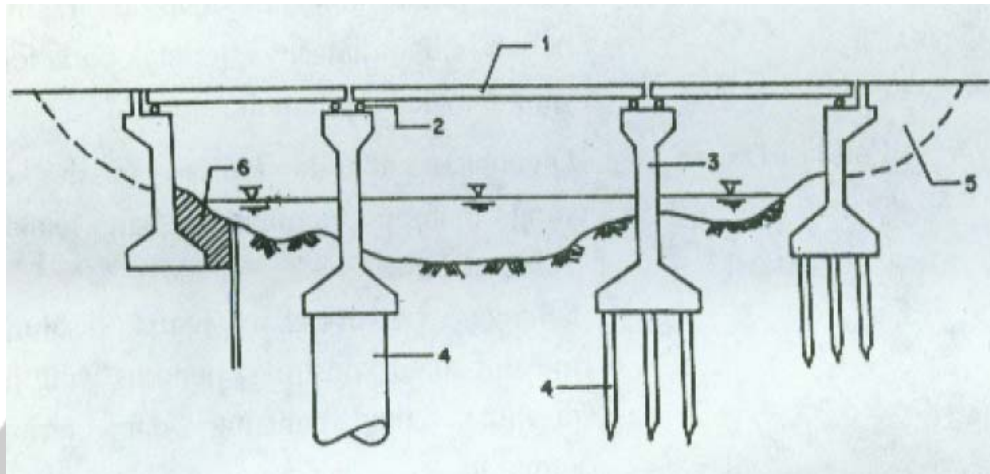
Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). (Struyk dan Veen, 1984)

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, 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)

2.2. Bagian-bagian Struktur Jembatan

Menurut Departement Pekerjaan Umum (Pengantar Dan Prinsip – Prinsip Perencanaan Bangunan bawah / Pondasi Jembatan, 1988) Suatu bangunan jembatan pada umumnya terdiri dari 6 bagian pokok, yaitu :

1. Bangunan atas
2. Landasan
3. Bangunan bawah
4. Pondasi
5. Oprit
6. Bangunan pengaman jembatan

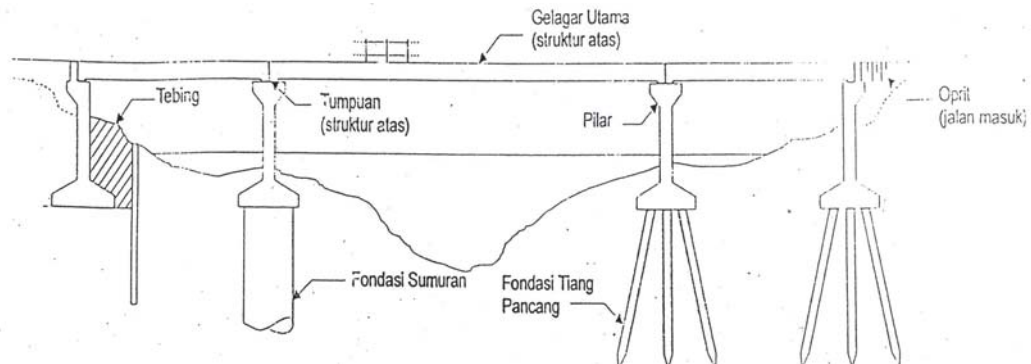


Gambar 2.1. Gambar Bagian - Bagian Jembatan

Keterangan Gambar :

1. Bangunan Atas
2. Landasan (Biasanya terletak pada pilar / abutment)
3. Bangunan Bawah (fungsinya : memikul beban – beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi, kemudian dari pondasi disalurkan ke tanah)
4. Pondasi
5. Oprit (terletak dibelakang abutmen, oleh karena itu tanah timbunan di belakang abutment dibuat sepadat mungkin agar tidak terjadi penurunan tanah dibelakang hari)

Menurut (Siswanto,1993), secara umum bentuk dan bagian-bagian suatu struktur jembatan dapat dibagi dalam empat bagian utama, yaitu : struktur bawah, struktur atas, jalan pendekat, bangunan pengaman.



Gambar 2.2. Bagian-bagian Struktur Jembatan

2.2.1. Struktur bawah

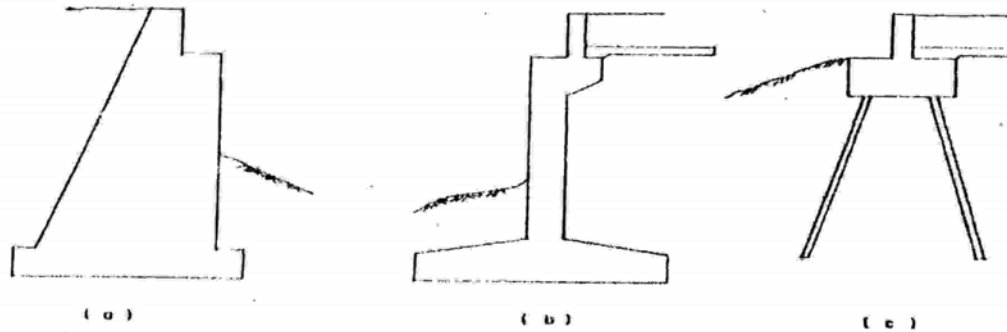
Menurut Departemen Pekerjaan Umum (modul Pengantar Dan Prinsip – Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah / Pondasi Jembatan, 1988), fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban – beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi. Yang selanjutnya beban – beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah.

Macam dan bentuk bangunan bawah :

Bangunan bawah jembatan ada dua macam yaitu :

1) Kepala Jembatan (abutment)

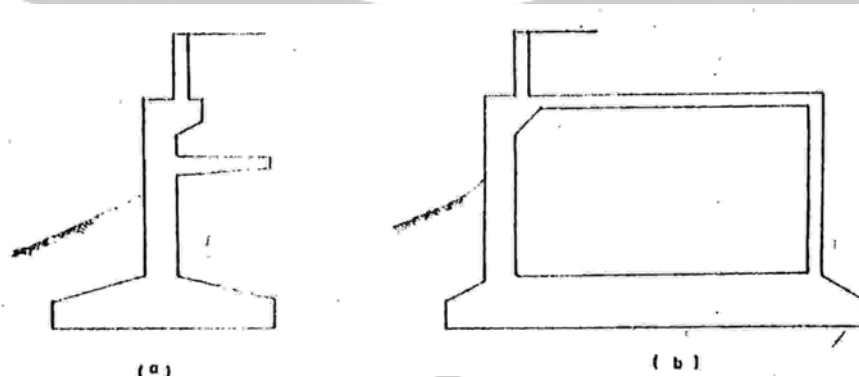
Karena letak abutment yang berada di ujung jembatan maka abutment ini berfungsi juga sebagai penahan tanah. Umumnya abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan.



Gambar 2.3. Bentuk Abutment

Bentuk umum abutment pada gambar 2.3. Sering kita jumpai baik pada jembatan- jembatan baru dan jembatan – jembatan lama. Gambar 2.3(a). menunjukkan abutment dari pasangan batu, dan gambar 2.3(b) dan 2.3(c) dari beton bertulang (*reinforced concrete*).

Bila abutment ini makin tinggi, maka berat tanah timbunan dan tekanan tanah aktif makin tinggi pula, sehingga sering kali dibuat bermacam – macam bentuk untuk mereduksi pengaruh – pengaruh tersebut.

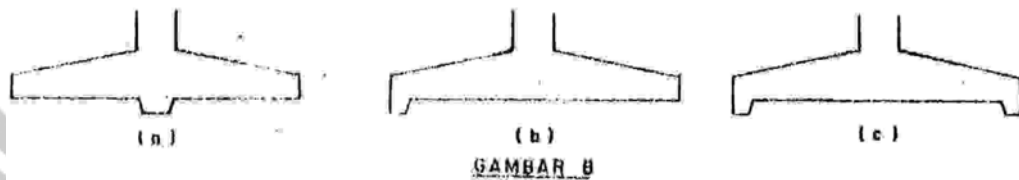


Gambar 2.4. Macam – Macam Bentuk Abutment Untuk Mereduksi tekanan

Tanah Aktif

Gambar 2.4.(a). menunjukkan abutment yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mereduksi momen / tekanan tanah aktif. Dan gambar 2.4.(b). menunjukkan abutment yang dibelakangnya dibuat (dikombinasi) dengan semacam box kosong. Disini dimaksudkan untuk mengurangi berat tanah timbunan.

Disamping beban – beban vertical dan momen tersebut, kadang – kadang gaya – gaya horizontal yang timbul masih cukup besar sehingga, misalnya pada abutment dengan pondasi langsung yang mana didalam perhitungannya masih didapatkan koefisien keamanan terhadap geser yang belum mencukupi persyaratan, maka sering ditempuh cara lain misalnya dengan memberikan semacam kaki atau tumit pada bidang pondasinya. Cara meletakkan tumit bias bermacam – macam (lihat gambar 2.5).

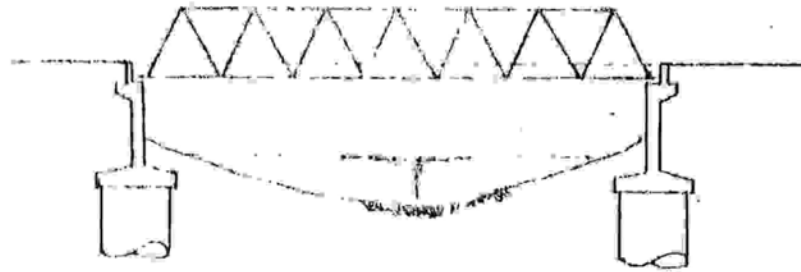


Gambar 2.5. Cara Meletakkan Tumit

2) Pilar Jembatan

Bentuk pilar jembatan

- a) Berbeda dengan abutment yang jumlahnya 2 buah dalam satu jembatan, maka pilar ini belum tentu ada dalam suatu jembatan. Gambar 2.6. Menunjukkan suatu jembatan rangka tanpa pilar.



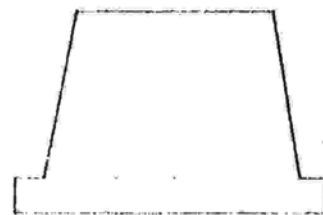
Gambar 2.6. Jembatan Rangka Baja Tanpa Pilar

- b) Pilar jembatan pada umumnya terkena pengaruh aliran sungai sehingga didalam perencanaannya direncanakan selain segi kekuatannya harus juga diperhitungkan segi – segi keamananya.

Bentuk dari dinding pilar ini bisa masif (solid), kotak atau beberapa kotak (cellular), bias terdiri dari kolom – kolom (trestle) atau dari 1 kolom saja (hammer head). Lihat Gambar 2.7.

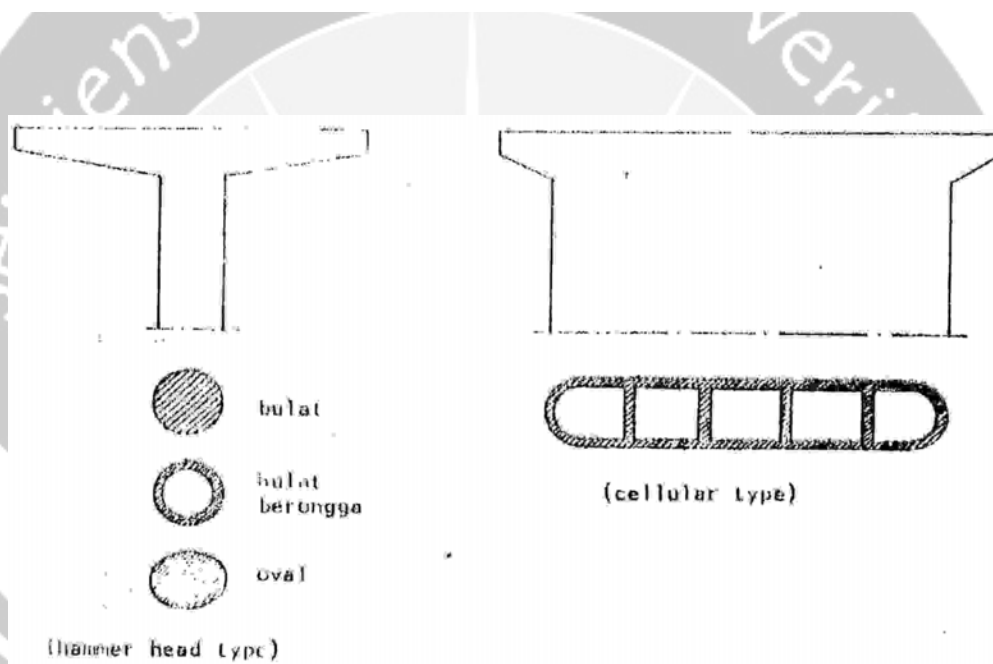
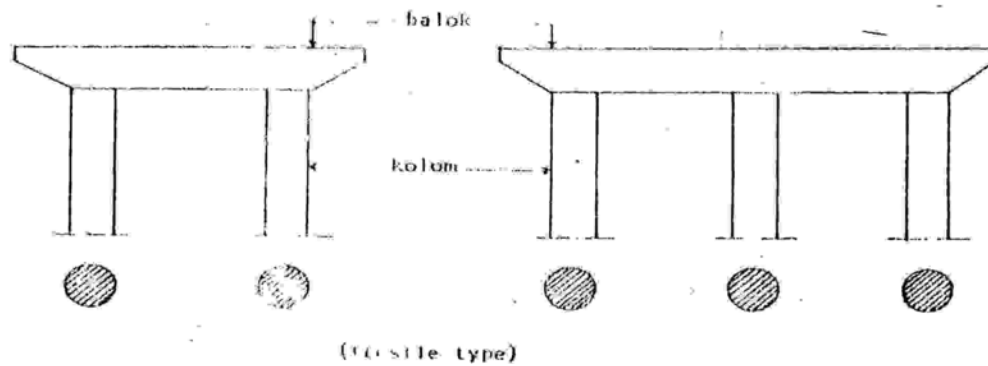


masif dari beton
bertulang



masif dari pasangan batu

cut water
(solid type)

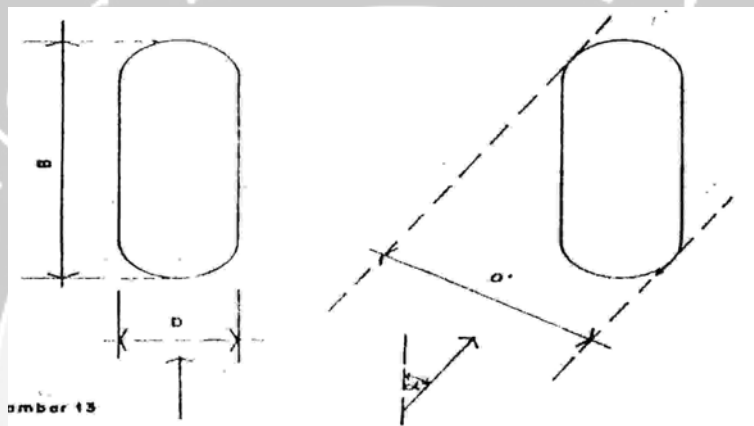


Gambar 2.7. Bentuk Dinding Pilar

3) Pada solid type selain dari beton bertulang, sering dijumpai juga terbuat dari pasangan batu. Bila bentuk ini dipergunakan khusus pada bidang kotak dengan arus air harus dibuat lengkung air (cut water). Salah satu keuntungannya ialah mudah di dalam pengerjaannya.

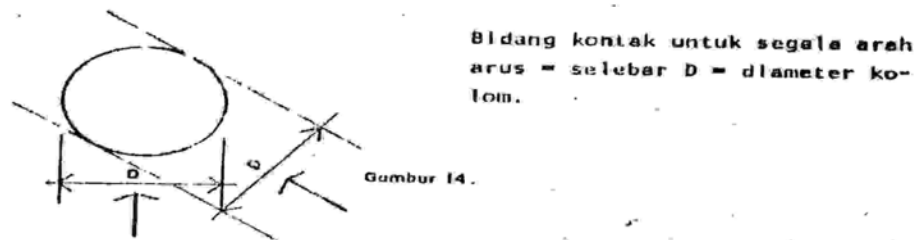
Penggunaan bentuk ini harus diperhitungkan terhadap arah arus sungai yang tidak konstan. Jika arah arus parallel dengan arah dinding pilar maka

bidang kontak langsung dengan arus hanya sebesar tebal dinding sumuran D (lihat gambar 2.8), akan tetapi apabila suatu ketika arah arus yang baru menyudut α dengan arah arus yang lama maka bidang kontak tersebut menjadi $D' \propto B \sin \alpha$ dimana B = panjang dinding pilar dan D' ini $> D$.



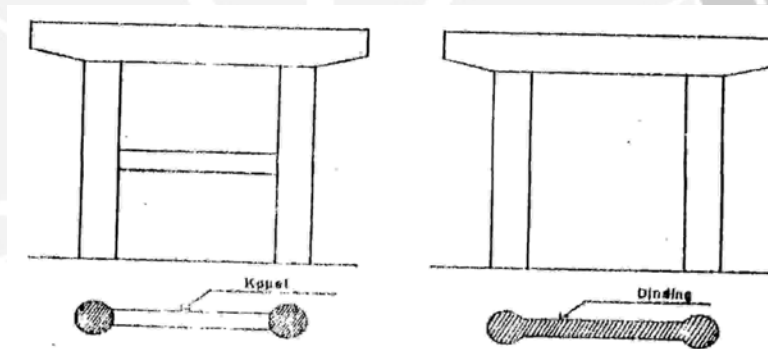
Gambar 2.8. Layout Dinding Pilar Jika Arus Parallel Dan Arus Yang Menyudut α

Bentuk yang lebih ekonomis, misalnya jika dinding pilar dilaksanakan dengan bentuk kolom bulat dan oval (*trestle type* dan *hammer type*), meskipun pelaksanaannya lebih sulit. Bentuk kolom bulat mempunyai suatu keuntungan yaitu tidak ada perubahan pengaruh jika arah arus berubah – ubah (Lihat Gambar 2.9).



Gambar 2.9. Pilar Dengan Bentuk Kolom Bulat

Untuk pilar – pilar yang tinggi bentuk *trestle type*, sering diperkuat dengan kopel atau dinding untuk menambah kekakuan dalam kaitannya dengan pengaruh tekuk pada kolom.



Gambar 2.10 *Trestle Type*

Pada Gambar 2.11 Menunjukkan bentuk – bentuk lain dari pilar yang karena pertimbangan – pertimbangan pelaksanaan (misalnya pail air normal yang cukup tinggi sehingga sulit untuk melaksanakan kistdam), bidang poer dibuat di atas tinggi normal.



Gambar 2.11. Penempatan Pilar Pada Air Normal

(Menurut siswanto,1999), Secara umum struktur bawah dilakukan meliputi stabilitas dan kekuatan elemen-elemen struktur, sehingga aman terhadap penggulingan atau penggeseran. Struktur bawah suatu jembatan adalah merupakan suatu pengelompokan bagian-bagian jembatan yang menyangga jenis-jenis beban yang sama dan memberikan jenis reaksi sama, atau juga dapat disebut struktur yang langsung berdiri di atas dasar tanah.

1. Fondasi, merupakan bagian dari sebuah jembatan yang meneruskan beban-beban langsung ke atau dari tanah atau batuan/lapisan tanah keras.
2. Bangunan bawah (pangkal jembatan, pilar) yaitu bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban dari perletakan ke fondasi, dan biasanya juga difungsikan sebagai bangunan penahan tanah.

2.2.3. Struktur Atas

Menurut (Pranowo dkk, 2007) struktur atas jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas untuk selanjutnya disalurkan ke bangunan bawah jembatan; bagian-bagian pada struktur bangunan atas jembatan terdiri atas struktur utama, sistem lantai, sistem

perletakan, sambungan siar muai dan perlengkapan lainnya; struktur utama bangunan atas jembatan dapat berbentuk pelat, gelagar, sistem rangka, gantung, jembatan kabel (*cable stayed*) atau pelengkung.

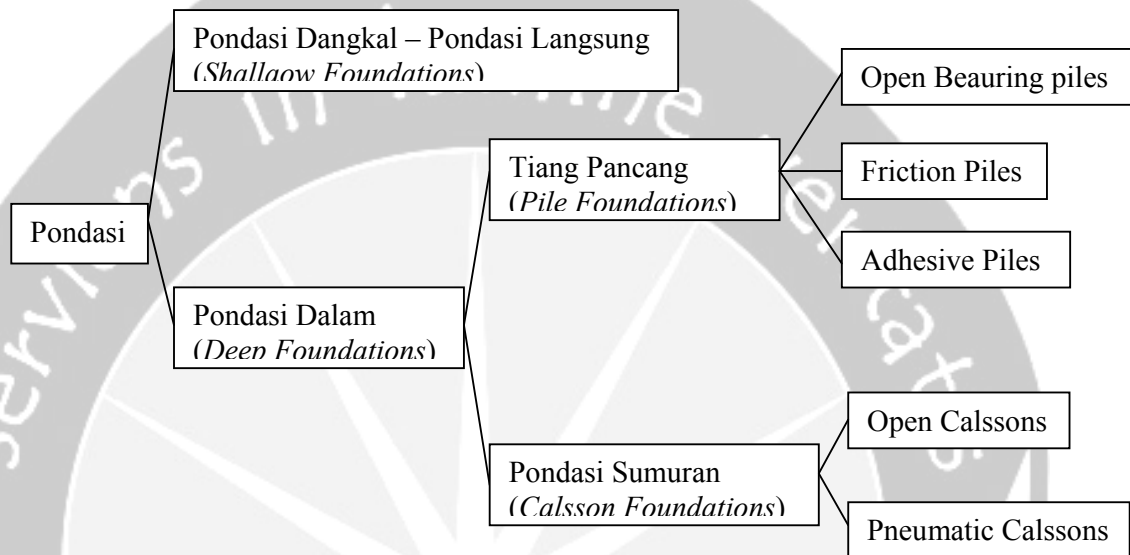


Gambar 2.12. Gelagar Baja Indonesia

Menurut (Siswanto,1993), struktur atas jembatan adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan ke arah perletakan. Struktur atas terdiri dari : gelagar-gelagar induk, struktur tumpuan atau perletakan, struktur lantai jembatan/kendaraan, penambahan arah melintang dan memanjang.

2.2.3. Pondasi

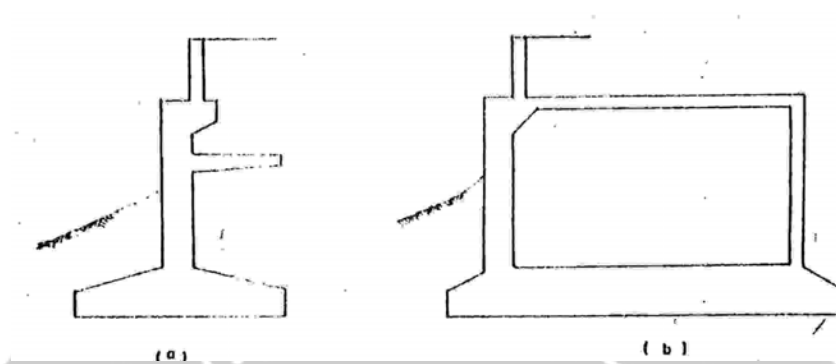
Macam – macam pondasi secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.13. Macam – macam pondasi secara umum

1. Pondasi dangkal – pondasi langsung (*Shallow Foundations*)

Pondasi langsung dipergunakan bila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban – beban di atasnya, terletak pada lokasi yang dangkal dari dasar sungai atau tanah setempat. (lihat gambar – gambar pondasi langsung dari abutment/pilar).



Gambar 2.14. Pondasi Langsung Pada Abutment

2. Pondasi dalam (*Deep Foundations*)

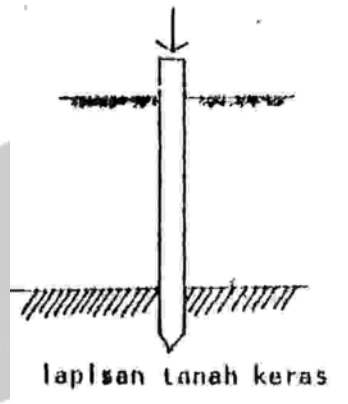
Pondasi dalam sering juga dinamakan pondasi tak langsung, alasannya ialah karena beban – beban yang akan diteruskan ke lapisan tanah yang mampu memikulakanya, letaknya dalam dari tanah setempat, sehingga terlebih dahulu harus disalurkan melewati suatu konstruksi penerus yang disebut pondasi tiang atau pondasi sumuran.

a. Pondasi Tiang Pancang

Jenis – jenis tiang pancang :

1) *Point bearing pile*

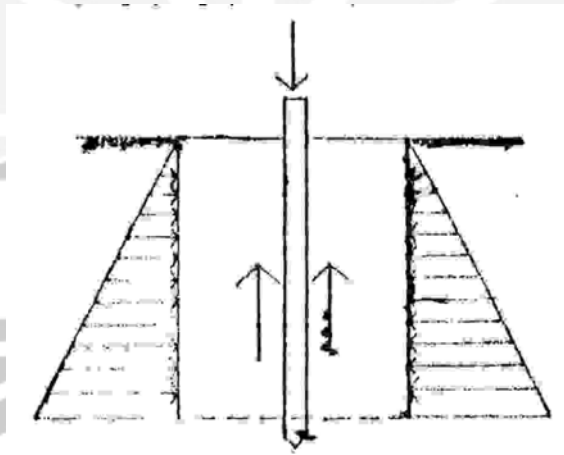
Point bearing pile dimaksudkan kekuatan tiang didasarkan pada daya dukung tanah (Gambar 2.18). Sering kali didalam perencanaan didapatkan daya dukung tersebut sangat besar sehingga akhirnya kekuatan tiang pancangnya sendiri yang lebih menentukan.



Gambar 2.15. *Point bearing piles*

2) *Friction piles*

Friction piles : jika tanah tersebut mengandung banyak pasir, maka akan bekerja gaya – gaya dari pasir tersebut. (Gambar 2.16)



Gambar 2.16. *Friction piles*

3) *Adhesive pile*

Jika tanah tersebut tanah liat, maka akan bekerja gaya – gaya lekatan.

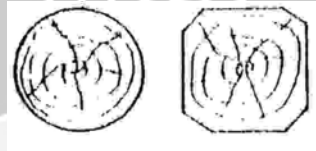
Tiang pancang demikian dinamakan *Adhesive pile*.

Bentuk dan material pondasi tiang pancang :

Material tiang pancang bias dari kayu, baja, beton bertulang, dan beton pratekan. Diberikan beberapa contoh untuk tiang pancang.

1) Tiang pancang kayu

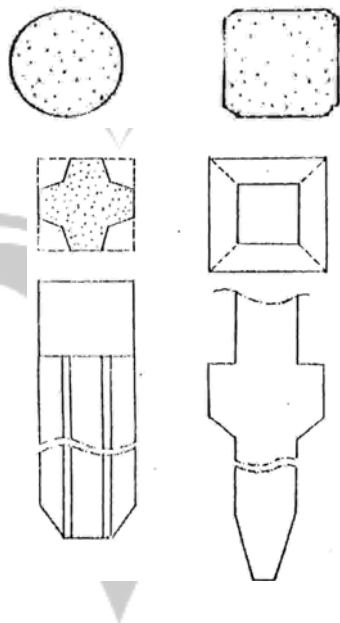
Pada umumnya bentuk tiang pancang ini bulat atau segi empat.



Gambar 2.17. Tiang Pancang Kayu

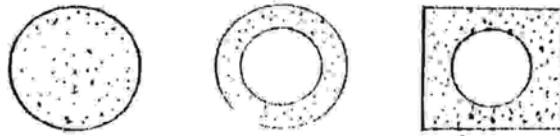
2) Tiang pancang beton bertulang

Paling banyak digunakan untuk pondasi tiang pada jembatan – jembatan di Indonesia.



Gambar 2.18. Tiang Pancang Beton Bertulang

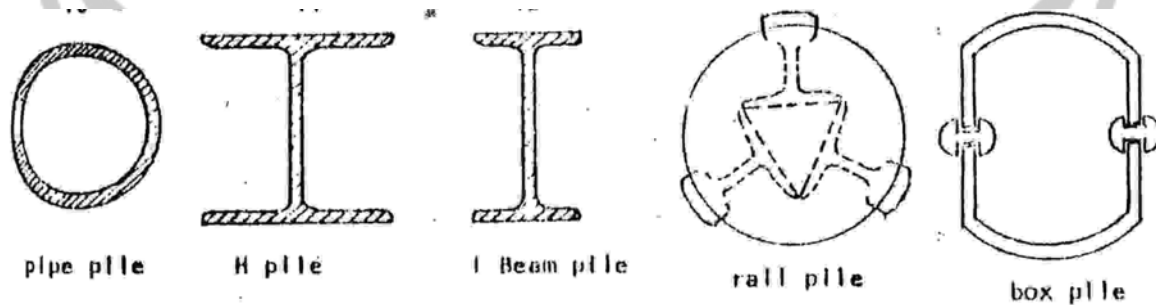
3) Tiang beton pratekan



Gambar 2.19. Tiang Beton Pratekan

4) Tiang Baja

Dilihat dari daya dukungnya tiang baja ini mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada tiang beton (untuk luas bidang kekuatan yang sama). Untuk tanah – tanah yang berpasir, tiang pancang baja lebih sesuai dari tiang beton. Pada umumnya bentuk tiang pancang baja adalah profile atau pipa (bentuk – bentuk ini yang banyak dilaksanakan untuk jembatan – jembatan di Indonesia).



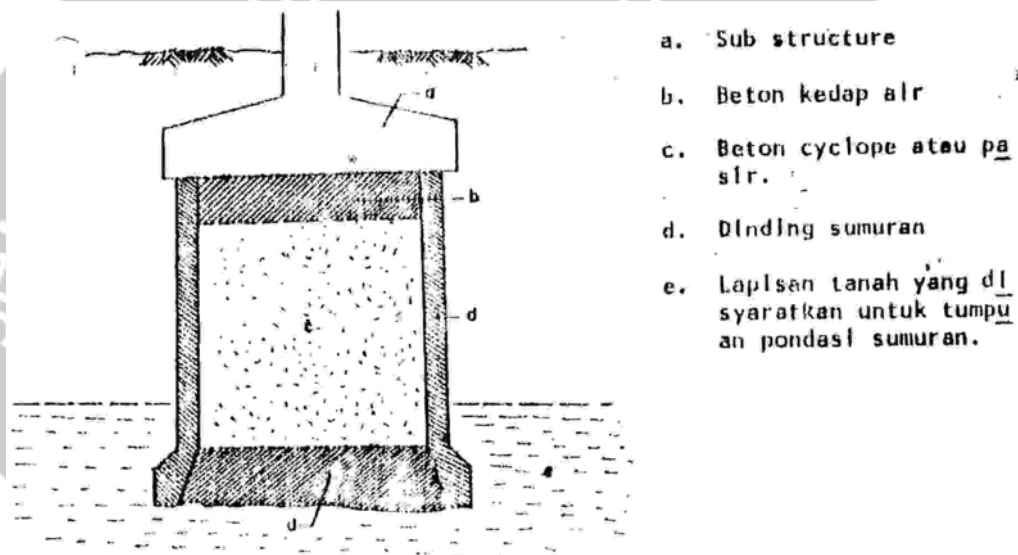
Gambar 2.20. Tiang Pancang Baja

b. Pondasi sumuran

Jenis – jenis pondasi sumuran :

1) *Open caissons*

Open caissons sering juga dinamakan *well foundation*. Dimaksudkan pondasi sumuran dimana tidak ada penutup atas maupun bawah selama dalam pelaksanaan. Gambar 2.21. Menunjukkan salah satu contoh *well foundation* yang sering dilaksanakan untuk pondasi – pondasi di Indonesia.

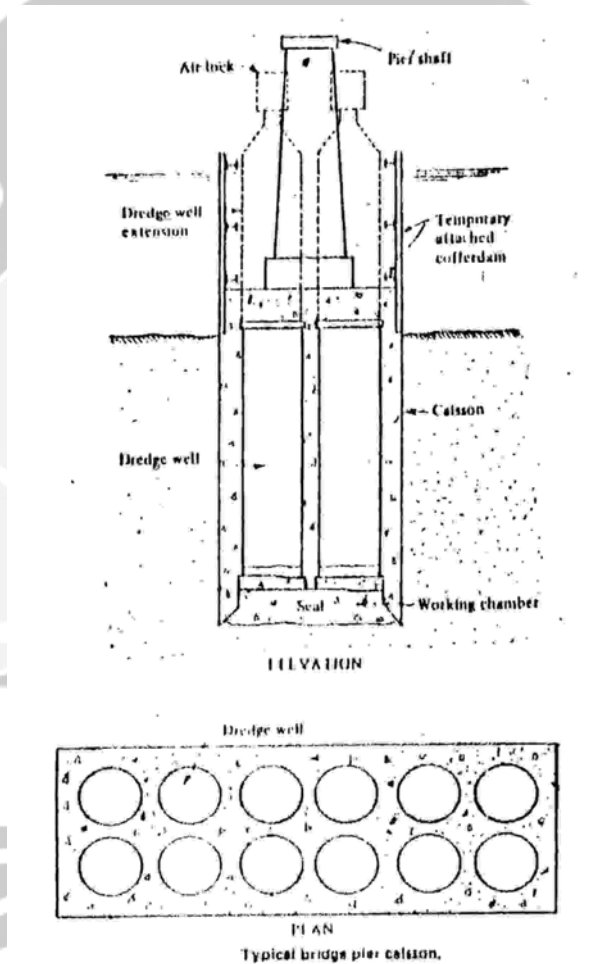


Gambar 2.21. *well foundation*

2) *Pneumatic caisson*

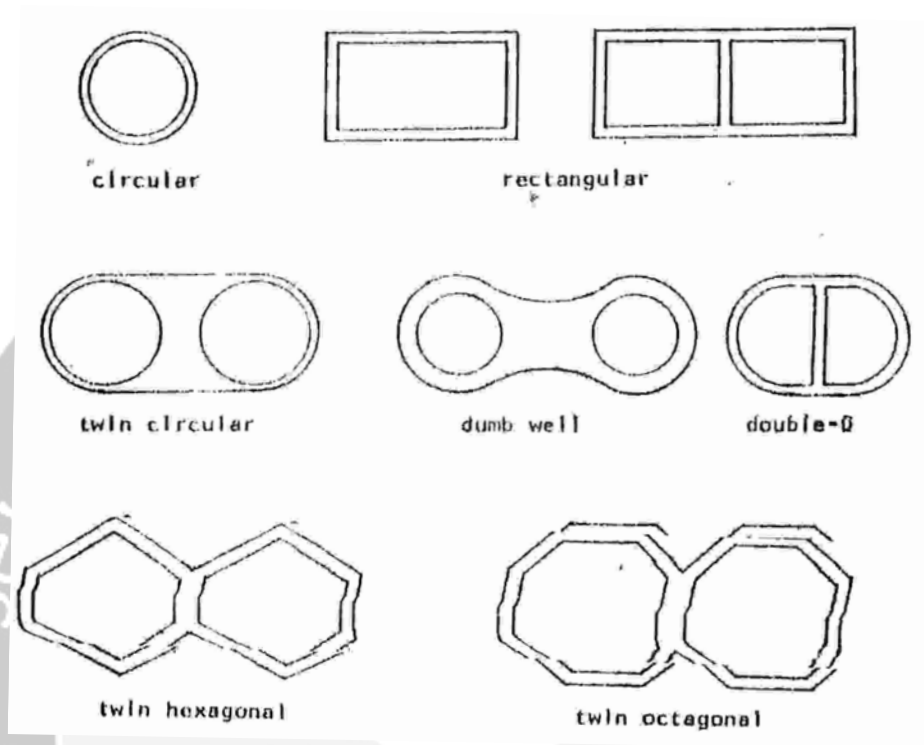
Pneumatic caisson adalah caisson dimana dilengkapi dengan konstruksi penutup didekat dasar caisson yang dapat diatur sedemikian rupa sehingga pekerja – pekerja dapat melaksanakan penggalian tanah di dasar sumuran di bawah konstruksi penutup tersebut.

Pondasi ini kebanyakan dilaksanakan pada jembatan dimana kondisi air sungainya sangat tinggi sehingga tidak mungkin bias dibuat pembendung air (kistdam) secara tersendiri.



Gambar 2.22. *Pneumatic caisson*

Bentuk dan material pondasi sumuran :



Gambar 2.23. Bentuk Pondasi Sumuran

2.2.4. Bangunan pengaman

Menurut (Siswanto,1993), merupakan bangunan yang diperlukan untuk pengamanan jembatan terhadap lalu lintas darat, lalu lintas air, penggerusan dan lain-lain.

Bangunan pelengkap pada jembatan adalah bangunan yang merupakan pelengkap dari konstruksi jembatan yang fungsinya untuk pengamanan terhadap struktur jembatan secara keseluruhan dan keamanan terhadap pemakai jalan. Macam-macam bangunan pelengkap:

1. Saluran drainase

Terletak di kanan-kiri *abutment* dan di sisi kanan-kiri perkerasan jembatan. Saluran drainase berfungsi untuk saluran pembuangan air hujan diatas jembatan,



Gambar 2.24. Saluran drainase

2. Jalan Pendekat (oprit)

Menurut Pranowo dkk (2007), jalan pendekat adalah struktur jalan yang menghubungkan antara suatu ruas jalan dengan struktur jembatan; bagian jalan pendekat ini dapat terbuat dari tanah timbunan, dan memerlukan pemadatan yang khusus, karena letak dan posisinya yang cukup sulit untuk dikerjakan, atau dapat juga berbentuk struktur kaki seribu (*pile slab*), yang berbentuk pelat yang disangga oleh balok kepala di atas tiang-tiang.

Permasalahan utama pada timbunan jalan pendekat yaitu sering terjadinya penurunan atau deformasi pada ujung pertemuan antara struktur perkerasan jalan terhadap ujung kepala jembatan. Hal ini disebabkan karena (Admin, 2009) :

- a) Pemadatan yang kurang sempurna pada saat pelaksanaan, akibat tebal pemadatan tidak mengikuti ketentuan pelaksanaan atau kadar air optimum tidak terpenuhi.
- b) Karena air mengalir keluar, dimana terjadi kapilerisasi pada lapisan atau kelurusan air melalui saluran drainase sehingga ada perubahan tegangan efektif.
- c) Pemadatan lapisan timbunan jalan pendekat yang berlebih, dimana terjadi perubahan kadar air yang mengakibatkan pengembangan lapisan tanah yang dapat mendesak permukaan perkerasan ke atas.



Gambar 2.25. Kerusakan Pada Oprit Jembatan Tol Kapuas

3. Talud

Talud mempunyai fungsi utama sebagai pelindung *abutment* dari aliran air sehingga sering disebut talud pelindung terletak sejajar dengan arah arus sungai.



Gambar 2.26. Talut

4. *Guide post*/patok penuntun

Patok Penuntun berfungsi sebagai penunjuk jalan bagi kendaraan yang akan melewati jembatan, biasanya diletakkan sepanjang panjang oprit jembatan.



Gambar 2.27. Patok Penuntun

5. Lampu penerangan

Menurut Departement Pekerjaan Umum (1992) tentang spesifikasi lampu penerangan jalan perkotaan, Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan/dipasang di kiri/kanan jalan

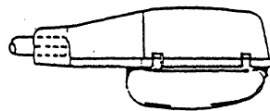
dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan disekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (intersection), jalan layang (interchange, overpass, fly over), jembatan dan jalan di bawah tanah (underpass, terowongan).

Beberapa fungsi dari Lampu Penerangan Jalan antara lain :

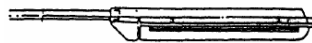
- a. untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara, khususnya untuk mengantisipasi situasi perjalanan pada malam hari.
- b. memberi penerangan sebaik-baiknya menyerupai kondisi di siang hari.
- c. untuk keamanan lingkungan atau mencegah kriminalitas.
- d. untuk memberikan kenyamanan dan keindahan lingkungan jalan.

Bentuk/Dimensi dan Struk-tur Lampu Penerangan Jalan

Lampu Penerangan Jalan berdasarkan Jenis sumber cahaya :



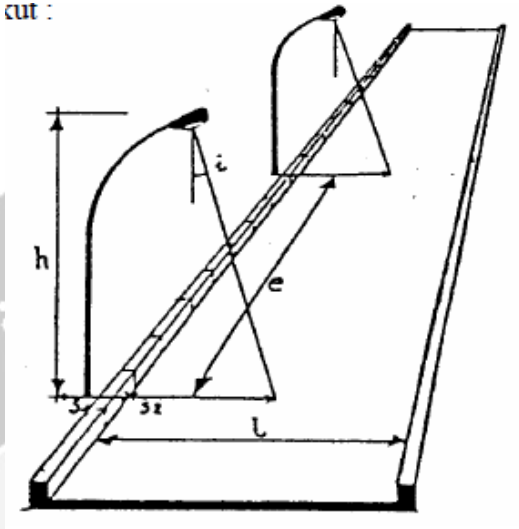
Gambar 2.28. Lampu Merkuri



Gambar 2.29. Lampu Sodium

Gambaran umum perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan adalah sebagai berikut :

cut :



Gambar 2.30. Gambaran umum perencanaan dan penempatan lampu penerangan

jalan

Keterangan gambar :

H = tinggi tiang lampu

L = lebar badan jalan, termasuk median jika ada

e = jarak interval antar tiang lampu

s_1+s_2 = proyeksi kerucut cahaya lampu

s_1 = jarak tiang lampu ke tepi perkerasan

s_2 = jarak dari tepi perkerasan ke titik penyinaran terjauh,

i = sudut inklinasi pencahayaan/penerangan

6. Trotoar

Trotoar adalah jalur pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan untuk menjamin keamanan pejalan kaki yang bersangkutan. Para pejalan kaki berada pada posisi yang

lemah jika mereka bercampur dengan kendaraan, maka mereka akan memperlambat arus lalu lintas. Oleh karena itu, salah satu tujuan utama dari manajemen lalu lintas adalah berusaha untuk memisahkan pejalan kaki dari arus kendaraan bermotor, tanpa menimbulkan gangguan-gangguan yang besar terhadap aksesibilitas dengan pembangunan trotoar (Wikipedia, 2009).



Gambar 2.31. Trotoar di Jl Jend. Basuki Rahmad, Surabaya Jawa Timur

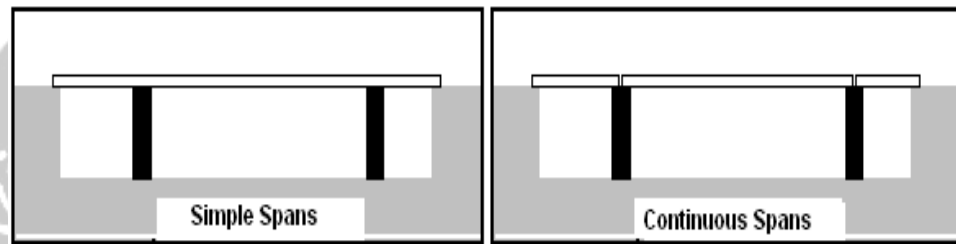
2.3. Bentuk dan Tipe Jembatan

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

Secara garis besar terdapat sembilan macam perencanaan jenis jembatan yang dapat digunakan, yaitu :

1. Jembatan balok (*beam bridge*)

Jembatan balok adalah jenis jembatan yang paling sederhana yang dapat berupa balok dengan perletakan sederhana (*simple spans*) maupun dengan perletakan menerus (*continuous spans*).



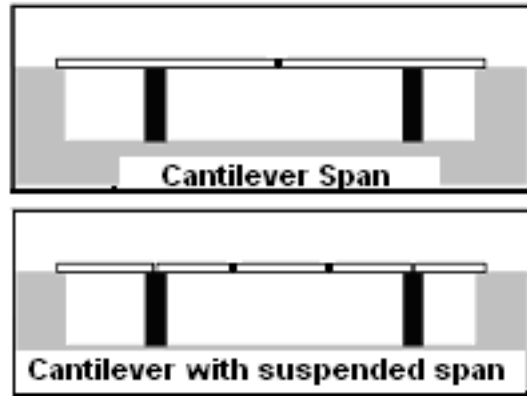
Gambar 2.32. Jembatan Balok Tipe Sederhana Dan Menerus

Jembatan balok terdiri dari struktur berupa balok yang didukung pada kedua ujungnya, baik langsung pada tanah/batuan atau pada struktur vertikal yang disebut pilar atau *pier*. Jembatan balok tipe *simple spans* biasa digunakan untuk jembatan dengan bentang antara 15 meter samapai 30 meter dimana untuk bentang yang kecil sekitar 15 meter menggunakan baja (*rolled-steel*) atau beton bertulang dan bentang yang berkisar sekitar 30 meter menggunakan beton prategang.

2. Jembatan kantilever (*cantilever bridges*)

Jembatan kantilever adalah merupakan pengembangan jembatan balok. Tipe jembatan kantilever ini ada dua macam yaitu tipe *cantilever* dan tipe *cantilever with suspended spans* sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.23. Pada jembatan kantilever, sebuah pilar atau tower dibuat masing-masing sisi bagian yang akan disebrangi dan jembatan dibangun menyamping berupa

kantilever dari masing-masing tower. Pilar atau tower ini mendukung seluruh beban pada lengan kantilever.

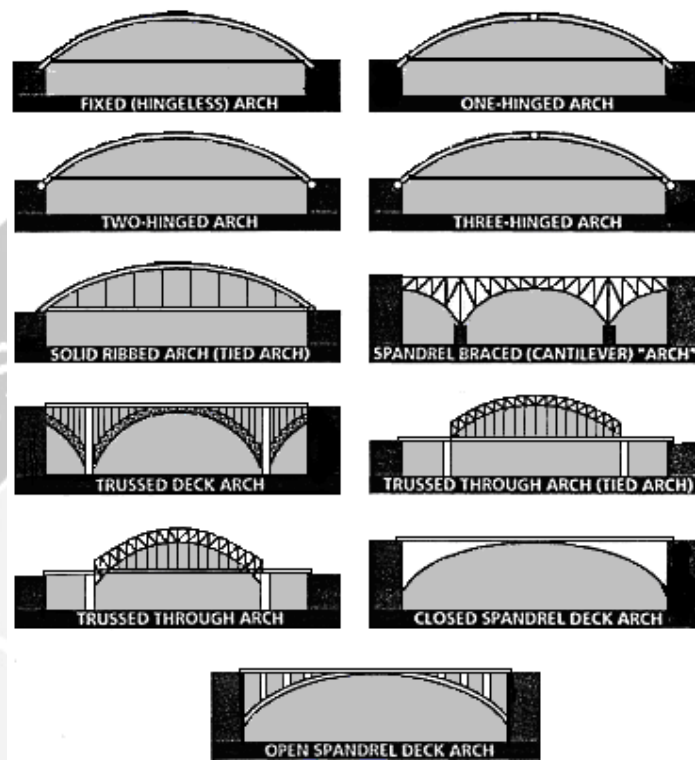


Gambar 2.33. Jembatan Kantilever Tipe *Cantilever* Dan *Cantilever With Span*

Selama pembuatan jembatan kantilever sudah mendukung sendiri beban-beban yang bekerja. Jembatan kantilever biasanya dipilih apabila situasi atau keadaan tidak memungkinkan pengguna *scaffolding* atau pendukung-pendukung sementara yang lain karena sulitnya kondisi dilapangan. Jembatan kantilever dapat digunakan untuk jembatan dengan bentang antara 400 m samapai 500 m. Umumnya konstruksi jembatan kantilever berupa *box girder* dengan bahan beton prestress pracetak.

3. Jembatan lengkung (*arch bridge*)

Jembatan lengkung adalah suatu tipe jembatan yang menggunakan prinsip kestabilan dimana gaya-gaya yang bekerja di atas jembatan di transformasikan ke bagian akhir lengkung atau *abutment*. Sebagaimana dapat dilihat pada gamabar 2.34. Jembatan Lengkung dapat dibagi menjadi 11 macam yaitu :



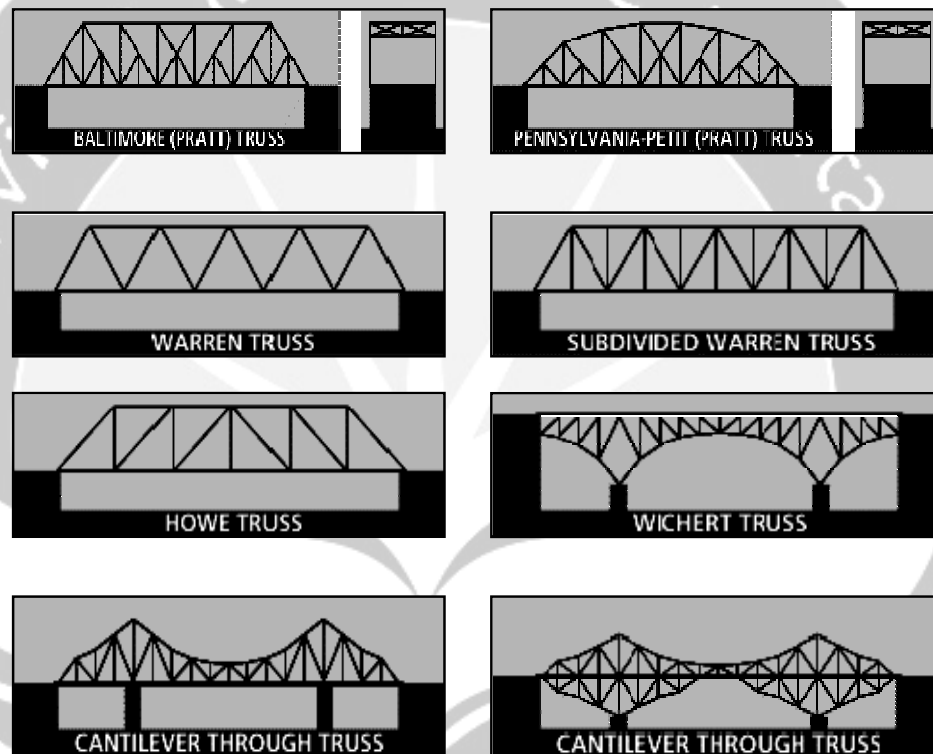
Gambar 2.34. Tipe-Tipe Jembatan Lengkung

Jembatan lengkung dapat dibuat dari bahan batu, bata, kayu, besi cor, baja maupun beton bertulang dan dapat digunakan untuk bentang yang kecil maupun bentang yang besar. Jembatan lengkung tipe *closed spandrel deck arch* biasa digunakan untuk bentang hanya sekitar 0.5 m sampai 2 m dan biasa disebut dengan gorong-gorong. Untuk bentang besar jembatan lengkung dapat digunakan untuk bentang sampai 500 m.

4. Jembatan rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dibuat dari struktur rangka yang biasanya terbuat dari bahan baja dan dibuat dengan menyambung beberapa batang dengan las atau baut

yang membentuk pola-pola segitiga. Jembatan rangka biasanya digunakan untuk bentang 20 m sampai 375 m. Ada banyak tipe jembatan rangka yang dapat digunakan diantaranya sebagai berikut seperti ditunjukkan pada gambar 2.35.

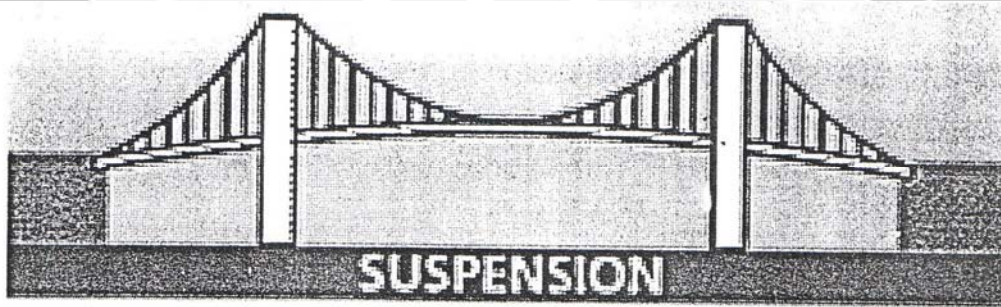


Gamabar 2.35. Tipe-Tipe Jembatan Rangka

5. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Jembatan gantung terdiri dari dua kabel besar atau kabel utama yang menggantung dari dua pilar atau tiang utama dimana ujung-ujung kabel tersebut diangkurkan pada fondasi yang biasanya terbuat dari beton. Dek

jembatan digantungkan pada kabel utama dengan menggunakan kabel-kabel yang lebih kecil ukurannya. Pilar atau tiang dapat terbuat dari beton atau rangka baja. Struktur dek dapat terbuat dari beton atau rangka baja. Kabel utama mendukung beban struktur jembatan dan mentransfer beban tersebut ke pilar utama dan ke angkur. Jembatan gantung merupakan jenis jembatan yang digunakan untuk betang-bentang besar yaitu antara 500 m sampai 2000 m atau 2 km. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.36

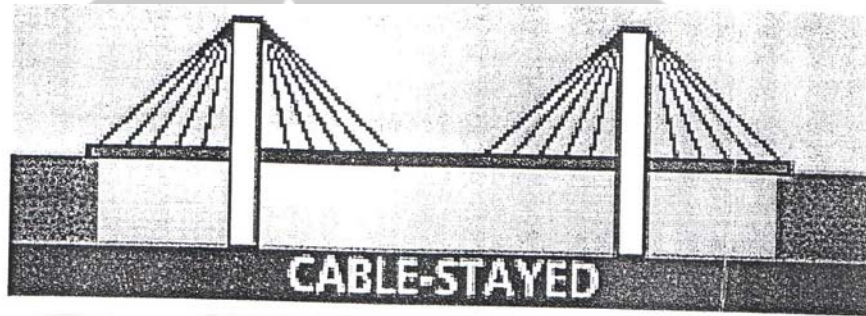


Gambar 2.36. Jembatan Gantung

6. Jembatan kabel (*cable stayed bridge*)

Jembatan kabel merupakan suatu pengembangan dari jembatan gantung dimana terdapat juga dua pilar atau tower. Akan tetapi pada jembatan kabel dek jembatan langsung dihubungkan ke tower dengan menggunakan kabel-kabel yang membentuk formasi diagonal sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.37. Kalau pada jembatan gantung struktur dek dapat terbuat dari

rangka baja maupun beton, pada jembatan kabel umumnya deknya terbuat dari beton.



Gambar 2.37. Jembatan Kabel (*cable stayed bridge*)

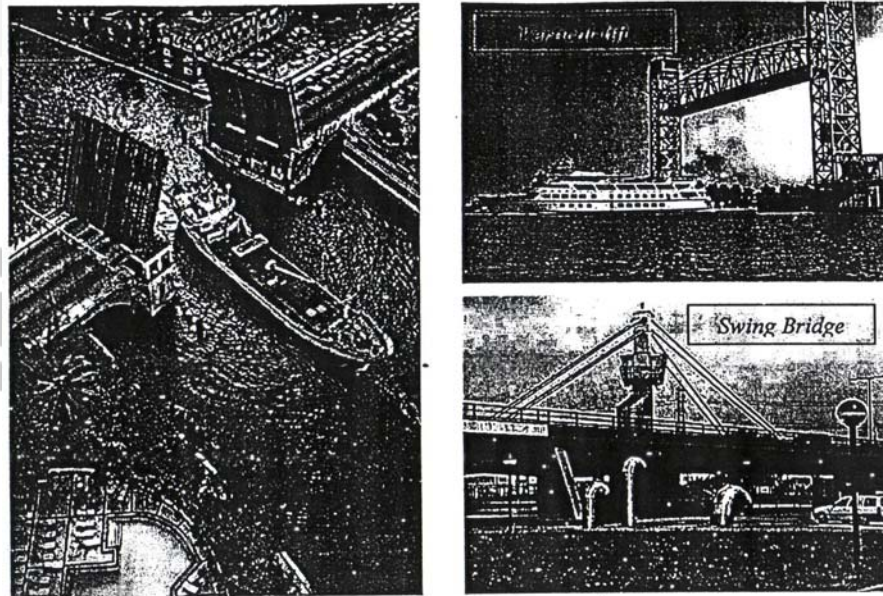
Jembatan kabel ini juga digunakan untuk bentang-bentang besar tetapi tidak sebesar bentang pada jembatan gantung. Besar bentang maksimum untuk jembatan kabel sekitar 500 m sampai 900 m.

7. Jembatan bergerak (*movable bridges*)

Jembatan bergerak biasanya dibuat pada sungai dimana kapal besar yang lewat memerlukan ketinggian yang cukup tetapi pembuatan jembatan dengan pilar sangat tinggi dianggap tidak ekonomis. Ada tiga macam tipe jembatan bergerak yaitu:

- 1) jembatan terbuka (*bascule bridges*),
- 2) jembatan terangkat vertikal (*vertical lift bridges*),
- 3) jembatan berputar (*swing bridges*).

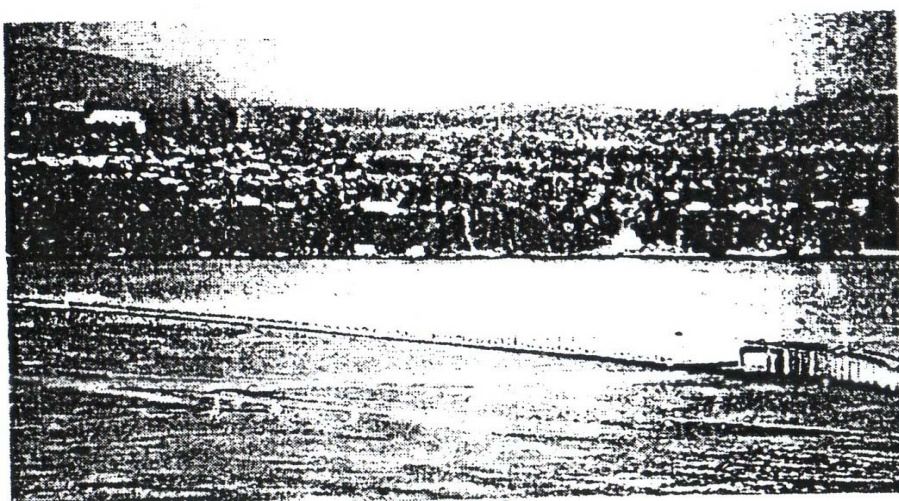
Jembatan terbuka atau *bascule bridges* biasanya digunakan untuk bentang yang tidak terlalu panjang dengan bentang maksimum 100 m. Jembatan terangkat vertikal atau *vertical lift bridges* biasanya digunakan untuk bentang yang lebih panjang yaitu sekitar 175 m, tetapi jarak bersih yang didapat tergantung dari seberapa tinggi jembatan dapat dinaikan. Pada umumnya ketinggian maksimum untuk mendapatkan jarak bersih adalah sekitar 40 m. Jembatan berputar mempunyai keuntungan karena kapal yang akan lewat tidak dibatasi ketinggiannya. Jembatan berputar dapat digunakan dengan bentang sampai dengan 160 m. Contoh jembatan bergerak dapat dilihat pada gambar 2.38.



Gambar 2.38. Jembatan Bergerak

8. Jembatan terapung (*floating bridges*)

Jembatan terapung dibuat dengan mengikatkan dek jembatan pada ponton-ponton sebagaimana dilihat pada gambar 2.39. Ponton-ponton ini biasanya jumlahnya banyak sehingga jika salah satu ponton terjadi kebocoran maka tidak begitu mempengaruhi atau membahayakan kestabilan jembatan apung secara keseluruhan. Kemudian ponton yang terjadi kebocoran ini dapat diperbaiki.



Gambar 2.39. Jembatan Terapung

Jembatan terapung pada mulanya banyak digunakan sebagai jembatan sementara oleh militer. Akan tetapi kini jembatan terapung banyak digunakan apabila kedalaman air yang akan dibuat jembatan cukup dalam dan kondisi tanah dasar sangat jelek sehingga sangat sulit untuk membuat fondasi

jembatan. Saat ini ponton-ponton yang digunakan pada jembatan terapung dapat dibuat dari beton dimana bentang total dapat mencapai sebesar 2 km.

9. Jembatan kombinasi (*combination bridges*)

Jembatan kombinasi adalah jembatan yang menggunakan lebih dari satu jenis jembatan. Hal ini terutama untuk jembatan dengan bentang sangat besar dimana penggunaan satu jenis jembatan tidak ekonomis.

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007), jembatan yang berkembang hingga saat ini dapat diklasifikasikan dalam beberapa bentuk struktur atas jembatan, seperti yang diuraikan berikut ini.

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

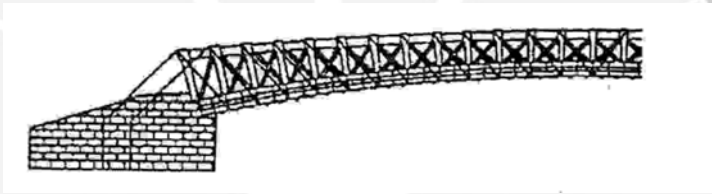
Jembatan pelengkung (busur) dari bahan batu, telah ditemukan pada masa Babylonia. Pada perkembangannya jembatan jenis ini semakin banyak ditinggalkan, jadi saat ini hanya berupa sejarah.



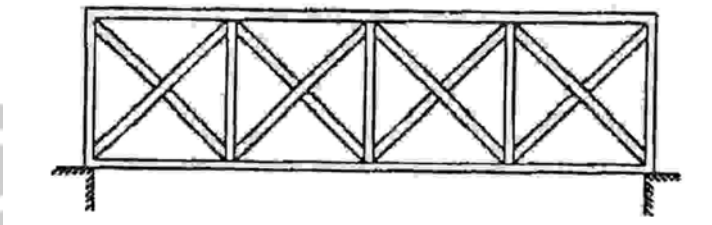
Gambar 2.40. Jembatan Pelengkung Dari Batu (*Stone Arch Bbridge*) Di
Minneapolis

2. Jembatan rangka (*truss bridge*)

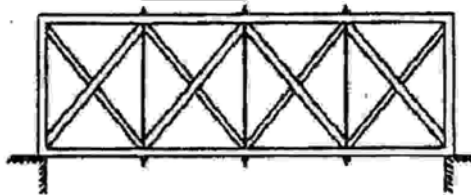
Jembatan rangka dapat terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Jembatan rangka kayu, hanya terbatas untuk mendukung beban yang tidak terlalu besar. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka menggunakan rangka baja, dan dibuat dengan menyambung beberapa batang dengan las atau baut yang membentuk pola-pola segitiga. Jembatan rangka biasanya digunakan untuk bentang 20 m sampai 375 m. Ada banyak tipe jembatan rangka yang dapat digunakan diantaranya sebagai berikut :



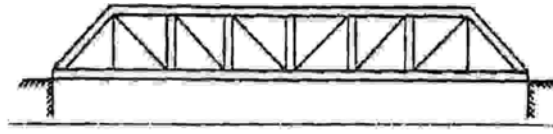
Gambar 2.41. Jembatan Tipe Rangka Kayu (*wooden truss*)



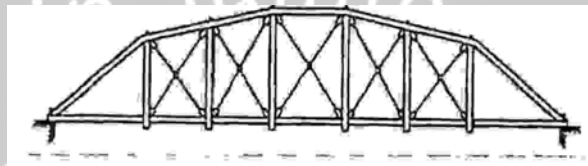
Gambar 2.42. Jembatan Rangka Baja Tipe *King-Post*



Gambar 2.43. Jembatan Rangka Baja Tipe *Howe*



Gambar 2.44. Jembatan Rangka Baja Tipe *Pratt*



Gambar 2.45. Jembatan Rangka Baja Tipe *Arch*

3. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

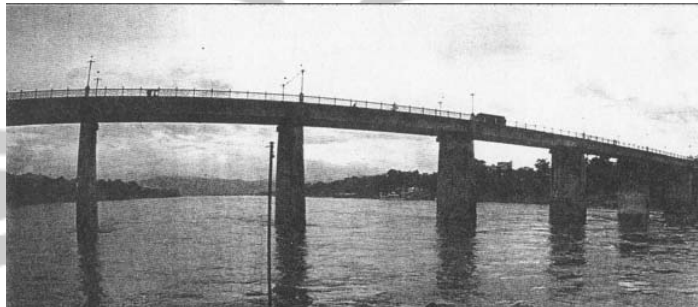
Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kebutuhan transportasi, manusia mengembangkan tipe jembatan gantung, yaitu dengan memanfaatkan kabel-kabel baja. Tipe ini sering digunakan untuk jembatan bentang panjang. Pertimbangan pemakaian tipe jembatan gantung adalah dapat dibuat untuk bentang panjang tanpa pilar ditengahnya. Jembatan gantung merupakan jenis jembatan yang digunakan untuk bentang-bentang besar yaitu antara 500 m sampai 2000 m atau 2 km.



Gambar 2.46. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

4. Jembatan beton (*concrete bridge*)

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



Gambar 2.47. Jembatan Beton Prategang *Napa River*

5. Jembatan haubans/ *cable stayed*

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

merupakan keunggulan jembatan tipe ini. Besar bentang maksimum untuk jembatan kabel sekitar 500 m sampai 900 m.



Gambar 2.48. Jembatan Kabel

2.4. Klasifikasi Jembatan

Karena sangat pentingnya, maka jembatan harus dibuat cukup kuat dan tahan, tidak mudah rusak. Kerusakan pada jembatan dapat menimbulkan gangguan terhadap kelancaran lalu lintas jalan, terlebih di jalan yang lalu lintasnya padat seperti di jalan utama, di kota dan daerah ramai lainnya.

Bina Marga (1991) menyusun beberapa macam tipe bangunan atas jembatan dari suatu jembatan beton bertulang yaitu :

1. Jembatan tipe pelat beton.
2. Jembatan tipe balok T.
3. Jembatan tipe balok komposit.

Menurut Siswanto (1999), jembatan dapat diklasifikasikan menjadi bermacam-macam jenis/tipe menurut fungsi, keberadaan, material yang dipakai, jenis lantai kendaraan dan lain-lain seperti berikut :

1. Klasifikasi jembatan menurut keberadaannya (tetap/dapat digerakkan)

a. Jembatan tetap, dapat terbuat dari :

- 1) jembatan kayu,
- 2) jembatan baja,
- 3) jembatan beton bertulang balok T,
- 4) jembatan pelat beton,
- 5) jembatan komposit,
- 6) jembatan beton prategang,
- 7) jembatan batu.

b. Jembatan yang dapat digerakkan (umumnya dari baja) dibagi menjadi :

1) Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar, seperti:

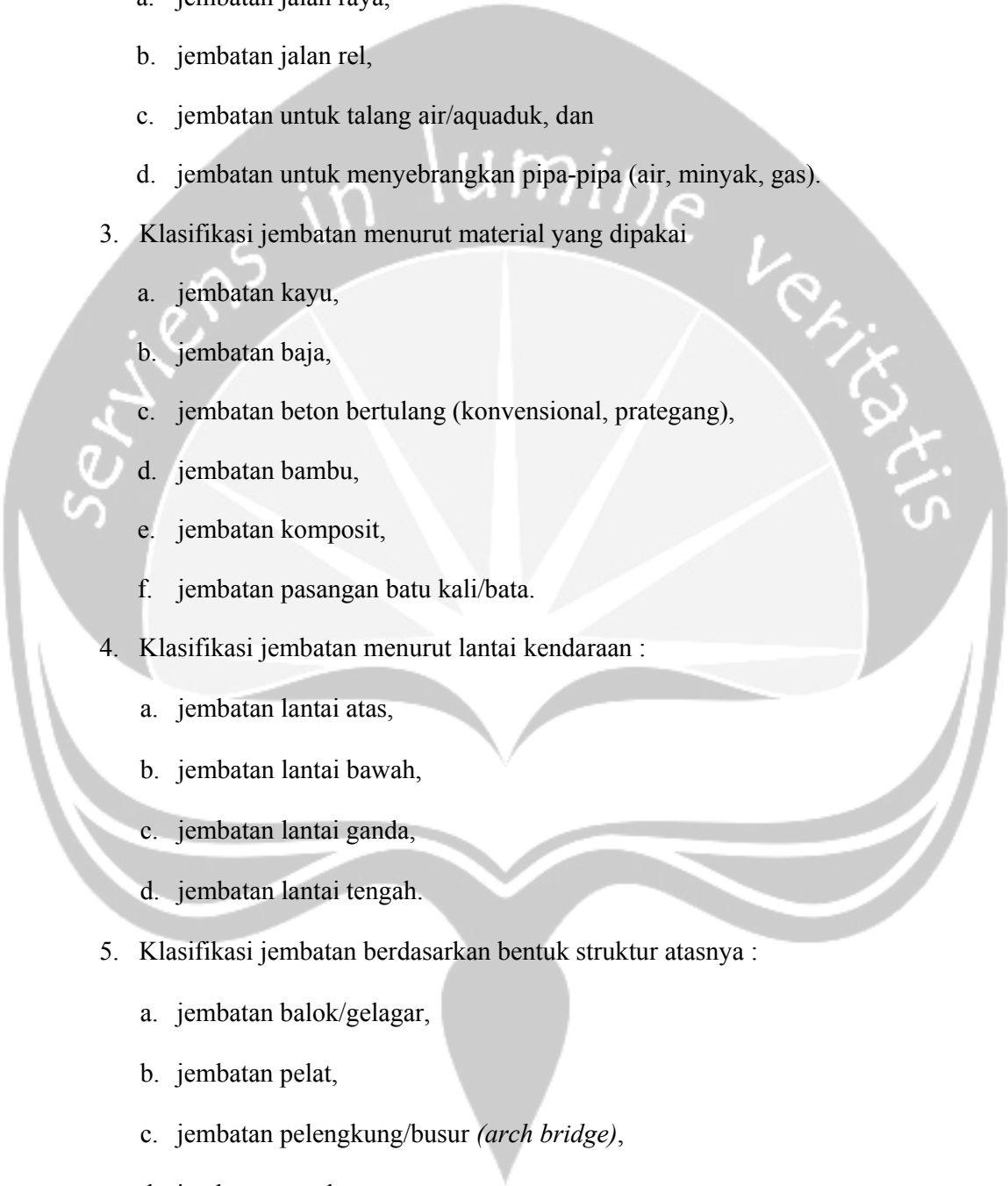
- a) jembatan angkat
- b) jembatan baskul
- c) jembatan lipat *strauss*.

2) Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar dan yang dapat berpindah sejajar mendatar,

3) Jembatan yang dapat berputar di atas poros tegak atau jembatan putar,

4) Jembatan yang dapat bergeser kearah tegak lurus atau mendatar :

- a) jembatan angkat,
- b) jembatan beroda,
- c) jembatan goyah.

- 
2. Klasifikasi jembatan menurut fungsinya :
 - a. jembatan jalan raya,
 - b. jembatan jalan rel,
 - c. jembatan untuk talang air/aquaduk, dan
 - d. jembatan untuk menyebrangkan pipa-pipa (air, minyak, gas).
 3. Klasifikasi jembatan menurut material yang dipakai
 - a. jembatan kayu,
 - b. jembatan baja,
 - c. jembatan beton bertulang (konvensional, prategang),
 - d. jembatan bambu,
 - e. jembatan komposit,
 - f. jembatan pasangan batu kali/bata.
 4. Klasifikasi jembatan menurut lantai kendaraan :
 - a. jembatan lantai atas,
 - b. jembatan lantai bawah,
 - c. jembatan lantai ganda,
 - d. jembatan lantai tengah.
 5. Klasifikasi jembatan berdasarkan bentuk struktur atasnya :
 - a. jembatan balok/gelagar,
 - b. jembatan pelat,
 - c. jembatan pelengkung/busur (*arch bridge*),
 - d. jembatan rangka,
 - e. jembatan gantung (*suspension bridge*),
 - f. jembatan *cable stayed*.

6. Klasifikasi jembatan berdasarkan lamanya waktu penggunaan

a. Jembatan sementara/darurat, merupakan jembatan yang penggunaannya hanya bersifat sementara, sampai terselesaikannya pembangunan jembatan permanen, yang berupa :

- 1) jembatan kayu,
- 2) jembatan *balley/acrow, transpanel* (Australia)

b. Jembatan semi permanen yaitu jembatan sementara yang dapat ditingkatkan menjadi jembatan permanen, misalnya dengan cara mengganti lantai jembatan dengan bahan/material yang lebih baik/awet, sehingga kapasitas serta umur jembatan menjadi bertambah baik.

c. Jembatan permanen, merupakan jembatan yang penggunaannya bersifat permanen serta direncanakan mempunyai umur pelayanan tertentu (misal dengan umur rencana 50 tahun) :

- 1) jembatan baja tipe Australia,
- 2) jembatan baja Belanda,
- 3) jembatan baja Austria,
- 4) jembatan baja tipe Callender Hamilton,
- 5) jembatan komposit,
- 6) jembatan beton.

7. Klasifikasi jembatan berdasarkan perilaku seismik daktailnya

Klasifikasi ini berdasarkan peraturan jembatan menurut *Bridge Management System* 1992. Jembatan (tidak termasuk pangkal) dapat dikelompokkan untuk

maksud perencanaan dan pendetailan kedalam empat jenis struktur sesuai dengan perilaku seismik daktailnya adalah sebagai berikut:

a. Jembatan kelas A, adalah daktail penuh dan monolitik, dan mempunyai karakteristik berikut:

1. bangunan atas menerus, atau dengan sedikit mungkin sambungan yang harus direncanakan dengan pelat penghubung yang melepas pada gempa,
2. semua kolom pilar terikat dalam bangunan atas dan fondasi secara monolitik,
3. semua gaya lateral ditahan oleh lenturan kolom pilar,
4. bangunan atas dapat menggeser pada pangkal tetapi harus dicegah terhadap jatuh (yaitu menyediakan jarak lebih yang perlu atau penahan yang cukup)

b. Jembatan kelas B, adalah daktail penuh dan terpisah, dan mempunyai karakteristik berikut :

1. sambungan dalam bangunan atas dan antara bangunan atas dan pilar adalah diijinkan,
2. hubungan antara ujung bentang tersendiri (yang tidak perlu dibuat di atas pilar) dan antara bentang dan pilar didetail agar menampung deformasi dan gaya dari gempa rencana,
3. semua kolom pilar terikat dalam fondasi secara monolitik,
4. semua gaya lateral ditahan oleh lenturan kolom pilar,

5. bangunan atas dapat bergeser pada pangkal tetapi harus dicegah terhadap jatuh (yaitu menyediakan jarak lebih yang perlu atau penahan yang cukup)
- c. Jembatan kelas C, adalah tidak daktail dan mempunyai karakteristik berikut :
 1. umumnya terbatas pada jembatan kecil dengan satu atau dua bentang,
 2. tidak mempunyai daktilitas dalam daerah pasca-elastis dan direncanakan agar menahan gaya gempa dengan perilaku elastis,
 3. tidak ada pembatasan jenis struktural yang boleh digunakan
- d. Jembatan jenis lain, yaitu jembatan selain jenis A, B dan C, yang tidak menghasilkan mekanisme plastis yang pasti dan akan memerlukan analisis dinamik oleh ahli teknik khusus. Jembatan jenis ini mencakup:
 1. Jenis struktur khusus:
 - a) jembatan yang didukung oleh kabel,
 - b) jembatan lengkung (*arch bridge*),
 - c) jembatan yang menggunakan penyerapan energi khusus.
 2. Jembatan dengan geometrik khusus :
 - a) jembatan dengan pilar tinggi sedemikian sehingga massa pilar 20% lebih besar dari massa bagian bangunan atas yang menyambung pada beban inersia dipilar,
 - b) jembatan dimana kekakuan pilar berbeda lebih dari yang disyaratkan,
 - c) jembatan dengan bentang lebih dari 200 meter,
 - d) jembatan dengan kemiringan besar,

- e) jembatan dengan lengkung horisontal besar.
- 3. Jembatan pada lokasi runtuhan :
 - a) lokasi melalui atau dekat patahan aktif,
 - b) lokasi pada atau dekat lereng potensial tidak stabil,
 - c) fondasi pasir lepas,
 - d) fondasi tanah sangat lembek

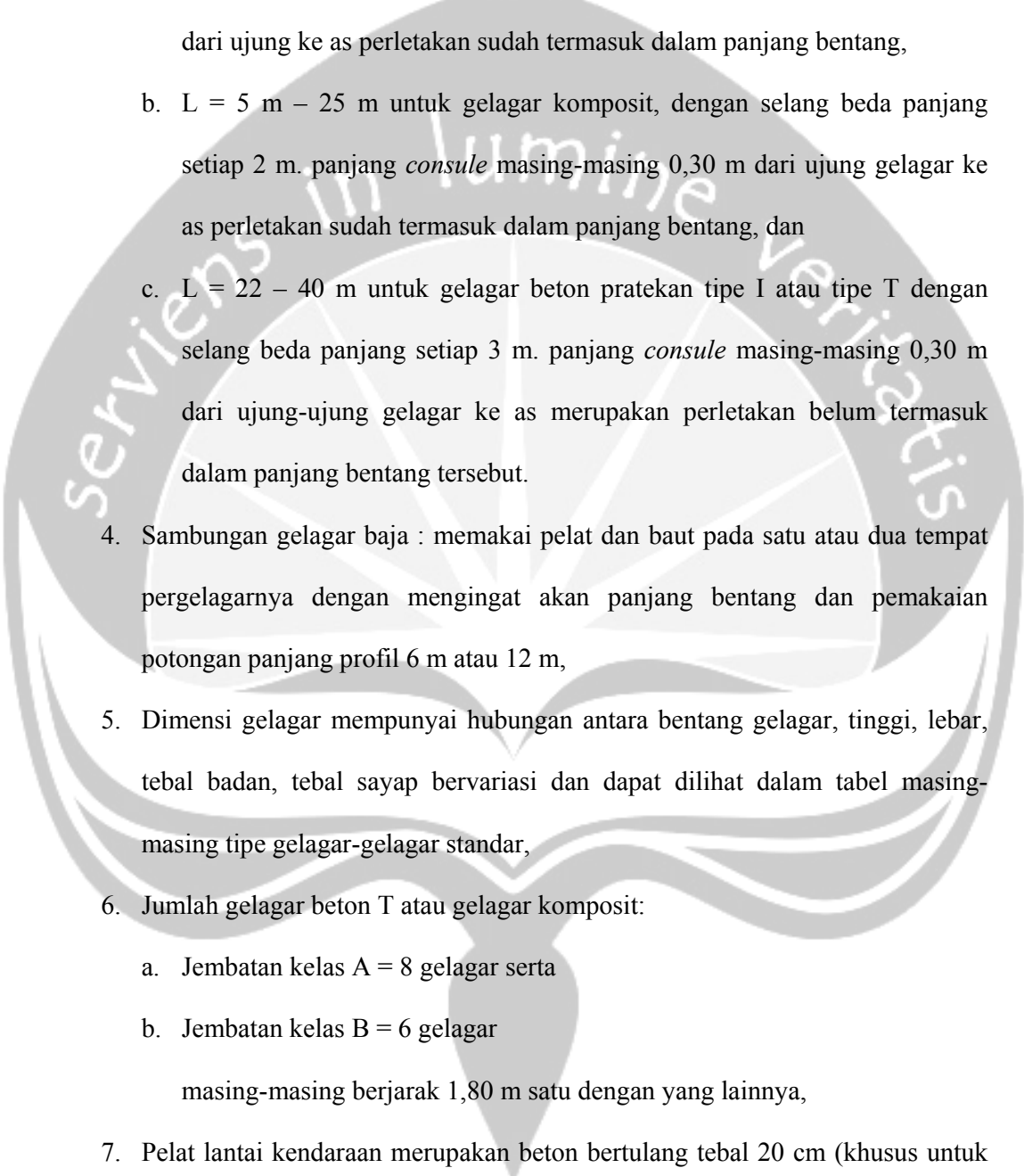
4. Jembatan sangat penting

Jembatan dengan kepentingan ekonomis tinggi mengingat biaya konstruksi tinggi atau akibat keruntuhan yang fatal.

2.4. Spesifikasi Jembatan

Spesifikasi jembatan menurut Bina Marga (modul *Bridge Design*, 1997) didasarkan unsur-unsur jembatan, seperti antara lain dimensi (panjang, lebar, tinggi), penulangan dan rincian lain yang diperlukan. Berikut beberapa spesifikasi jembatan standar antara lain:

1. Tipe bangunan atas, bagian-bagiannya dan macam bahan konstruksinya beton bertulang, beton pratekan, baja, bentuk I dan bentuk T,
2. Kelas jembatan menurut lebarnya:
 - a. Kelas A adalah $1+7+1 = 9$ m (lebar perkerasan aspal 7 m, lebar masing-masing trotoar 1m) serta
 - b. Kelas B adalah $0,5+6+0,5 = 7$ m (lebar perkerasan aspal 6 m, lebar masing-masing trotoar 0,5m).
3. Menurut panjang bentangnya antara lain:

- 
- a. $L = 5 \text{ m} - 25 \text{ m}$ untuk gelagar beton bertulang dengan bentuk T, dengan selang beda panjang setiap 1 m. panjang *consule* masing-masing 0,30 m dari ujung ke as perletakan sudah termasuk dalam panjang bentang,
 - b. $L = 5 \text{ m} - 25 \text{ m}$ untuk gelagar komposit, dengan selang beda panjang setiap 2 m. panjang *consule* masing-masing 0,30 m dari ujung gelagar ke as perletakan sudah termasuk dalam panjang bentang, dan
 - c. $L = 22 - 40 \text{ m}$ untuk gelagar beton pratekan tipe I atau tipe T dengan selang beda panjang setiap 3 m. panjang *consule* masing-masing 0,30 m dari ujung-ujung gelagar ke as merupakan perletakan belum termasuk dalam panjang bentang tersebut.
4. Sambungan gelagar baja : memakai pelat dan baut pada satu atau dua tempat pergelagarnya dengan mengingat akan panjang bentang dan pemakaian potongan panjang profil 6 m atau 12 m,
 5. Dimensi gelagar mempunyai hubungan antara bentang gelagar, tinggi, lebar, tebal badan, tebal sayap bervariasi dan dapat dilihat dalam tabel masing-masing tipe gelagar-gelagar standar,
 6. Jumlah gelagar beton T atau gelagar komposit:
 - a. Jembatan kelas A = 8 gelagar serta
 - b. Jembatan kelas B = 6 gelagarmasing-masing berjarak 1,80 m satu dengan yang lainnya,
 7. Pelat lantai kendaraan merupakan beton bertulang tebal 20 cm (khusus untuk lantai jembatan pada gelagar beton pratekan tipe I dengan penambahan panel pelat beton dasar sebagai acuan dengan tebal 7-8 cm),

8. Diafragma berfungsi sebagai pengikat antar gelagar dan letak tergantung pada panjang dan ukuran gelagar,
9. Perletakan digunakan jenis elastomer laminasi,
10. Pembebanan merupakan pedoman perencanaan jembatan jalan raya SKBI – 1.3.28.1987 yaitu kelas A dan kelas B 100% beban D (beban garis ditambah beban kejut) dan 100% beban T,
11. Metode perhitungan merupakan analisis tegangan kerja antara tegangan-tegangan yang terjadi mendekati tegangan yang diijinkan seekonomis mungkin. Peninjauan tegangan pada kondisi sebelum komposit dan sesudah komposit.

2.5. Beban yang Bekerja

Dalam Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, (PPJJR 1987), Departemen Pekerjaan Umum, dicantumkan bahwa pembebanan yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu jembatan sehingga pada pembebanan diberikan suatu faktor pengali beban kerja, berikut ini pembebanan untuk perancangan struktur jembatan adalah :

2.5.1. Beban primer.

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

2.5.2. Beban sekunder.

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

2.5.3. Beban khusus

Beban khusus merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan. Beban khusus meliputi gaya sentrifugal, gaya tumbuk pada jembatan layang, gaya dan beban selama pelaksanaan, gaya aliran air.

Beban yang bekerja pada struktur jembatan disesuaikan pada peraturan *Bridge Management System 1992*, yang meliputi Beban tetap yang terdiri dari beban sendiri dan beban mati tambahan.

