

**Buku Saku  
Petunjuk Konstruksi  
— Jembatan**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA  
DIREKTORAT PENGEMBANGAN KAWASAN PERMUKIMAN**

# KATA PENGANTAR

Kegiatan Infrastruktur Berbasis Masyarakat Direktorat Pengembangan Kawasan Permukiman (PISEW dan KOTAKU) pada prinsipnya merupakan kegiatan pembangunan dan peningkatan kualitas infrastruktur dasar baik di kawasan perdesaan maupun kawasan perkotaan yang dilaksanakan oleh kelompok masyarakat melalui pendekatan partisipatif. Untuk memastikan tercapainya kualitas hasil pembangunan infrastruktur yang sesuai dengan standar teknis dan penyelenggaraan IBM berjalan dengan baik, maka disusun pedoman bagi seluruh pemangku kepentingan, melalui Surat Edaran Direktur Jenderal Cipta Karya Nomor: 13/SE/DC/2022 tentang Pedoman Teknis Pelaksanaan Kegiatan Infrastruktur Berbasis Masyarakat Direktorat Jenderal Cipta Karya yang tata kelola pelaksanaannya dirincikan ke dalam Petunjuk Teknis Pelaksanaan Kegiatan PISEW dan KOTAKU.

Selaras dengan pedoman teknis dan petunjuk teknis pelaksanaan tersebut, maka telah disusun pula kumpulan buku saku yang bertujuan untuk mendukung kelancaran dan kemudahan bagi tim pelaksana di lapangan. Buku saku tersebut berisi rincian terkait mekanisme pengendalian, perencanaan dan pembangunan fisik yang terdiri dari:

1. Buku Saku Pengendalian Kegiatan PISEW;
2. Buku Saku Petunjuk Umum Konstruksi;
3. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jalan;
4. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan;
5. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Air Minum;
6. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Sanitasi;
7. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Drainase dan Irigasi;
8. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Bangunan Sederhana;
9. Buku Saku BKAD;

10. Buku Saku Penentuan Capaian Luas Kawasan Terlayani Infrastruktur Terbangun;
11. Buku Saku Pemanfaatan dan Pemeliharaan Infrastruktur Berbasis Masyarakat;
12. Buku Saku Sistem Informasi Manajemen dan Sistem Informasi Laporan Keuangan dan Aset kegiatan IBM Direktorat PKP.

Diharapkan dengan adanya kumpulan buku saku ini dapat menjadi panduan praktis bagi para pelaku kegiatan IBM Direktorat Pengembangan Kawasan Permukiman di lapangan, mulai dari tahap persiapan hingga pelaksanaan pembangunan infrastruktur sesuai pedoman/standar yang telah ditetapkan, serta dapat memberikan kontribusi positif terhadap penerapan aturan/kaidah teknis pada pembangunan infrastruktur berbasis masyarakat. Namun demikian, tim penulis tetap mengharapkan saran dan kritikan dari seluruh pemakai buku saku ini untuk penyempurnaan lebih lanjut secara substansi.

Jakarta, Maret 2022

**Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendalian Pusat  
Kegiatan IBM Direktorat PKP**

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I. PENGANTAR .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Sasaran.....	2
1.3 Landasan Dan Rujukan .....	3
II. PETUNJUK PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JEMBATAN PERDESAAN .....	5
4.1 Standar Umum Perencanaan .....	5
4.1.1 Data Perencanaan .....	5
4.1.2 Tahapan Perencanaan.....	8
4.1.3 Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	10
4.2 Standar Teknis Perencanaan .....	11
4.2.1 Konstruksi Bangunan Atas (Upperstructures) .....	12
4.2.2 Konstruksi Bangunan Bawah (Substructures) .....	23
4.2.3 Landasan dan Pondasi Jembatan .....	31
4.3 Persyaratan Teknis .....	32
4.3.1 Penyelidikan Tanah.....	32
4.3.2 Penggunaan hasil penyelidikan tanah .....	37
4.4 Bahan dan Material .....	48
4.4.1 Tanah .....	48
4.4.2 Agregat.....	55

4.4.3 Kayu .....	56
4.4.4 Baja .....	56
4.4.5 Beton .....	58
V. JENIS - JENIS KONSTRUKSI JEMBATAN PERDESAAN .....	60
5.1 Jembatan Kayu .....	61
5.2 Jembatan Beton .....	62
5.3 Jembatan Komposit .....	64
5.4 Jembatan Gantung.....	67
5.5 Jembatan Limpas.....	77
VI. PENUTUP .....	80

# DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Bagian-Bagian Jembatan .....	12
Gambar II.2	Konstruksi Bangunan Bawah Jembatan .....	24
Gambar II.3	Bentuk Umum Abutment .....	24
Gambar II.4	Pangkal Tembok Penahan Kantilever dengan Pondasi Langsung .....	27
Gambar II.5	Pangkal Tembok Penahan Kantilever pada Pondasi Tiang dengan Pondasi Langsung .....	29
Gambar II.6	Pangkal Tembok Penahan Kantilever dengan Pondasi Langsung dan Pondasi Tiang dengan Pondasi Langsung .....	29
Gambar II.7	Pangkal Tembok Gravitasi dengan Pondasi Langsung .....	30
Gambar II.8	Landasan Jembatan .....	31
Gambar II.9	Jenis Pondasi .....	37
Gambar II.10	Pondasi Langsung .....	38
Gambar II.11	Pondasi Tapak .....	38
Gambar II.12	Pondasi Sumuran .....	40
Gambar II.13	Pondasi Sumuran .....	40
Gambar II.14	Pondasi Tiang Bor .....	41
Gambar II.15	Pondasi Tiang Pancang Kayu .....	44
Gambar II.16	Rencana Pondasi Tiang Pancang Beton .....	45
Gambar II.17	Pondasi Tiang Pancang Beton .....	45
Gambar II.18	Teknis Pengecoran pada Berbagai Bidang .....	59
Gambar III.1	Jembatan Kayu .....	61
Gambar III.2	Jembatan Beton .....	63

Gambar III.3	Jembatan Beton.....	64
Gambar III.4	Jembatan Komposit.....	67
Gambar III.5	Jembatan Komposit Gelagar Baja Lantai Kayu dan Lantai Beton.....	67
Gambar III.6	Komponen Struktur Atas Jembatan Gantung .....	68
Gambar III.7	Penentuan Ketinggian Lantai Jembatan .....	70
Gambar III.8	Bentuk Menara/Pylon Jembatan Gantung .....	71
Gambar III.9	Penampang Melintang Kabel/Sling .....	72
Gambar III.10	Penampang Melintang Deck Jembatan .....	73
Gambar III.12	Pengukuran Tunnel Jembatan George Washington .....	74
Gambar III.11	Pengukuran Gravitasi Jembatan Akashi Kaikyo	74
Gambar III.13	Pemasangan Wire Rope Clip .....	76
Gambar III.14	Pemasangan Wire Rope Clip Menggunakan Roda Pulley .....	76
Gambar III.15	Pemasangan Splicing Wire Rope .....	77
Gambar III.16	Penggabungan Dua Wire Clip Tipe U Bolt dan Fist Grip .....	77
Gambar III.17	Ilustrasi Jembatan Limpas.....	78
Gambar III.18	Kemiringan Jembatan ke Arah Hilir.....	78
Gambar III.19	Kemiringan Jalan Masuk dan Keluar Jembatan Pelimpas .....	79
Gambar III.20	Foto Jembatan Limpas .....	79

# DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Jenis Bangunan Atas Jembatan.....	14
Tabel II.2	Jenis Bangunan Bawah Jembatan.....	25
Tabel II.3	Kedalaman Minimum Pondasi Telapak.....	39
Tabel II.4	Dimensi Pondasi Tipikal .....	47
Tabel II.5	Sifat-Sifat Agregat.....	55
Tabel II.6	Ketentuan Gradasi Agregat: .....	56
Tabel II.7	Mutu Beton.....	58
Tabel II.8	Bahan Konstruksi Jembatan.....	59
Tabel III.1	Dimensi Gelagar Kayu untuk Jembatan Beban Ringan.....	62
Tabel III.2	Dimensi Gelagar Besi untuk Jembatan Beban Ringan.....	66
Tabel III.3	Ukuran <i>Wire Rope Clip</i> .....	75



*Utamanya, jembatan berfungsi menghubungkan dua wilayah yang berbeda.*

*Setelah itu, jembatan dapat menimbulkan berbagai macam kemajuan di kedua wilayah tersebut, baik di bidang transportasi, ekonomi, budaya, dan bidang-bidang lainnya.*

# I. PENGANTAR

## 1.1 LATAR BELAKANG

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi menghubungkan kedua ruas jalan yang terputus oleh adanya suatu rintangan yang permukaannya lebih rendah. Rintangan ini dapat berupa lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Jembatan merupakan investasi tertinggi dari semua elemen yang dapat dijumpai pada sistem jalan raya. Setiap kerusakan pada konstruksi jembatan dapat menyebabkan timbulnya gangguan-gangguan dalam kelancaran perputaran roda ekonomi dan dapat menimbulkan kecelakaan bagi manusia.

Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai pada konstruksi yang mutakhir.

Klasifikasi Jembatan terbagi 3:

1. Menurut Kegunaanya
2. Menurut Jenis Materialnya
3. Menurut sistem struktur

Menurut Kegunaanya:

1. Jembatan jalan raya (*highway bridge*)
2. Jembatan pejalan kaki (*foot path*)
3. Jembatan kereta api (*railway bridge*)
4. Jembatan jalan air
5. Jembatan jalan pipa
6. Jembatan penyebrangan

### Menurut Jenis Materialnya

1. Jembatan kayu
2. Jembatan baja
3. Jembatan beton bertulang dan pratekan
4. Jembatan komposit

### Menurut Jenis Struktural

1. Jembatan dengan tumpuan sederhana (*simply supported bridge*)
2. Jembatan menerus (*continuous bridge*)
3. Jembatan kantilever (*cantilever bridge*)
4. Jembatan integral (*integral bridge*)
5. Jembatan semi integral (*semi integral bridge*)
6. Jembatan pelengkung tiga sendi (*arches bridge*)
7. Jembatan rangka (*trusses bridge*)
8. Jembatan gantung (*suspension bridge*)
9. Jembatan kabel (*cabled-stayed bridge*)
10. Jembatan urung-urung (*culverts bridge*)

Pembangunan jembatan di perdesaan biasanya berfungsi sebagai sarana penghubung pejalan kaki atau lalu-lintas kendaraan ringan di perdesaan dan memiliki jenis konstruksi sederhana, dengan mempertimbangkan sumber daya setempat (tenaga kerja, material, peralatan, dan teknologi) sehingga mampu dilaksanakan oleh masyarakat setempat.

## 1.2 TUJUAN DAN SASARAN

Tujuan penyusunan buku perencanaan jembatan ini adalah menginformasikan rujukan atau acuan sederhana bagi pelaku pembangunan di perdesaan dalam merencanakan dan melaksanakan pembangunan jembatan yang sesuai dengan kaidah teknis dan aturan yang ada sehingga jembatan yang terbangun dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

Sasaran dari penyusunan buku perencanaan jembatan ini adalah terinformasikannya kaidah teknis, aturan baku dan persyaratan umum maupun teknis dalam perencanaan infrastruktur jembatan bagi pelaku pembangunan di perdesaan.

### 1.3 LANDASAN DAN RUJUKAN

1. Surat Edaran Menteri PUPR Nomor: 07/SE/M/2015, 23 April 2015 Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan;
2. Keputusan Menteri PUPR Nomor: 364.1/KPTS/M/2016 tertanggal 10 Juni 2016, yang merupakan pemutakhiran atas Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 12/SE/M/2010 tentang Peta Gempa 2010;
3. “TEKNIK DASAR KONSTRUKSI JEMBATAN”, Ir. Moh.Tontro Prastowo, MT;
4. Persyaratan perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan ditetapkan dalam SNI 2833-2016;
5. SE Dirjen Cipta Karya Nomor: 03/SE/DC/2020 tentang Pedoman Teknis Pelaksanaan Kegiatan Padat Karya Direktorat Jenderal Cipta Karya;
6. Standar Nasional Indonesia SNI 2415:2016;
7. Standar Nasional Indonesia SNI 03 – 2832 – 1992;
8. Standar Nasional Indonesia SNI 03 – 1738 – 2011;
9. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-11-2003;
10. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-06-2005-B;
11. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-07-2005-B;
12. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-11-2004-A;
13. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-11-2003;
14. Pd-t-07-2005-b Studi Kelayakan Jalan dan Jembatan;
15. Permen No. 15/PRT/M/2007 tentang survey jalan;
16. Pt-t-08-2002-b Geoteknik 1;

17. Pt-t-09-2002-b Geoteknik 2;
18. Pt-m-01-2002-b Geoteknik 3;
19. Pt-t-10-2002-b Geoteknik 4;
20. SNI-03-1749-1990 Agregat untuk aduk dan beton;
21. Panduan Pembangunan Jalan dan Jembatan Perdesaan, Jembatan Sederhana Kementerian PUPR;
22. Petunjuk Teknis, Proyek Pembangunan desa Tertinggal (P3DT), 1998.

## II. PETUNJUK PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JEMBATAN PERDESAAN

Jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang berfungsi menghubungkan lalu lintas yang terputus pada kedua ujung ruas jalan akibat adanya hambatan atau rintangan.

### 2.1 STANDAR UMUM PERENCANAAN

Sesuai dengan Surat Edaran Menteri PUPR No. 07/SE/M/2015, 23 April 2015 Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan mempertimbangkan:

- 1) Kekuatan dan stabilitas struktur;
- 2) Kemudahan (pelaksanaan, pemeliharaan dan pemeriksaan);
- 3) Pertimbangan aspek lingkungan, sosial, dan aspek keselamatan jalan;
- 4) Kenyamanan dan keselamatan (bagi pengguna jalan);
- 5) Keawetan dan kelayakan jangka panjang;
- 6) Ekonomis;
- 7) Estetika.

#### 2.1.1 DATA PERENCANAAN

Dalam perencanaan jembatan diperlukan data baik sekunder maupun primer yang berkaitan dengan pembangunan jembatan. Data tersebut merupakan bahan pemikiran dan pertimbangan sebelum kita mengambil suatu keputusan akhir. Data yang diperlukan berupa:

a) Lokasi

Pemilihan Lokasi Jembatan Penentuan lokasi dan *layout* jembatan tergantung pada 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, 1994). Oleh karenanya kondisi lalu lintas yang berbeda-beda dapat mempengaruhi lokasi jembatan pula. Panjang pendeknya bentang jembatan akan disesuaikan dengan lokasi jalan setempat. Penentuan bentangnya dipilih yang sangat layak dari beberapa alternatif bentang pada beberapa lokasi yang telah diusulkan. Beberapa pertimbangan terhadap lokasi sangat didasarkan pada kebutuhan. Dalam penentuan lokasi akan dijumpai suatu permasalahan apakah akan dibangun di daerah perkotaan ataukah pinggiran kota bahkan di pedesaan.

b) Aspek Lalu Lintas

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 lalu lintas perlu dihindarkan, karena akan sangat mempengaruhi lebar jembatan. Untuk itu sangatlah penting diperoleh hasil yang optimum dalam **perencanaan lebar optimumnya** agar didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum. Mengingat jembatan akan melayani arus lalu lintas dari segala arah, maka muncul kompleksitas terhadap existing dan rencana, volume lalu lintas, oleh karenanya sangat diperlukan ketepatan dalam penentuan tipe jembatan yang akan digunakan. Selain daripada itu, pendekatan ekonomi selayaknya juga sebagai bahan pertimbangan biaya jembatan perlu dibuat seminimum mungkin. Berdasarkan beberapa kasus biaya investasi jembatan didaerah perkotaan adalah sangat tinggi. Dalam hal ini akan sangat terkait dengan kesesuaian lokasi yang akan direncanakan.

### c) Aspek Teknis

Persiapan teknis yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1. Penentuan geometri struktur, alinyemen horisontal dan vertikal, sesuai dengan lingkungan sekitarnya, pemilihan sistem utama jembatan dan posisi dek;
2. Penentuan panjang bentang optimum sesuai dengan syarat hidraulika, arsitektural, dan biaya konstruksi;
3. Pemilihan elemen-elemen utama struktur atas dan struktur bawah, terutama jenis gelagar, tipe pilar, dan abutment;
4. Pendetailan struktur atas seperti: sandaran, parapet, penerangan, dan tipe perkerasan;
5. Pemilihan bahan yang paling tepat untuk struktur jembatan berdasarkan pertimbangan struktural dan estetika.

### d) Layout Jembatan

Setelah lokasi jembatan ditentukan, variabel berikutnya yang penting pula sebagai pertimbangan adalah *layout* jembatan terhadap topografi setempat. Pada awal perkembangan sistem jalan raya, standar jalan raya lebih rendah dari jembatan. Biaya investasi jembatan merupakan proporsi terbesar dari total biaya jalan raya. Sebagai kosekuensinya, struktur tersebut hampir selalu dibangun pada tempat yang ideal untuk memungkinkan bentang jembatan sangat pendek, fondasi dapat dibuat sehematnya, dan melintasi sungai dengan layout berbentuk *square layout*.

Dalam proses perencanaan jembatan terdapat beberapa sudut pandang yang berbeda antara seorang ahli jalan dengan ahli jembatan (Troitsky, 1994). Berikut ini diberikan beberapa ilustrasi, beberapa perbedaan kepentingan antara seorang ahli jalan dan jembatan.

1. Pandangan Ahli Jembatan. Perlintasan yang tegak lurus sungai, jurang atau jalan rel lebih sering terpilih, daripada



perlintasan yang membentuk alinemen yang miring. Penentuan ini didasarkan pada aspek teknis dan ekonomi. Waddel (1916) menyatakan bahwa struktur yang dibuat pada alinemen yang miring adalah abominasi dalam lingkup rekayasa jembatan.

2. Struktur jembatan sederhana. Merupakan suatu kenyataan untuk struktur jembatan yang relatif sederhana sering diabaikan terhadap alinemen jalan. Para ahli jalan raya sering menempatkan alinemen jalan sedemikian sehingga struktur jembatan merupakan bagian penuh dari alinemen 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 alinemen.

## 2.1.2 TAHAPAN PERENCANAAN

Untuk mendapatkan desain jembatan yang baik dalam perencanaan, maka perlu dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

### a) Survei Lapangan

Hal-hal yang harus didapatkan dalam survey lapangan:

1. Kondisi situasi penampang sungai yang dilewati jalan atau rencana jalan;
2. Rencana posisi jembatan;
3. Pengukuran lebar sungai untuk mengetahui rencana bentang jembatan;

4. Data tinggi air maksimum/tinggi air banjir yang pernah terjadi yang didapat dari penduduk setempat dan dikontrol dengan data yang ada di dinas pengairan setempat;
5. Survei harga material yang tersedia dan material yang harus dibeli dari luar desa.

b) Perhitungan Teknis Daya Dukung Tanah (DDT)

Dalam pembangunan suatu jembatan dibutuhkan data besaran Daya Dukung Tanah (DDT) dalam menerima beban. DDT perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan dimensi dan jenis pondasi yang dapat mendukung beban struktur jembatan dan beban yang melintas di atasnya.

Dalam perencanaan jembatan pada kegiatan PISEW meskipun merupakan jembatan perdesaan tetap harus diperhatikan DDT lokasi jembatan untuk menentukan jenis pondasi jembatan yang akan dibuat.

Untuk lokasi rencana jembatan PISEW yang berdekatan dengan bangunan jembatan yang mempunyai dokumen perencanaan yang lengkap (Jembatan Jalan Kabupaten/Provinsi) bisa dipakai sebagai acuan.

Perhitungan DDT bisa dilakukan dengan pengujian lapangan dan laboratorium, pengujian DDT dapat dilaksanakan dengan metode berikut ini:

1. *Boring/Standard Penetration Test (SPT)*
2. *Sondir/Cone Penetration Test (CPT)*
3. *Vane Shear Test (VST)*

### 2.1.3 PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA

Perencanaan jembatan juga harus memperhatikan ketahanan konstruksi terhadap gempa. Persyaratan perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan ditetapkan dalam SNI 2833-2016, dan “Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia” tahun 2017 yang disusun berdasarkan keputusan Menteri PUPR no. 364.1/KPTS/M/2016 tertanggal 10 Juni 2016, yang merupakan pemutakhiran atas surat edaran menteri pekerjaan umum nomor 12/SE/M/2010 tentang peta gempa 2010. Untuk gempa rencana, gaya-gaya, perpindahan, dan pengaruh lainnya akan menyebabkan kerusakan pada jembatan, tetapi kerusakan ini terbatas hanya pada beberapa tempat saja yang mudah dicapai dan dapat diperbaiki dengan mudah. Jembatan termasuk jalan pendekatnya harus segera dapat dilalui lagi. Kerusakan akibat gempa besar yang lebih besar dibandingkan gempa rencana, disyaratkan bahwa jembatan tidak boleh runtuh. Jembatan harus dapat digunakan oleh lalu lintas darurat setelah perbaikan sementara dan kemungkinan dapat digunakan pada derajat beban yang lebih rendah setelah perbaikan permanen. Perencanaan beban gempa disesuaikan dengan umur rencana jembatan. Jalur lalu lintas Jalur lalu lintas kendaraan.

Semua jembatan yang tercakup dalam peraturan ini harus direncanakan dapat menahan gaya gempa dengan mempertimbangkan:

1. Risiko gerakan-gerakan tersebut di lapangan;
2. Reaksi tanah akibat gempa di lapangan; dan
3. Karakteristik reaksi dinamis dari seluruh struktur.

Banyak jembatan direncanakan tahan gempa dengan anggapan bahwa pengaruh gempa dapat diperkirakan dengan suatu sistem gaya statik ekuivalen.

Untuk jembatan-jembatan yang besar, kompleks, dan penting, analisis dinamis yang terinci harus digunakan. Analisis ini harus

dilaksanakan oleh perencana dengan pengetahuan dan pengalaman khusus yang sesuai.

Dari hasil pengamatan di lapangan pada berbagai kejadian gempa, kerusakan yang terjadi pada bangunan diakibatkan oleh abainya penerapan prinsip-prinsip bangunan tahan gempa di lapangan.

Dari kejadian tersebut mengindikasikan diperlukannya penerapan prinsip-prinsip teknologi bangunan tahan gempa sesuai dengan standar yang berlaku. Bangunan tahan gempa itu dapat rusak akibat gempa tapi tidak boleh roboh atau setidaknya memberikan waktu yang cukup bagi pengguna/penghuni untuk melakukan evakuasi ke luar bangunan. Secara umum terdapat 3 hal yang harus diperhatikan untuk penerapan bangunan tahan gempa yaitu:

1. Kesesuaian desain;
2. Kesesuaian jenis bahan bangunan; dan
3. Kesesuaian metoda pelaksanaannya itu sendiri.

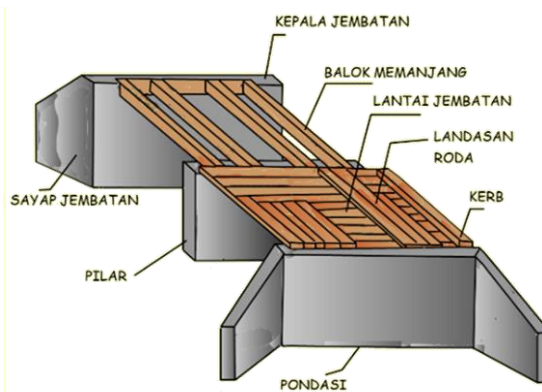
Secara umum gambaran prinsip-prinsip bangunan tahan gempa untuk peruntukan rumah satu lantai didasarkan pada Permen PUPR No. 5 Tahun 2016, Lampiran II tentang **Persyaratan Pokok Tahan Gempa**.

## 2.2 STANDAR TEKNIS PERENCANAAN

Konstruksi jembatan terbagi menjadi beberapa bagian struktur jembatan, yaitu:

- a) Bangunan atas (*Upperstructures*)
- b) Bangunan bawah (*Superstructures*)
- c) Landasan dan pondasi jembatan
- d) Oprit

## e) Bangunan pelengkap jembatan



**Gambar 2.1 Bagian-Bagian Jembatan**

### 2.2.1 KONSTRUKSI BANGUNAN ATAS (UPPERSTRUCTURES)

Bangunan atas jembatan (Upperstructure) adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi memikul langsung beban lalu lintas serta melimpahkannya ke bangunan bawah melalui struktur perletakan. Bagian-bagian bangunan atas terdiri dari:

- Gelagar utama (rangka, balok, masif, box, girder)
- Gelagar memanjang
- Ikatan angin
- Sandaran
- Lantai jembatan
- *Expansion joint*

Bangunan atas jembatan (*Upperstructure*) terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

#### 1. Standar

- Rangka Kayu
- Rangka Baja

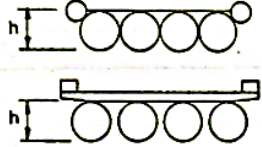
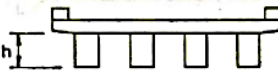

- Rangka Beton (Prestressed, beton bertulang)
- Gelagar Kayu
- Gelagar Baja
- Gelagar Beton Bertulang
- Gelagar Beton Prategang
- Komposit

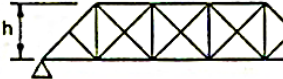

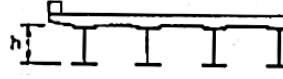
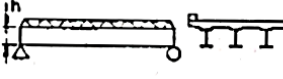
## 2. Non-standar

- Gantung (Suspension Bridge)
- Cable Stayed
- Pelengkung



Berbagai jenis bangunan atas jembatan bisa dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 2.1 Jenis Bangunan Atas Jembatan**

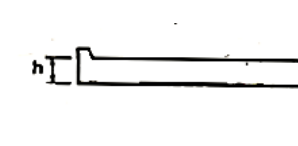
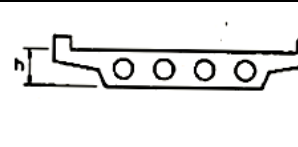

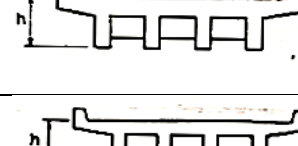
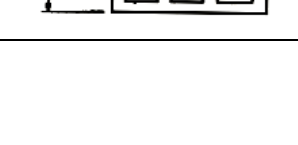
Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/Bentang	Penampilan	Catatan
<p><b>Bangunan atas kayu:</b></p> <p>a) Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan</p>		5 - 20 m	1/15	kurang	<p>Unsur kayu dapat dibuat dengan ekonomis di lapangan dari bahan hasil hutan. Bagaimanapun karena kesulitan perawatan kayu terhadap lapuk, jembatan kayu mempunyai batas umur dan hanya dianjurkan sebagai jembatan sementara</p>
<p>b) Gelagar kayu gergaji dengan lantai papan</p>		5 - 10 m	1/5	kurang	
<p>c) Gelagar komposit kayu/baja gergaji dengan lantai papan</p>		8 - 12 m	1/5	kurang	

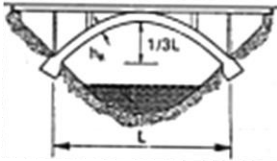


Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
d) Rangka lantai atas dengan papan kayu		20 - 50 m	1/6	kurang	
e) Rangka lantai atas dengan papan kayu		20 - 50 m	1/5	kurang	
f) Gelagar baja dengan lantai papan kayu		5 - 35 m	1/17 – 1/30	kurang	
<b>Bangunan atas baja:</b> a) Gelagar baja dengan lantai pelat baja		5 - 25 m	1/25 – 1/27	kurang	

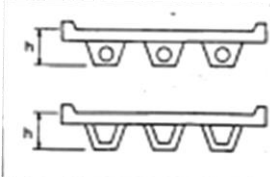
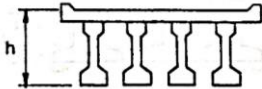


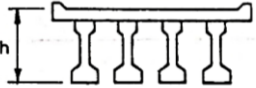
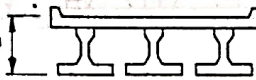
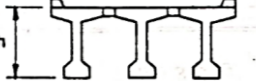
Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/Bentang	Penampilan	Catatan
b) Gelagar baja dengan lantai beton komposit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentang sederhana</li> <li>• Bentang menerus</li> </ul>		15 – 50 m 35 – 90 m	1/20	fungsional	a) Komponen standar dapat disimpan siap pakai untuk diangkut ke jembatan b) Rencana/gambar dan bahan tersedia untuk segera dimulai setelah panjang dan konfigurasi jembatan ditentukan.
c) Gelagar boks baja dengan lantai beton komposit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentang sederhana</li> <li>• Bentang menerus</li> </ul>		30 – 60 m 40 – 90 m	1/20	baik	Perencanaan lebih sederhana dan hanya memerlukan pendetailan bangunan bawah c) Produksi massal dapat mengurangi biaya dan menjamin kualitas komponen

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/Bentang	Penampilan	Catatan
					<ul style="list-style-type: none"> <li>d) Tahapan standar mengurangi masalah pemasangan/peluncuran dan keperluan supervisi</li> <li>e) Mudah diangkut lewat laut atau jalan ke lokasi jembatan</li> <li>f) Penyimpanan, penanganan dll dari komponen adalah mudah dengan peralatan minimum</li> <li>g) Hubungan/sambungan lapangan adalah sederhana</li> </ul>

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
<b>Jembatan beton bertulang:</b> a) Pelat beton bertulang		5 – 10 m	1/12.5	fungsional	Bangunan atas beton bertulang mempunyai sifat berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harus umumnya dilaksanakan di tempat terpisah dari jembatan pelat pendek</li> <li>• Pelaksanaan di tempat memerlukan perancah, dengan demikian sungai tidak boleh terlalu dalam atau mempunyai batu-batu besar padamana perancah sulit dibangun</li> <li>• Umur bebas pemeliharaan sangat tergantung pada</li> </ul>
b) Pelat berongga		10 – 18 m	1/18	fungsional	
c) Kanal pracetak		5 – 13 m	1/15	kurang	
d) Gelagar beton 'T'		6 – 25 m	1/12 – 1/15	fungsional	
e) Gelagar beton boks		12 – 30 m	1/12 – 1/15	fungsional	

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
f) Lengkung beton (bentuk parabola)		30 – 70 m	1/30 rata-rata	estetik	<p>pengendalian mutu selama pelaksanaan mengingat toleransi pada perancah, penempatan tulangan, perbandingan campuran beton agregat, kualitas semen, kadar air, perawatan, dll.</p>
<b>Jembatan beton pratekan:</b> a) Segmen pelat		6 – 12 m	1/20	fungsional	<p>Bangunan atas beton pratekan mempunyai keuntungan utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengendalian mutu yang baik dari pembuatan geagar di mana gelagar dibuat di pabrik</li> <li>• Pemeliharaan kecil</li> </ul>
b) Segmen pelat berongga		6 – 16 m	1/20	fungsional	

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
c) Segmen berongga komposit dengan lantai beton <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rongga tunggal</li> <li>• Boks berongga</li> </ul>		8 – 14 m  16 – 20 m	$1/18$	fungsional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umur diharapkan panjang (lebih dari 50 tahun)</li> <li>• Tahap perencanaan dan pelaksanaan standar</li> <li>• Penggunaan efisien dari beton dan bahan yang terdapat di Indonesia</li> </ul>
d) Gelagar I dengan lantai komposit dalam bentang sederhana: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pra penegangan</li> <li>• Pasca penegangan</li> <li>• Pra-pasca penegangan</li> </ul>		12 – 35 m 18 – 35 m 18 – 25 m	$1/15 - 1/16.5$	Fungsional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagaimanapun penggunaan beton pratekan umumnya dibatasi pada lokasi di mana unsur beton pratekan dibuat di pabrik balok pratekan khusus. Beton</li> </ul>

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
e) Gelagar I dengan lantai beton komposit dalam bentang menerus		20 – 40 m	1/17.5	Fungsional	<p>pratekan mempunyai pembatasan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Balok adalah berat dan memerlukan pengangkutan khusus</li> </ul>
f) Gelagar I pra-penegangan dengan lantai komposit dengan bentang tunggal		16 – 25 m	1/15 – 1/16.5	Fungsional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keran diperlukan untuk menempatkan gelagar (pasca penegangan atau pra penegangan)</li> <li>Penegangan harus dilakukan oleh pegawai berpengalaman dengan peralatan khusus</li> </ul>
g) Gelagar 'T' pasca penegangan		20 – 45 m	1/16.5 – 1/17.5	Fungsional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balok hanya dapat diangkat ke lapangan dalam jarak cukup</li> </ul>

Jenis Bangunan Atas	Bentuk Bentang Utama	Variasi Bentang	Perbandingan h/L Tipikal Tinggi/ Bentang	Penampilan	Catatan
					<p>dekat dari pabrik pada jalan baik. Balok dapat diangkut oleh kapal bila perlu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kabel baja pratekan dan alat penegangan harus diimpor</li> </ul>

Sumber: "TEKNIK DASAR KONSTRUKSI JEMBATAN", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

## 2.2.2 KONSTRUKSI BANGUNAN BAWAH (SUBSTRUCTURES)

Adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi memikul bangunan atas dan semua beban yang bekerja pada struktur atas jembatan kemudian menyalurkannya ke pondasi.

Jenis bangunan bawah terdiri dari:

- Pilar (pier)
- Abutment (kepala jembatan)

Sedangkan untuk jembatan gantung, bangunan bawah terdiri dari:

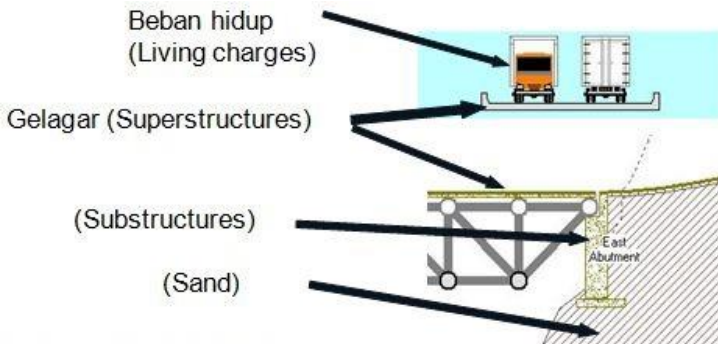
- Pilar
- Kabel penggantung
- Blok angker

Kepala jembatan (*abutment*), adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar–pilar jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (angin, kendaraan, dll.) dan mati (beban gelagar, dll.), serta berfungsi sebagai tembok penahan tanah yaitu menahan tekanan tanah aktif. Sedangkan Pilar digunakan untuk memberikan tekanan terhadap beban-beban yang bekerja pada bangunan atas, tidak terbatas hanya beban vertikal saja tetapi:

- Gaya gesekan
- Gaya aliran dan benda hanyutan
- Gaya rem
- Gempa

Pemilihan konstruksi bawah jembatan harus memperhatikan kondisi tanah setempat dan pola aliran sungai. Konstruksi ditetapkan berdasarkan pertimbangan kekuatan, biaya, serta kemudahan dalam pelaksanaan.

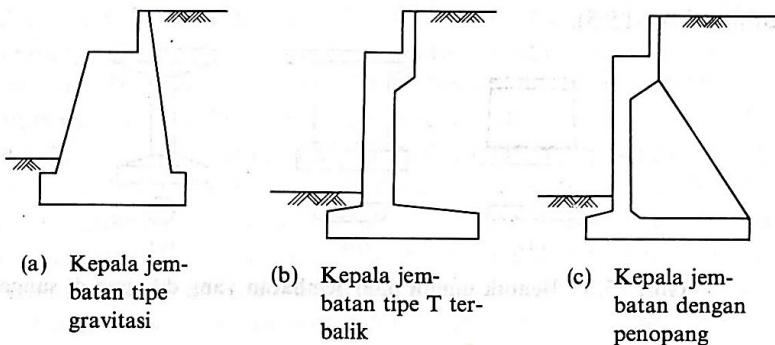




Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

**Gambar 2.2 Konstruksi Bangunan Bawah Jembatan**

Bentuk umum kepala jembatan (*Abutment*):


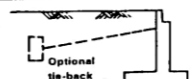

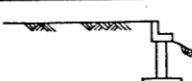

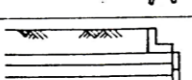


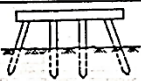





Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

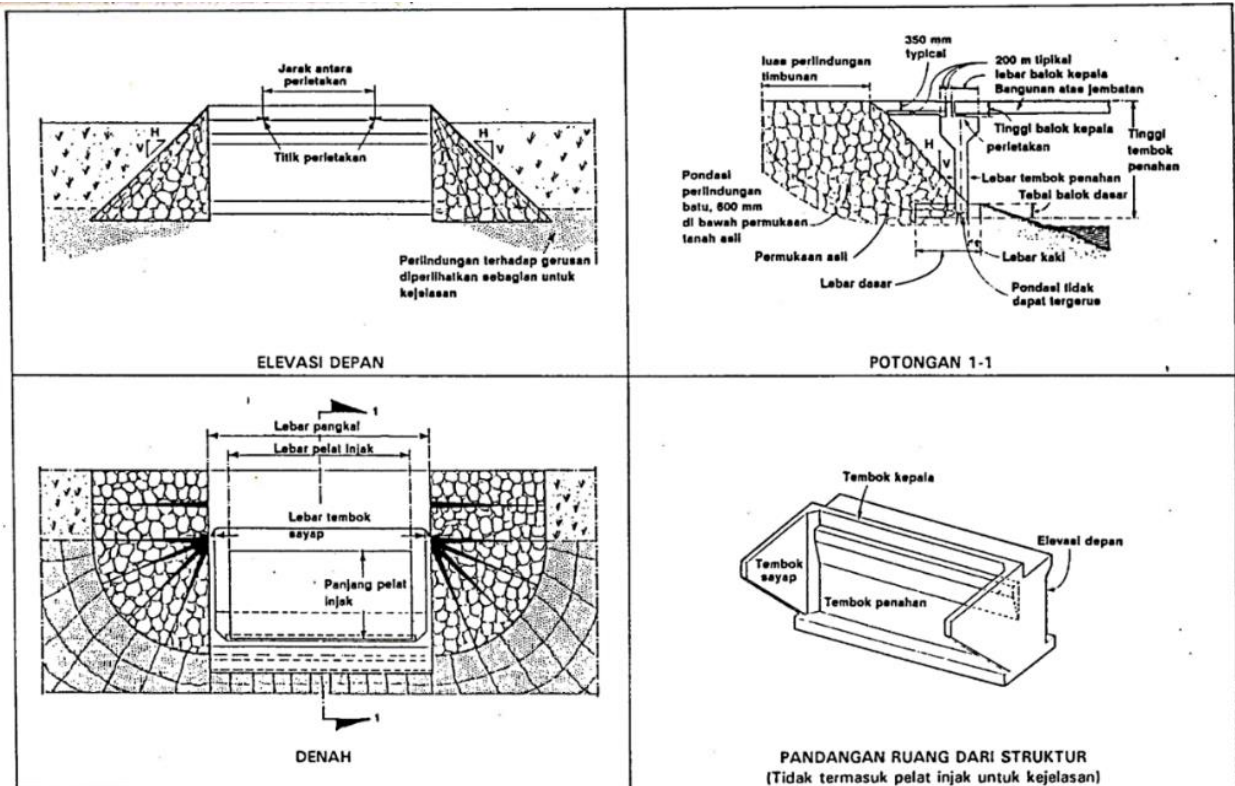
**Gambar 2.3 Bentuk Umum Abutment**

Berbagai jenis bangunan bawah jembatan bisa dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 2.2 Jenis Bangunan Bawah Jembatan**

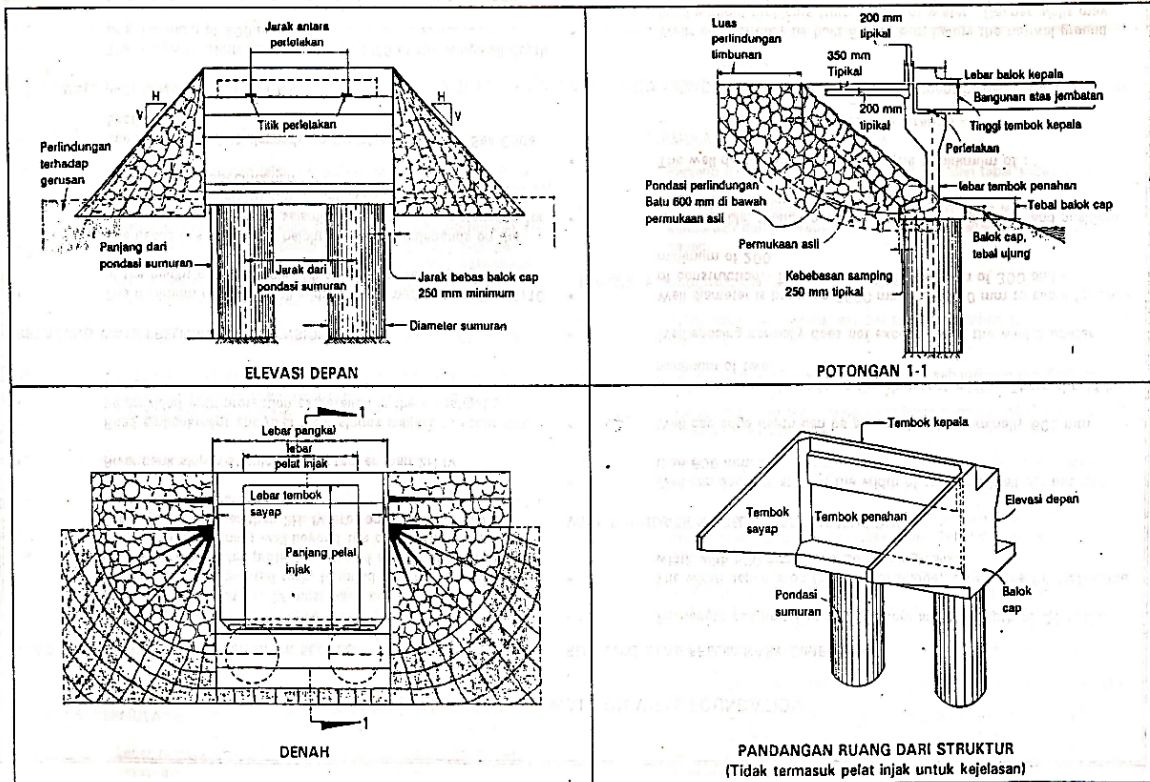
JENIS PANGKAL	TINGGI PANGKAL (m)			
	0	10	20	30
PANGKAL TEMBOK PENAHAN GRAVITAS 	3	4		
PANGKAL TEMBOK PENAHAN KANTILEVER 	8			
PANGKAL TEMBOK PENAHAN KONTRAFORT 	6	9		
PANGKAL KOLOM 'SPILL-THROUGH' 				
PANGKAL BALOK CAP TIANG SEDERHANA 				
PANGKAL TANAH BERTULANG 	5	15		

JENIS PILAR	TINGGI TIPIKAL (m)			
	0	10	20	30
<b>PILAR BALOK CAP TIANG SEDERHANA</b> Dua baris tiang adalah umumnya minimal 				
<b>PILAR KOLOM TUNGGAL</b> Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus. 		5	15	
<b>PILAR TEMBOK</b> Ujung bundar dan alinemen tembok sesuai arah aliran membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal. 		5		25
<b>PILAR PORTAL SATU TINGKAT (KOLOM GANDA ATAU MAJEMUK)</b> Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus. Pemisahan kolom dengan 2D atau lebih membantu kelancaran aliran arus. 		5	15	
<b>PILAR PORTAL DUA TINGKAT</b> 			15	25
<b>PILAR TEMBOK - PENAMPANG I</b> Penampang ini mempunyai karakteristik tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan didarat. 				25



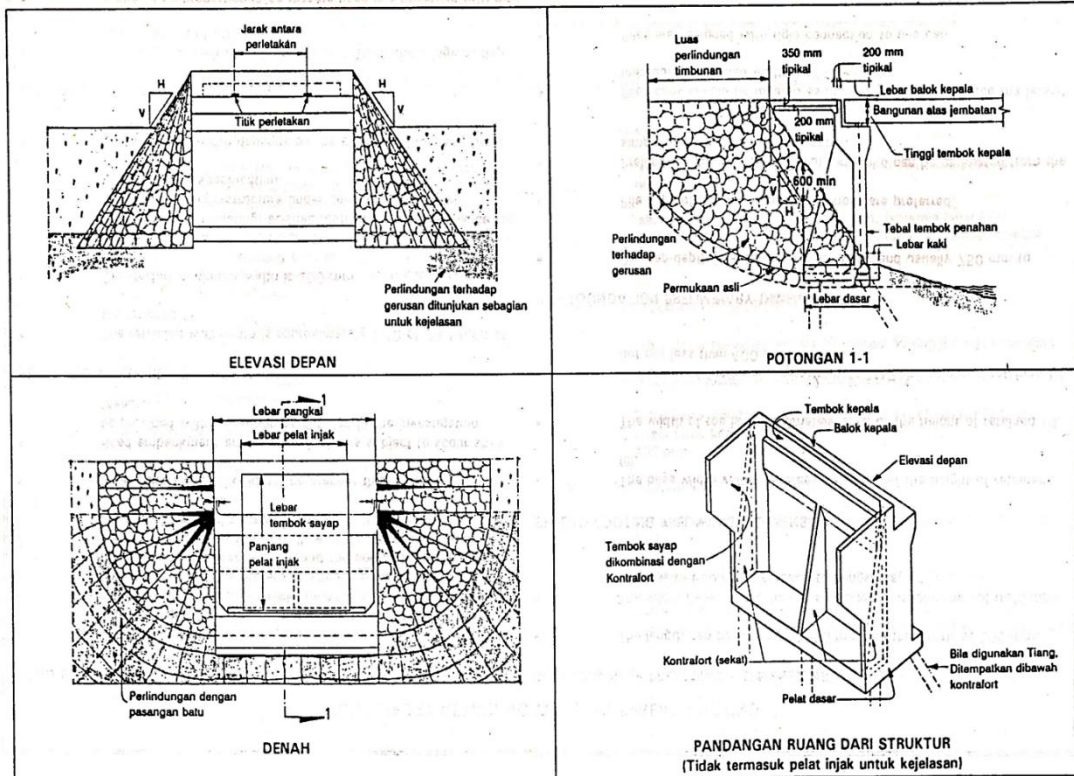
Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh.Tontro Prastowo, MT

**Gambar 2.4 Pangkal Tembok Penahan Kantilever**



Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

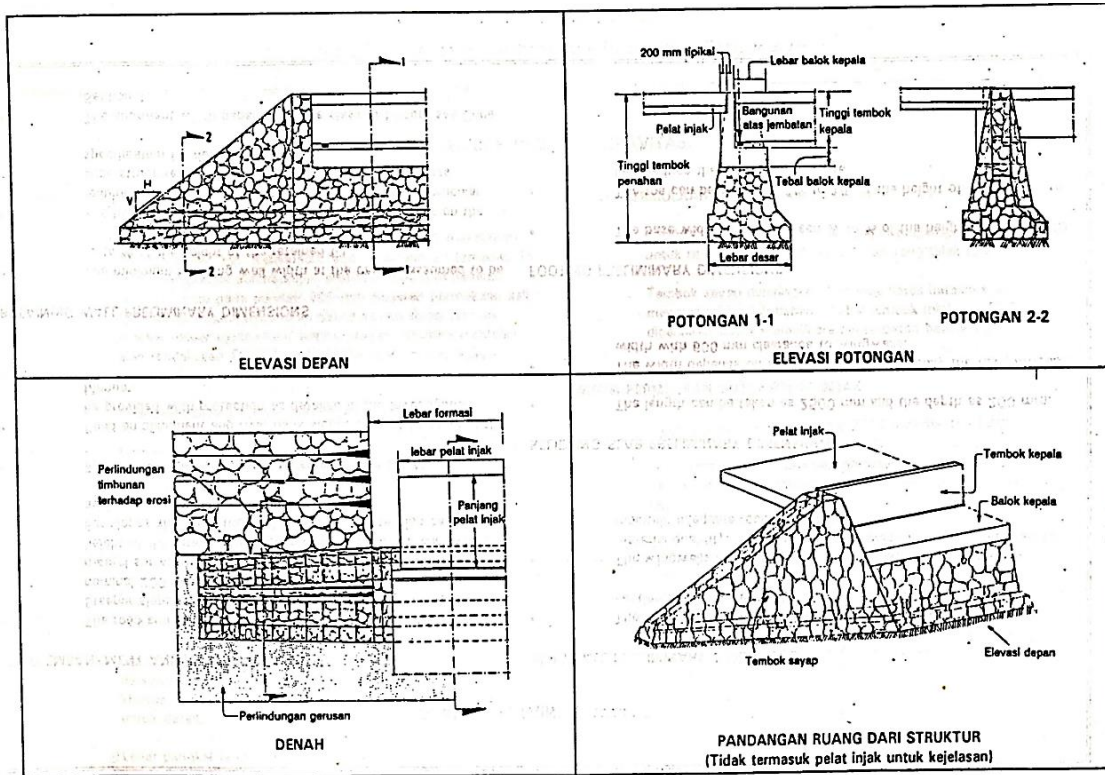
**Gambar 2.5 Pangkal Tembok Penahan Kantilever pada Pondasi Tiang**



n

Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

**Gambar 2.6** Pangkal Tembok Penahan Kantilever dengan Pondasi Langsung dan Pondasi Tiang



Sumber: "Teknik Dasar Konstruksi Jembatan", Ir. Moh. Tontro Prastowo, MT

**Gambar 2.7 Pangkal Tembok Gravitasi**

## 2.2.3 LANDASAN DAN PONDASI JEMBATAN

Landasan adalah suatu bagian ujung dari suatu bangunan atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah sekaligus menjadi tumpuan bangunan atas di atas bangunan bawah.

Jenis landasan:

- Landasan tetap
- Landasan bergerak (rol, sliding): landasan baja, landasan karet, dan landasan pot

Landasan dibuat dari bahan yang cukup keras yaitu mempunyai *hardness*  $55 \pm 5$  duro. Untuk landasan dengan ketebalan  $>1''$ , menggunakan laminasi antara pelat baja dengan karet. Diperlukan aging test bahan karet sesuai ASTM 573, dimana pemuluran sampai putus 50%, perubahan kuat tarik maks 15%, kekerasan maks 10 HS. Bahan *polymer* dalam campuran karet tidak boleh lebih dari 60% terhadap volume total Elastomer.



Sumber: Dokumentasi PISEW

**Gambar 2.8 Landasan Jembatan**

Pondasi adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi memikul bangunan bawah serta melimpahkannya kelapisan tanah pendukung. Tahapan yang harus dilakukan dalam perencanaan pondasi jembatan antara lain:



- Pemeriksaan rencana tahanan lateral ultimit geser maupun tahanan tekanan pasif pada fondasi.
- Stabilitas terhadap geser dan guling.
- Kapasitas daya dukung ultimit.
- Penurunan (settlement) pada fondasi.

## 2.3 PERSYARATAN TEKNIS

### 2.3.1 PENYELIDIKAN TANAH

Faktor yang menentukan pondasi:

- Susunan, tebal, sifat tanah setempat
- Besar, macam, sifat konstruksi
- Kondisi/sifat khusus: sungai, bangunan sekitar dll
- Peralatan yang tersedia
- pertimbangan biaya

***Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk menentukan jenis pondasi, kedalaman, daya dukung serta prediksi deformasi yang mungkin terjadi.***

Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan metode penyelidikan lapangan dan penyelidikan laboratorium sebagai berikut:

#### a) Penyelidikan Lapangan

##### 1. *Boring/Standard Penetration Test (SPT)*

SPT (*Standard Penetration Test*), merupakan salah satu uji tanah yang paling sering dilakukan, dengan menjatuhkan batangan besi/ pemukul ke bor yang ada di dalam tanah, dan menghitung jumlah pukulan yang diperlukan untuk memperdalam lubang bor sedalam 15 cm. Semakin banyak pukulan yang diperlukan, semakin keras tanah yang sedang

diteliti, dan dapat disimpulkan juga semakin besar phi ataupun kohesi dari tanah tersebut.

SPT dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji. Untuk melakukan pengujian SPT dibutuhkan sebuah alat utama yang disebut Standard Split Barrel Sampler atau tabung belah standar. Alat ini dimasukkan ke dalam *Bore Hole* setelah dibor terlebih dahulu dengan alat bor. Alat ini diturunkan bersama-sama pipa bor dan diturunkan hingga ujungnya menumpu ke tanah dasar. Setelah menumpu alat ini kemudian dipukul (dengan alat pemukul yang beratnya 63,5 kg) dari atas.

Beberapa keuntungan penggunaan *Standart Penetration Test* (SPT) ini adalah:

- Dapat dilakukan dengan cepat;
- Alat dan cara operasinya lebih sederhana;
- Biaya relatif murah;
- Sampel tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah;
- Uji SPT ini dapat dilakukan untuk semua jenis tanah.

Beberapa kekurangan penggunaan *Standart Penetration Test* (SPT) ini adalah:

- Apabila terdapat batu atau lapisan tanah keras yang tipis pada ujung tiang yang ditekan, maka hal tersebut akan mengakibatkan kesalahan pada saat pemancangan;
- Sulitnya mobilisasi alat pada daerah lunak ataupun pada daerah berlumpur atau pada areal tanah timbunan;
- Karena alat tersebut mempunyai berat sekitar 70 ton dan permukaan tanah yang tidak sama daya dukungnya, maka hal tersebut akan dapat mengakibatkan posisi alat pancang menjadi miring bahkan tumbang. Kondisi ini akan sangat berbahaya terhadap keselamatan pekerja;

- Pergerakan alat tersebut sedikit lambat, proses pemindahannya relatif lama untuk pemancangan titik yang berjauhan.

## 2. Sondir/ *Cone Penetration Test (CPT)*

Sondir merupakan salah satu pengujian tanah untuk mengetahui karakteristik tanah yang dilakukan di lapangan atau pada lokasi yang akan dilakukan pembangunan konstruksi. Sondir ada dua macam, yang pertama adalah sondir ringan dengan kapasitas 0-250 kg/cm<sup>2</sup> dan yang kedua adalah sondir berat dengan kapasitas 0-600 kg/cm<sup>2</sup>. Jenis tanah yang cocok diselidiki dengan alat ini adalah tanah yang tidak banyak mengandung batu.

Komponen utama sondir adalah konus yang dimasukkan kedalam tanah dengan cara ditekan. Tekanan pada ujung konus pada saat konus bergerak kebawah karena ditekan, dibaca pada manometer setiap kedalaman 20 cm. Tekanan dari atas pada konus disalurkan melalui batang baja yang berada didalam pipa sondir (yang dapat bergerak bebas, tidak tertahan pipa sondir). Demikian juga tekanan yang diderita konus saat ditekan kedalam tanah, diteruskan melalui batang baja didalam pipa sondir tersebut ke atas, ke manometer. Hasil dari tes sondir ini dipakai untuk:

- Menentukan tipe atau jenis pondasi apa yang mau dipakai;
- Menghitung daya dukung tanah asli;
- Menentukan seberapa dalam pondasi harus diletakkan nantinya.

Beberapa keuntungan penggunaan sondir/ *cone penetration test* ini adalah:

- Cukup ekonomis;
- Apabila contoh tanah pada boring tidak bisa diambil (tanah lunak / pasir);

- Dapat digunakan manentukan daya dukung tanah dengan baik;
- Adanya korelasi empirik semakin handal;
- Dapat membantu menentukan posisi atau kedalaman pada pemboran;
- Dalam prakteknya uji sondir sangat dianjurkan didampingi dengan uji lainnya baik uji lapangan maupun uji laboratorium, sehingga hasil uji sondir bisa diverifikasi atau dibandingkan dengan uji lainnya;
- Dapat dengan cepat menentukan lekat lapisan tanah keras;
- Dapat diperkirakan perbedaan lapisan;
- Dapat digunakan pada lapisan berbutir halus.

Beberapa kekurangan penggunaan sondir/ *cone penetration test* ini adalah:

- Jika terdapat batuan lepas biasa memberikan indikasi lapisan keras yang salah.
- Jika alat tidak lurus dan tidak bekerja dengan baik maka hasil yang diperoleh diperoleh bisa merugikan.

### 3. **Vane Shear Test (VST)**

*Vane Shear Test* (VST) merupakan alat *in-situ* yang digunakan untuk menentukan nilai kuat geser tak terdrainase dari suatu tanah. Kapasitas VST dapat mencapai pada kuat geser hingga 200 kPa pada tanah lunak jenuh air. VST juga dapat digunakan pada tanah lanau, gembur dan material tanah lainnya yang dapat diprediksi kekuatan geser tak terdrainase-nya.

Beberapa keuntungan dari penggunaan VST ini adalah:

- Salah satu metode *in-situ* yang ekonomis dan cukup cepat dalam prosedur pengujian di lapangan.
- Dapat mengukur kuat geser tanah dalam kapasitas yang besar hingga 200 kPa.

- VST dapat menentukan propertis tanah lunak sensitif yang sulit dilakukan di laboratorium tanpa perlakuan yang halus.
- Salah satu alat yang sering digunakan dalam menganalisis kuat geser tak terdrainase.

Adapun beberapa kekurangan dari penggunaan VST ini adalah:

- VST dapat terjadi kesalahan (error) yang diakibatkan oleh kelebihan gaya gesek pada batang VST, kalibrasi torsi yang tidak sesuai, derajat putaran yang tidak memenuhi standar.
- Sangat tergantung pada operator dalam memutar VST sehingga keakuratan hasil sangat dipengaruhi pada operator yang melakukan.

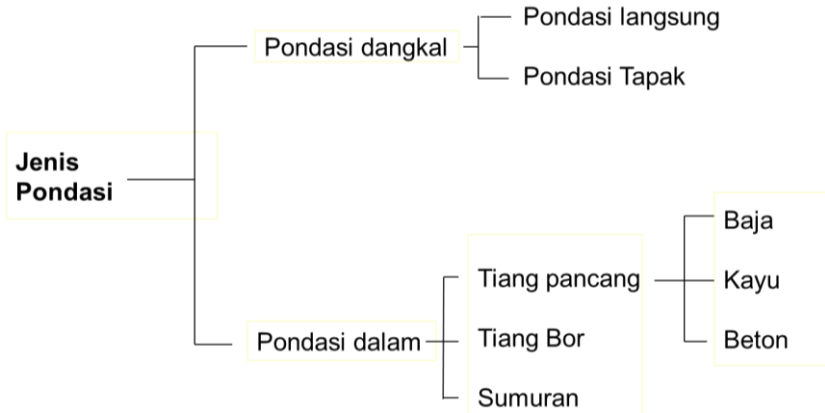
## **b) Penyelidikan Laboratorium**

Meliputi:

1. Sifat tanah dasar:
  - Berat isi (*unit weight*)
  - Berat jenis (*specific gravity*)
  - Kadar air
2. Klasifikasi tanah:
  - Percobaan Atterberg (LL, PL, PI, Shrinkage Limit)
  - Analisa butir
3. Kekuatan geser:
  - *Unconfined strength*
  - *Directshear*
  - *Triaxial*
4. Kompresibilitas (dari percobaan konsolidasi)

## 2.3.2 PENGGUNAAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH

Hasil penyelidikan tanah digunakan untuk menentukan jenis pondasi sebagai berikut:



**Gambar 2.9 Jenis Pondasi**

### a) Pondasi Dangkal

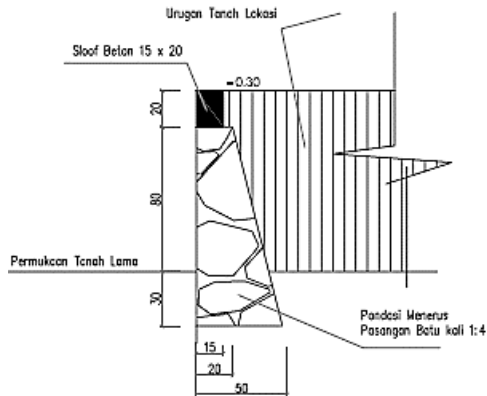
#### 1. Langsung/*Spread Footing*

Sifat pondasi:

- Memikul beban secara langsung & meneruskan ke tanah;
- Rawan terhadap penurunan/ *deflection*;
- Kedalaman dapat sampai - 4 s/d -5 m.

Syarat pondasi langsung:

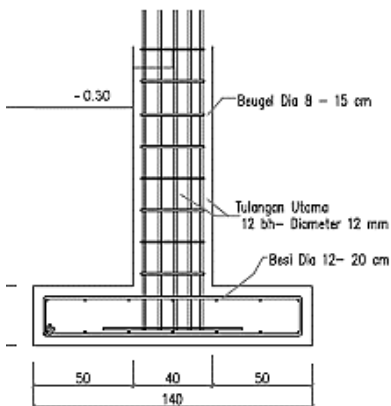
- Struktur harus stabil terhadap guling arah vertikal & mendatar, pergeseran (*displacement*) bangunan, penurunan.
- Bagian-bagian pondasi memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan.



**Gambar 2.10 Pondasi Langsung**

## 2. Tapak/Pad Foundation

Pondasi tapak (*pad foundation*) digunakan untuk mendukung beban titik individual seperti kolom struktural. Pondasi pad ini dapat dibuat dalam bentuk bukatan (melingkar), persegi atau *rectangular*.



**Gambar 2.11 Pondasi Tapak**

Jenis pondasi ini biasanya terdiri dari lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang seragam, tetapi pondasi pad dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat atau *haunched* jika pondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat. Pondasi tapak dapat diterapkan dalam pondasi dangkal maupun pondasi dalam.

**Tabel 2.3 Kedalaman Minimum Pondasi Telapak**

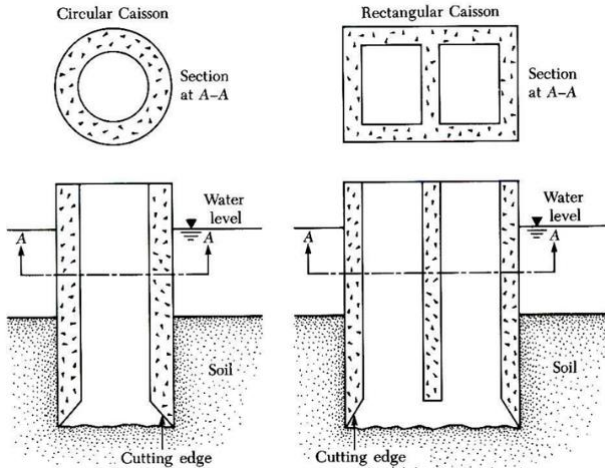
Lokasi pondasi	Kedalaman minimum (pilih yang menghasilkan nilai paling besar)		
Kepala Jembatan, kecuali struktur pelengkung	1,5 m di bawah level rata-rata dasar sungai	1,7 kali kedalaman total gerusan di bawah level rata-rata dasar sungai	0,5 m di bawah level gerusan yang ada
Pilar dan kepala jembatan pelengkung	2 m di bawah level rata-rata dasar sungai		

## b) Pondasi Dalam

### 1. Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi ini digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Jenis pondasi dalam yang dicor ditempat menggunakan komponen beton dan batu belah sebagai pengisinya. Pada umumnya pondasi sumuran ini terbuat dari beton bertulang atau beton pracetak, yang umum digunakan pada pekerjaan jembatan di Indonesia adalah dari silinder beton bertulang dengan diameter 250cm, 300cm, 350cm, dan 400cm.

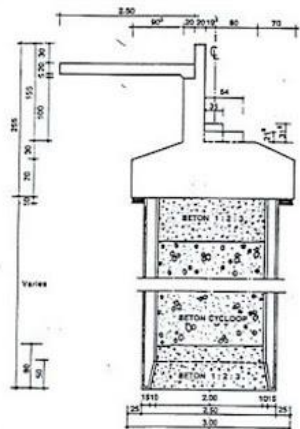




**Gambar 2.12 Pondasi Sumuran**

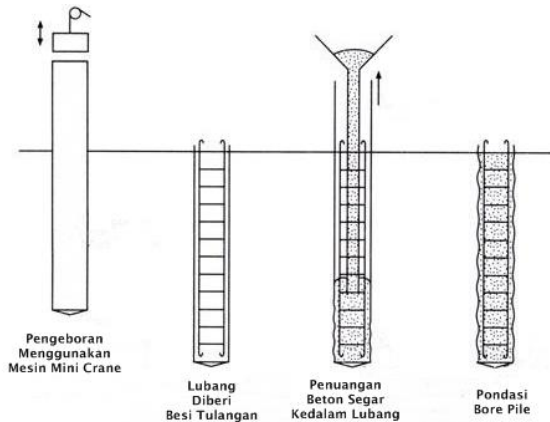
Pondasi sumuran dapat dilaksanakan dengan kondisi:

1. Daya dukung pondasi harus lebih besar daripada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Penurunan yang terjadi harus sesuai dengan batas yang diijinkan (toleransi) yaitu 1" (2,54cm).



**Gambar 2.13 Pondasi Sumuran**

## 2. Pondasi Tiang Bor/Bore Pile



**Gambar 2.14 Pondasi Tiang Bor**

Pondasi *Bore Pile* adalah jenis pondasi dalam yang mempunyai bentuk seperti tabung memanjang yang terdiri dari campuran beton dengan besi bertulang dengan dimensi diameter tertentu yang dipasang didalam tanah dengan menggunakan metode pengeboran dengan instalasi pemasangan besi setempat serta pengecoran beton setempat. Pondasi ini digunakan jika level tanah dipermukaan atas tidak cukup untuk menahan beban bangunan secara keseluruhan, sehingga diperlukan daya dukung tambahan.

## 3. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (pile foundation) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu.

Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama

dari tiang adalah kayu, baja (steel), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, di bor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan Pile cap (poer). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang di klasifikasikan berbeda-beda.

#### **a) Tiang Pancang Kayu**

Tiang pancang dengan bahan material kayu dapat digunakan sebagai tiang pancang pada suatu dermaga. Tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dengan hati-hati, biasanya diberi bahan pengawet dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Kadang-kadang ujungnya yang besar didorong untuk maksud-maksud khusus, seperti dalam tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros. Kadang kala ujungnya runcing dilengkapi dengan sebuah sepatu pemancangan yang terbuat dari logam bila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah kerikil.

Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti daerah Kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan sebagai tiang pancang.

- **Sepatu Tiang Pancang**

Tiang pancang harus dilengkapi dengan sepatu yang cocok untuk melindungi ujung tiang selama pemancangan, kecuali bilamana seluruh pemancangan dilakukan pada tanah yang lunak. Sepatu harus benar-benar konsentris (pusat sepatu sama dengan pusat tiang pancang)

dan dipasang dengan kuat pada ujung tiang. Bidang kontak antara sepatu dan kayu harus cukup untuk menghindari tekanan yang berlebihan selama pemancangan.

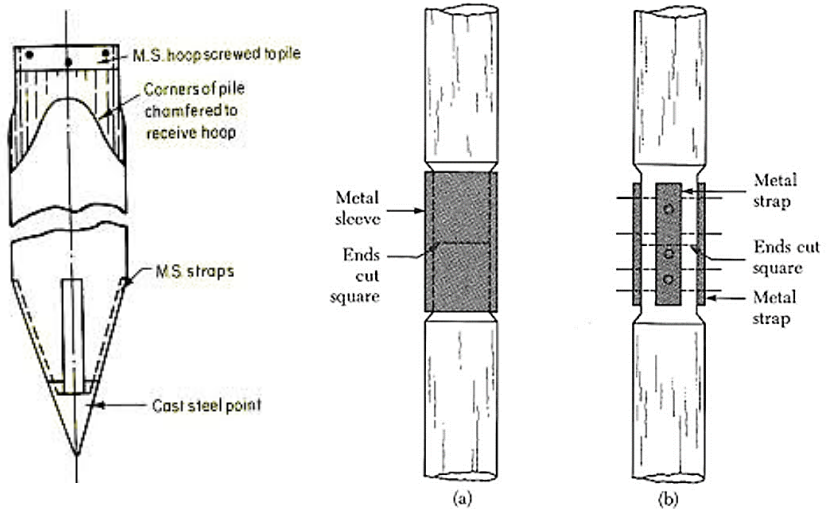
- **Pemancangan**

Pemancangan berat yang mungkin merusak kepala tiang pancang, memecah ujung dan menyebabkan retak tiang pancang harus dihindari dengan membatasi tinggi jatuh palu dan jumlah penumbukan pada tiang pancang. Umumnya, berat palu harus sama dengan beratnya tiang untuk memudahkan pemancangan.

Perhatian khusus harus diberikan selama pemancangan untuk memastikan bahwa kepala tiang pancang harus selalu berada sesumbu dengan palu dan tegak lurus terhadap panjang tiang pancang dan bahwa tiang pancang dalam posisi yang relatif pada tempatnya.

- **Penyambungan**

Bilamana diperlukan untuk menggunakan tiang pancang yang terdiri dari dua batang atau lebih, permukaan ujung tiang pancang harus dipotong sampai tegak lurus terhadap panjangnya untuk menjamin bidang kontak seluas seluruh penampang tiang pancang. Pada tiang pancang yang digergaji, sambungannya harus diperkuat dengan kayu atau pelat penyambung baja, atau profil baja seperti profil kanal atau profil siku yang dilas menjadi satu membentuk kotak yang dirancang untuk memberikan kekuatan yang diperlukan. Tiang pancang bulat harus diperkuat dengan pipa penyambung. Sambungan di dekat titik-titik yang mempunyai lendutan maksimum harus dihindarkan.

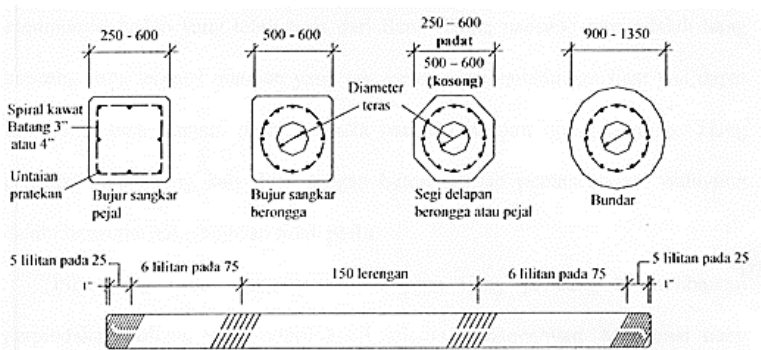


**Gambar 2.15 Pondasi Tiang Pancang Kayu**

## b) Tiang Pancang Beton

*Precast reinforced concrete pile* adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dandicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi penulangan-penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Karena berat sendiri adalah besar, biasanya pancang beton ini dicetak dan dicor di tempat pekerjaan, jadi tidak membawa kesulitan untuk transport. Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (>50ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Perencanaan dimensi tiang pancang beton precast ini harus dihitung dengan teliti, sebab jika panjang tiang ini kurang terpaksa harus

dilakukan penyambungan, hal ini sangat sulit dilakukan sehingga akan banyak memakan waktu dan biaya.



**Gambar 2.16 Rencana Pondasi Tiang Pancang Beton**



**Gambar 2.17 Pondasi Tiang Pancang Beton**

### c) Tiang Pancang Baja Struktur

Pada umumnya, tiang pancang baja struktur harus berupa profil baja gilasa biasa, tetapi tiang pancang pipa dan kotak dapat digunakan. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak digunakan, dan akan diisi dengan beton, mutu beton tersebut minimum harus K250.

- **Perlindungan Terhadap Korosi**

Korosi pada tiang pancang baja mungkin dapat terjadi, maka panjang atau ruas ruasnya yang mungkin terkena korosi harus dilindungi dengan pengecatan menggunakan lapisan pelindung dan/atau digunakan logam yang lebih tebal bilamana daya korosi dapat diperkirakan dengan akurat dan beralasan. Umumnya seluruh panjang tiang baja yang terekspos, dan setiap panjang yang terpasang dalam tanah yang terganggu di atas muka air terendah, harus dilindungi dari korosi.

- **Sepatu Tiang Pancang**

Pada umumnya sepatu tiang pancang tidak diperlukan pada profil H atau profil baja gilasa lainnya. Namun bilamana tiang pancang akan dipancang di tanah keras, maka ujungnya dapat diperkuat dengan menggunakan pelat baja tuang atau dengan mengelaskan pelat atau siku baja untuk menambah ketebalan baja. Tiang pancang pipa atau kotak dapat juga dipancang tanpa sepatu, tetapi bilamana ujung dasar tertutup diperlukan, maka penutup ini dapat dikerjakan dengan cara mengelaskan pelat datar, atau sepatu yang telah dibentuk dari besi tuang, baja tuang atau baja fabrikasi.

- **Pemancangan**

Sebelum pemancangan, kepala tiang pancang harus dipotong tegak lurus terhadap panjangnya dan topi pemancang (*driving cap*) harus dipasang untuk

mempertahankan sumbu tiang pancang segaris dengan sumbu palu. Setelah pemancangan, pelat topi, batang baja atau pantek harus ditambatkan pada pur, atau tiang pancang dengan panjang yang cukup harus ditanamkan ke dalam pur (pile cap).

- **Penyambungan**

Perpanjangan tiang pancang baja harus dilakukan dengan pengelasan. Pengelasan harus dikerjakan sedemikian rupa hingga kekuatan penampang baja semula dapat ditingkatkan. Sambungan harus dirancang dan dilaksanakan dengan cara sedemikian hingga dapat menjaga alinyemen dan posisi yang benar pada ruas-ruas tiang pancang. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak akan diisi dengan beton setelah pemancangan, sambungan yang dilas harus kedap air.

**Tabel 2.4 Dimensi Pondasi Tipikal**

Uraian	Pondasi langsung	Sumuran	Tiang Pancang			
			Baja Tiang H	Tiang pipa baja	T.P.Beton Pracetak	T.P.beton Pratekan
Diameter nominal (mm)	-	3000	100X100 to 400X400	300-600	300-600	400-600
Kedalaman maksimum (m)	5	15	tidak terbatas	tidak terbatas	30	60
Kedalaman optimum (m)	0,3-3	7 - 9	7 - 40	7 - 40	12 - 15	18 - 30
Beban maksimum ULS (KN) untuk keadaan biasa	20.000 +	20.000 +	3.750	3.000	1.300	13.000
Variasi optimum Beban ULS (KN)	-	-	500-1.500	600-1.500	500-1.000	500-5.000



## 2.4 BAHAN DAN MATERIAL

### 2.4.1 TANAH

#### 1) Tanah Dasar

Tanah dasar dalam pembahasan ini lebih pada bagaimana kita menyiapkan tanah dasar yang langsung terletak di bawah pondasi jembatan, dalam keadaan siap menerima struktur perkerasan atau bahu jalan. Tanah dasar tersebut meluas sampai lebar penuh dasar jalan, dan dapat dibentuk di atas timbunan biasa, timbunan pilihan, galian batu atau diatas bahan *filler porous*.

#### 2) Tanah Timbunan

Timbunan atau urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya yaitu:

- a. **Timbunan biasa**, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk timbunan sampai elevasi *top subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material eksisting *subgrade* di lapangan yang tidak memenuhi syarat.

Bahan timbunan biasa harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari tanah yang disetujui oleh Pengawas yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanen.
- Bahan yang dipilih tidak termasuk tanah yang plastisitasnya tinggi, yang diklasifikasi sebagai A-7-6 dari persyaratan AASHTO M 145 atau sebagai CH dalam sistim klasifikasi "Unified atau Casagrande". Sebagai tambahan, urugan ini

harus memiliki CBR yang tak kurang dari 6%, bila diuji dengan AASHTO T 193.

- Tanah yang pengembangannya tinggi yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25 bila diuji dengan AASHTO T 258, tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif diukur sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) – (AASHTO T 90) dan presentase ukuran lempung (AASHTO T 88).

Dalam pelaksanaan pekerjaan ini, bentuk dan mutu pekerjaan harus betul-betul tepat dan baik. Agar pekerjaan ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu, tahapan pelaksanaannya sesuai dengan urutan kerja sebagai berikut:

1. Menyiapkan tenaga kerja, bahan dan peralatan yang akan digunakan selama pelaksanaan pekerjaan ini berlangsung. Jumlah, jenis dan mutu yang akan kami siapkan kami akan selalu mengacu kepada Spesifikasi Teknik yang dipersyaratkan.
2. Melaksanakan pekerjaan penimbunan kembali pada lokasi yang telah ditentukan dan dengan melakukan pemadatan dengan menggunakan alat yang telah ditentukan.
3. Urugan tanah dihampar dan diratakan dengan tenaga manual hingga membentuk ukuran yang sudah ditentukan, sesuai mal yang dibikin disiram dan dipadatkan dengan alat perata manual, Sistem pemadatan dilakukan per lapis min per 10-20 cm urugan. Timbunan dari bekas galian diambil dari stockpile (timbunan tanah acak/random fill), dilaksanakan untuk timbunan mengisi ruang antara bidang 'timbunan filter' dan tanggul penutup, kantung lumpur dan, lain-lain.
4. Pekerjaan timbunan dilaksanakan juga bagian bangunan (pasangan batu atau beton) yang sudah dikerjakan, cukup usia, dan cukup kuat terhadap gangguan akibat pekerjaan

penimbunan dan pemadatan. Pekerjaan timbunan dilaksanakan layer per layer dan dipadatkan. Ketebalan tiap layer maksimal adalah 0.20 m. Alat pemadat yang dipergunakan adalah *hand stamper*. *Hand stamper* digunakan pada bagian perbatasan antara bidang timbunan dan bidang struktur.

- b. **Timbunan pilihan**, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk timbunan sampai elevasi top subgrade yang disyaratkan dalam gambar perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan pondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah talud jalan.

Bahan timbunan pilihan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- Timbunan hanya boleh diklasifikasikan sebagai *Timbunan Pilihan* bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud yang telah ditentukan atau disetujui secara tertulis oleh Pengawas.
- Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah berpasir (*sandy clay*) atau padas yang memenuhi persyaratan dan sebagai tambahan harus memiliki sifat tertentu tergantung dari maksud penggunaannya. Dalam segala hal, seluruh urugan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10%, bila diuji sesuai dengan AASHTO T 193.

Pekerjaan ini meliputi persiapan lokasi pekerjaan, penghamparan, pemadatan, pengujian dan perapihan hasil pekerjaan. Adapun tahapan dalam pengerjaan timbunan pilihan antara lain:

1. Melakukan persiapan lokasi pekerjaan berupa: pengukuran dan pemasangan marking pada area pekerjaan,

- pembersihan lokasi pekerjaan, dimana harus bebas dari material organik dan anorganik.
2. Melakukan request material dan pekerjaan kepada direksi, konsultan dan pengawas.
  3. Memuat material timbunan pilihan dari hasil galian pada lokasi pekerjaan dengan dump truk, dan ditumpuk dengan jarak tertentu pada lokasi pekerjaan.
  4. Timbunan pilihan dihampar dengan menggunakan Motor Grader.
  5. Hasil hamparan timbunan pilihan disiram air dengan menggunakan Water Tanker lalu dipadatkan dengan Vibratory Roller sampai mencapai ketebalan dan kepadatan sesuai dengans pesifikasi teknik.
  6. Melakukan pengujian timbunan, pengujian Test Pit dan CBR untuk menentukan ketebalan dan kepadatan dari timbunan.
  7. Perapihan hasil pekerjaan, setiap material sisa diangkut untuk dibuang pada area yang telah ditentukan.

### **3) Oprit**

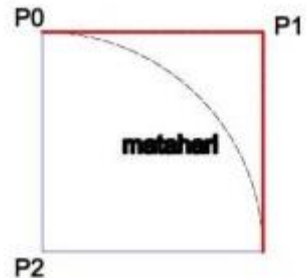
Oprit jembatan adalah timbunan tanah atau urugan di belakang abutment yang dibuat sepadat mungkin untuk menghindari penurunan. oprit bisa terdiri atas timbunan pilihan dan timbunan biasa dan untuk membuat oprit berdiri kokoh, maka dibuatlah tembok penahan tanah yang berfungsi menjaga kestabilan lereng oprit tersebut.

Pekerjaan jalan pendekat (oprit jembatan), merupakan pekerjaan yang memerlukan pengetahuan pelaksanaan pemadatan *subgrade* yang memadai agar pelaksanaan lapis-lapis perkerasan di atasnya yang nantinya membentuk oprit jembatan mempunyai daya pikul yang cukup untuk menahan beban kendaraan yang lewat di atasnya. Jadi dalam skala kecil, ahli struktur jembatan

juga perlu mengetahui bagaimana membuat jalan oprit yang kualitasnya baik dan tidak cepat rusak untuk menunjang jembatan yang kokoh.

Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Oprit meliputi:

- a. **Steaking out**, Diadakan pengukuran dengan alat ukur atau manual untuk menentukan matahari oprit terlebih dahulu. cara manual yang diambil adalah dari posisi awal P0 laning jembatan dengan lebar 1-3 meter kearah keluar tegak lurus dengan panjang jembatan. kemudian di tanam patok sementara P1. langkah selanjutnya adalah menanam patok sementara P2 diagonal secara diagonal dengan P0. langkah selanjutnya yaitu menjadikan p2 sebagai sumbu putar untuk menentukan matahari ( $\frac{1}{4}$  kelilling lingkaran =  $\frac{1}{2} \pi R$ ) yang dimulai dari P0 sampai sejajar dengan sumbu garis P1.



Kemudian, ditanam patok sisi luar dan sisi dalam tembok penahan tanah untuk oprit. langkah berikutnya menentukan elevasi atas oprit yang sejajar dengan lantai kendaraan jembatan. elevasi atas disimpan atau ditandai pada patok semipermanen untuk bisa dijaga waterpasnya.

- b. **Pekerjaan timbunan biasa dan timbunan pilihan**, Menimbun tanah per level dengan ketinggian 30 cm dipadatkan menggunakan compactor yang memadai dan selalu *standby* di lokasi saat *dump truck* menaruh material di lokasi pekerjaan oprit.



- c. **Pekerjaan Tembok Penahan Tanah**, Biasanya untuk menahan oprit, pasangan batu sering dipakai untuk pekerjaan. tetapi pada kondisi tertentu dengan ketinggian pasangan yang lebih dari 6 meter dengan kemiringan tertentu memiliki desain tembok penahan tanah tersendiri. karena gaya lateral dan gravitasi tanah yang memungkinkan tembok penahan tertentu memerlukan perlakuan khusus. maksud dan tujuan dari perlakuan ini menghindarkan tembok dari kegagalan struktur. Untuk itulah terdapat standar khusus yang dikeluarkan oleh kementerian pekerjaan umum dalam hal tembok penahan tanah.

#### 4) Pematatan Tanah

Pematatan tanah adalah suatu proses dimana partikel tanah didesak menjadi lebih berdekatan satu sama lain melalui pengurangan rongga udara dengan digilas atau metode mekanik lain. Sifat teknis tanah dan batuan yang digunakan pada penimbunan, sebagai contoh kekuatan gesernya, karakteristik konsolidasi, permeabilitas, dan sebagainya, adalah berkaitan dengan jumlah pematatan yang telah diterimanya. Tingkat kepadatan yang tinggi membantu dalam:

- Menurunkan biaya pemeliharaan:
- Menurunkan risiko terjadinya longsoran:
- Memungkinkan struktur permanen seperti jembatan untuk dibangun langsung tanpa penundaan:
- Mendapatkan tekanan dukung yang lebih tinggi pada desain fondasi untuk struktur permanen.

Tingkat pematatan yang diperlukan ditentukan oleh sifat teknis yang diinginkan untuk urugan guna memenuhi fungsi desainnya. Hal tersebut dapat dispesifikasikan sesuai dengan sifat teknik bahan yang dipadatkan sebagai berikut:

- a. Kepadatan kering minimum:
- b. Rongga udara maksimum yang terkait dengan kadar air maksimum:
- c. Prosentase minimum dari kepadatan kering maksimum yang diperoleh dari standar laboratorium:
- d. Kekuatan geser minimum.

Sebagai alternatif, bila sifat bahan yang akan digunakan pada urugan telah disesuaikan sebelumnya dengan efek pemadatan dari berbagai tipe mesin pemadat yang tersedia, maka tingkat kepadatan bisa dikontrol dengan menspesifikasikan ketebalan lapisan dan jumlah lintasan dari mesin pemadat yang telah ditentukan.

Tujuan dari pelaksanaan adalah untuk mencapai tingkat kepadatan yang diperlukan dengan cara yang paling ekonomis. Metode pemadatan yang digunakan tergantung pada:

- a. Jenis tanah, termasuk gradasinya dan kadar air pada saat pemadatan dilakukan:
- b. Tingkat kepadatan yang disyaratkan:
- c. Volume pekerjaan dan laju penyediaan bahan timbunan yang akan dipadatkan:
- d. Geometri pekerjaan tanah yang diusulkan:
- e. Persyaratan terhadap dampak lingkungan (contoh kebisingan).

Untuk menetapkan metode pemadatan yang akan dipergunakan di lokasi, percobaan pemadatan di lapangan, bila perlu harus dilakukan untuk menentukan alat pemadat yang paling cocok untuk kondisi yang sangat mungkin terjadi selama periode pembangunan, dengan memperhatikan:

- a. Kadar air dari tanah menentukan kepadatan kering tanah yang dihasilkan oleh pemadatan. Dengan tingkat kepadatan tertentu diperlukan kadar air tertentu, pada kebanyakan jenis tanah

akan memiliki suatu kadar air yang disebut dengan "kadar air optimum" yang menunjukkan kepadatan kering maksimum.

- b. Ketebalan lapisan dengan memperhitungkan pertimbangan ekonomi. Sebagai contoh, harus diputuskan apakah lebih ekonomis untuk memadatkan dengan ketebalan lapisan 10 cm dengan mesin-gilas yang ringan atau dengan ketebalan lapisan 30 cm dengan mesin-gilas yang lebih berat:
- c. Jumlah lintasan yang diperlukan dengan mesin gilas roda halus (smooth or tamping rollers) untuk menghasilkan produk akhir yang memenuhi syarat:
- d. Variasi gradasi butiran bahan.

## 2.4.2 AGREGAT

- 1) Agregat yang digunakan harus bersih, keras, kuat yang diperoleh dari pemecahan batu atau koral, atau dari pengayakan dan pencucian (jika perlu) kerikil dan pasir sungai.
- 2) Agregat harus bebas dari bahan organik dan harus memenuhi sifat-sifat lainnya seperti dalam tabel berikut ini:

**Tabel 2.5 Sifat-Sifat Agregat**

Sifat-sifat	Metode Pengujian	Batas Maksimum yang diijinkan untuk Agregat	
		Halus	Kasar
Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles pada 500 putaran	SNI 03-2417-1991	-	20 % untuk beton mutu sedang dan tinggi 40 % untuk beton mutu rendah
Kekekalan Bentuk Batu terhadap Larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat setelah 5 siklus	SNI 03-3407-1994	10 % dengan natrium sulfat	12 % dengan natrium sulfat
		15% dengan magnesium sulfat	18% dengan magnesium sulfat
Gumpalan Lempung dan Partikel yang Mudah Pecah	SK SNI M-01-1994-03	3 %	2 %
Bahan yang Lolos Saringan No.200	SK SNI M-02-1994-03	3 %	1 %



- 3) Gradasi agregat kasar dan halus harus memenuhi ketentuan seperti tabel dibawah:

**Tabel 2.6 Ketentuan Gradasi Agregat:**

Ukuran Saringan (mm)	Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat				
	Halus	Kasar			
50,8 (2")	-	100	-	-	-
38,1 (1½")	-	95 -100	100	-	-
25,4 (1")	-	-	95 - 100	100	-
19 (¾")	-	35 - 70	-	90 - 100	100
12,7 (½")	-	-	25 - 60	-	90 - 100
9,5 (¾")	100	10 - 30	-	20 - 55	40 - 70
4,75 (# 4)	95 -- 100	0 - 5	0 -10	0 - 10	0 - 15
2,36 (# 8)	80 -- 100	-	0 - 5	0 - 5	0 - 5
1,18 (#16)	50 - 85	-	-	-	-
0,300 (# 50)	10 - 30	-	-	-	-
0,150 (# 100)	2 - 10	-	-	-	-

## 2.4.3 KAYU

Beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait penggunaan material kayu, antara lain:

- Identifikasi Kayu, apabila nilai desain acuan yang ditetapkan disini digunakan, maka kayu termasuk pula kayu yang tepinya dilem atau ujungnya disambung harus diidentifikasi dengan tanda mutu atau sertifikat pemeriksaan yang dikeluarkan oleh lembaga pemeriksaan atau pemilihan yang dikenal berkompeten. Tanda mutu yang jelas dari lembaga pemeriksaan atau pemilihan yang dikenal mengidentifikasi bahwa keutuhan sambungan kayu sudah melalui control dan kualitas dan kualifikasi, harus berlaku untuk prodak kayu berlem.
- "Balok dan Balok memanjang" merujuk pada kayu dengan penampang persegi panjang dengan tebal nominal 127 mm atau lebih dengan lebar 50.8 mm atau lebih, lebih besar dari pada tebalnya. Dan dipilih terhadap kekuatan lentur apa bila dibebani dimuka sempit.

- c. “Tonggak atau Timbers” merujuk pada kayu dengan penampang persegi panjang dengan tebal nominal 127 mm x 127 mm atau lebih besar, dengan lebar tidak boleh lebih dari 50.8 mm lebih besar dari pada tebalnya, yang dipilih terutama untuk digunakan sebagai tiang atau kolom yang memikul beban longitudinal.
- d. “Dek” merujuk pada kayu dengan tebal nominal 50.8mm sampai 101.6 mm, berlidah dan bertakikan untuk sambungan di muka yang sempit.

#### 2.4.4 BAJA

Standar Perencanaan Struktur Baja untuk jembatan digunakan untuk merencanakan jembatan jalan raya dan jembatan pejalan kaki di Indonesia yang menggunakan bahan baja dengan panjang bentang tidak lebih dari 100 meter.

Standar ini meliputi persyaratan minimum untuk perencanaan fabrikasi, pemasangan dan modifikasi pekerjaan baja pada jembatan dan struktur komposit dengan tujuan untuk menghasilkan struktur baja yang memenuhi syarat keamanan, kelayakan dan keawetan. Cara perencanaan komponen struktur yang digunakan berdasarkan perencanaan beban dan kekuatan terfaktor (PBKT).

Perencanaan secara PBKT dilakukan untuk mengantisipasi suatu kondisi batas ultimit, yang terjadi antara lain:

- a. Terjadi keruntuhan lokal pada satu atau sebagian komponen struktur jembatan:
- b. Kehilangan keseimbangan statis akibat keruntuhan atau kegagalan pada sebagian komponen struktur atau keseluruhan struktur atau keseluruhan struktur jembatan:
- c. Keadaan purna elastis atau purna tekuk dimana satu bagian komponen jembatan atau lebih mencapai kondisi runtuh:
- d. Kerusakan akibat fatik dan/atau korosi sehingga terjadi kehancuran:

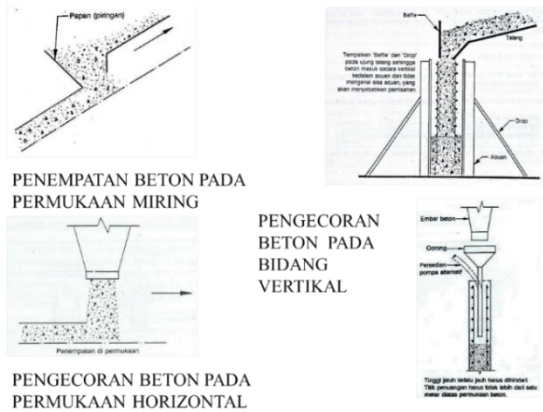
- e. Kegagalan dari pondasi yang menyebabkan pergeseran yang berlebihan atau keruntuhan bagian utama dari jembatan.

## 2.4.5 BETON

- Pekerjaan yang disyaratkan mencakup pelaksanaan seluruh struktur beton bertulang, beton tanpa tulangan, beton prategang, beton pracetak dan beton untuk struktur baja komposit.
- Pekerjaan ini meliputi pula penyiapan tempat kerja untuk pengecoran, pengadaan penutup beton, lantai kerja dan pemeliharaan pondasi seperti pemompaan atau tindakan lain untuk mempertahankan agar pondasi tetap kering.
- Beton yang digunakan mempunyai mutu sesuai tabel sebagai berikut:

**Tabel 2.7 Mutu Beton**

Jenis Beton	$f_c'$ (MPa)	$\sigma_{bk}'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – <35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – <20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – <15	K125 – < K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton



**Gambar 2.18 Teknis Pengecoran pada Berbagai Bidang**

Ditinjau dari klasifikasi bangunan penyeberangan secara umum, bahan konstruksi jembatan dapat dikelompokkan seperti yang tercantum pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.8 Bahan Konstruksi Jembatan**

Bagian	Bahan	Jenis
Struktur atas	Beton bertulang	Slab
		Girder
	Beton prategang	Girder
	Baja	Truss
	Komposit	Girder
Struktur bawah	Beton bertulang	Suspension
		Abutment
		Pier
Fondasi	Beton bertulang	Footplat
		Sumuran
		Tiang pancang
		Bore-pile

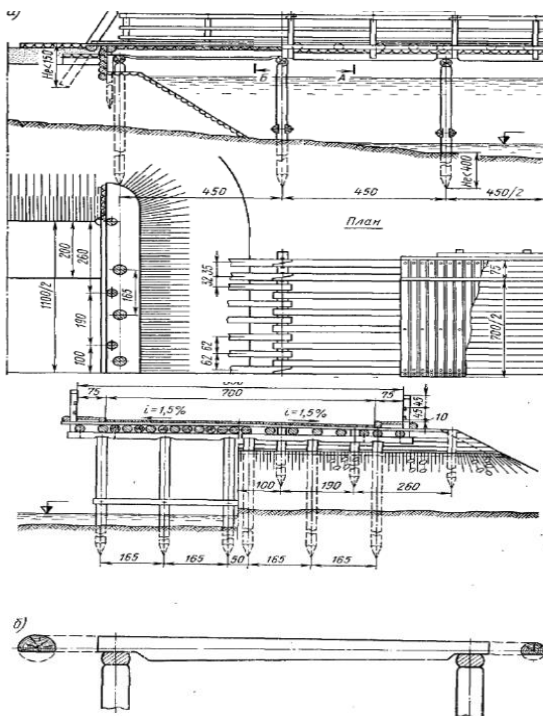
Sumber: SNI 03-3428-1994

### III. JENIS - JENIS KONSTRUKSI JEMBATAN PERDESAAN

Jembatan adalah suatu bangunan konstruksi di atas sungai atau jurang yang digunakan sebagai prasarana lalu lintas darat. Tujuan dari pembangunan jembatan di perdesaan adalah untuk sarana penghubung pejalan kaki atau lalu-lintas kendaraan ringan di perdesaan, dengan konstruksi sederhana, dengan mempertimbangkan sumber daya setempat (tenaga kerja, material, peralatan, dan teknologi) sehingga mampu dilaksanakan oleh masyarakat setempat. Jembatan pada jalan desa menghubungkan perkampungan dengan pusat kegiatan produksi, seperti pertanian, perkebunan dan lain-lain. Konstruksi jembatan dan bangunan pelengkap, bangunan jembatan dan penunjang lainnya diperlukan untuk penghubung jalan yang terpisah oleh sungai atau parit yang dalam yang terkadang melintas di daerah jalan. Jenis jembatan yang dikembangkan di perdesaan terdiri dari:

1. Jembatan Kayu
2. Jembatan Komposit
3. Jembatan Beton
4. Jembatan Gantung
5. Jembatan Pelimpas

## 3.1 JEMBATAN KAYU



Sumber: *Petunjuk Teknis, Proyek Pembangunan desa Tertinggal (P3DT), 1998.*

**Gambar 3.1 Jembatan Kayu**

Perencanaan jembatan kayu dapat dilakukan jika bentang jembatan kurang dari 6 meter. Adapun konstruksi jembatan gelagar kayu dengan dua perletakan dapat menggunakan spesifikasi sebagai berikut:

- Kayu yang digunakan minimal kayu kelas kuat II (kruing, meranti merah, rasamala, atau menggunakan bahan lokal):
- Lantai menggunakan kayu 6/20 cm:
- Baut dan paku untuk sambungan struktur kayu.

**Tabel 3.1 Dimensi Gelagar Kayu untuk  
Jembatan Beban Ringan**

Bentang Bersih	Penampang Balok	Panjang Balok	Ukuran Balok (mm)	Lebar Jembatan (m)		
				2.5	3	4.5
				Jumlah Balok		
0-3,0 m	Persegi panjang Persegi bundar	3,0 m + 50 cm	255 x 150 215 x 215 225	3	4	6
3,1-4,5 m	Persegi panjang Persegi bundar	4,5 m + 50 cm	300 x 150 240 x 240 300	3	4	6
4,6-6,0 m	Persegi panjang Persegi bundar	6,0 m + 50 cm	300 x 200 280 x 280 400	3	4	6

Sumber: *Petunjuk Teknis, Proyek Pembangunan desa Tertinggal (P3DT), 1998*

## 3.2 JEMBATAN BETON

Untuk desain konstruksi jembatan beton konsultan pendamping melakukan konsultasi teknis dengan dinas instansi teknis terkait dan dapat menggunakan standar dinas teknis bidang Pekerjaan Umum kabupaten serta mempertimbangkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan.

Beberapa keunggulan penggunaan jembatan beton dibandingkan jembatan kayu atau jembatan gelagar besi, antara lain:

- Masa pakainya lebih lama;
- Jika dilaksanakan dengan benar, kebutuhan untuk pemeliharaan relatif lebih ringan;
- Harga tidak jauh berbeda dengan jembatan kayu, dan lebih murah daripada gelagar besi;
- Dapat dibangun di tempat yang tidak ada kayu dan pengangkutan gelagar besi sangat sulit/relatif mahal;

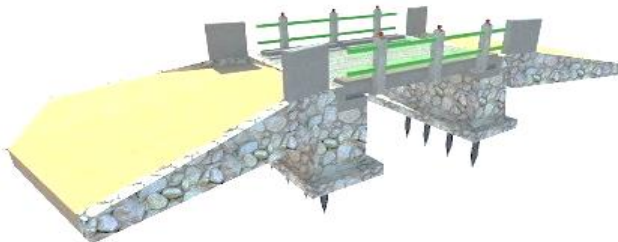
- Masyarakat mendapatkan ketrampilan baru, yaitu cara menggunakan bahan beton yang notabene sangat dipengaruhi oleh tingkat dan kualitas pemahaman struktur beton dan cara pengerjaannya.

Kerugian penggunaan jembatan beton dibanding jembatan kayu atau jembatan gelagar besi, antara lain:

- Perlu keterampilan khusus dalam desain;
- Perlu perhatian khusus untuk menjamin kualitas pekerjaan;
- Sangat peka terhadap penurunan tanah maka perlu fondasi yang terjamin kuat;
- Lebih sulit pemeliharaan bila ada kerusakan;
- Kerusakan lebih sulit dideteksi sampai dengan jembatan ambruk, maka lebih berbahaya;
- Tanpa pengawasan yang ketat, resiko kegagalan cukup besar.

Berdasarkan masalah-masalah yang telah diuraikan di atas, maka perlu beberapa pembatasan dan persyaratan untuk jembatan beton, yaitu:

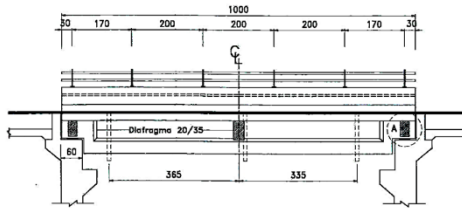
- Ukuran bentang dibatasi yaitu maksimal 6 m:
- Fondasi harus jelas kuat dan stabil, yang dapat diperiksa melalui tes pit atau pengeboran (soil auger). Jembatan beton tidak diizinkan pada lokasi yang mempunyai sifat tanah kurang stabil dan daya dukung lemah. Jembatan beton untuk lokasi dengan tanah kurang baik memerlukan tes laboratorium tanah.



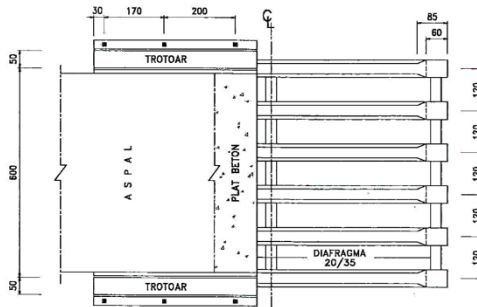
Sumber: SE Menteri PUPR 07/SE/M/2015

**Gambar 3.2 Jembatan Beton**





POTONGAN MEMANJANG  
SKALA 1 : 100



Sumber: SE Menteri PUPR 07/SE/M/2015

**Gambar 3.3 Jembatan Beton**

### 3.3 JEMBATAN KOMPOSIT

Jembatan komposit adalah gabungan dari material yang berbeda jenis, dimana terdapat kerjasama antara ke dua bahan tersebut dalam memikul beban. Suatu struktur gelagar jembatan yang menggabungkan antara bahan baja dan beton dapat dikategorikan sebagai konstruksi komposit apabila antara kedua bahan tersebut terjadi aksi komposit yang baik. Kondisi tersebut dapat dicapai dengan memasang alat penghubung/ *shear connector* pada bidang kontak antara baja dan beton. Bila aksi komposit dapat dicapai dengan baik, maka akan diperoleh efisiensi dimensi gelagar yang lebih ekonomis.

Untuk jembatan gelagar baja dengan lantai kendaraan dari beton bertulang yang menyatu dengan gelagar memanjang dan disatukan dengan penghubung geser (*shear connector*) tidak memerlukan ikatan rem hanya ada ikatan angin bawah, dan ikatan angin hanya diperlukan pada saat pendirian, namun di lapangan sering dipasang secara permanen. Bila lantai kendaraannya terbuat dari kayu, maka ikatan angin dan ikatan rem mutlak diperlukan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan jembatan komposit gelagar baja, antara lain:

- Pemasangan jembatan komposit terdiri atas dua tahap, yaitu:
  1. Tahap pemasangan gelagar baja.
  2. Tahap pengecoran lantai yang merupakan bagian struktur dari jenis komposit.
- Pemasangan gelagar dapat dilaksanakan dengan cara perancah atau dengan cara peluncuran.
- Pemasangan gelagar harus mengacu pada desain yang dilaksanakan, karena apabila digunakan dengan cara peluncuran (*launching*), maka bisa terdapat anggapan dalam perhitungan bahwa gelagar menahan semua beban mati beton yang berada di atas gelagar sebelum beton mengeras. Sedangkan pada pemasangan dengan cara perancah, perancah harus dihitung dapat menahan beban gelagar baja dan beton sebagai beban mati sebelum mengeras.
- Buat camber sesuai yang disyaratkan, karena dengan tidak adanya camber akan mengurangi kapasitas keamanan gelagar komposit.
- Gelagar komposit baru berfungsi sebagai komposit apabila beton yang berada di atas gelagar tersebut mengeras dan bekerja sama dengan gelagar menjadi satu kesatuan dalam suatu struktur.
- Komposit terbentuk melalui *Shear Connector* yang dipasang pada gelagar melintang.

Beberapa keunggulan penggunaan jembatan komposit antara lain:

- Dapat mengurangi berat baja.
- Dapat mengurangi tinggi profil.
- Kekakuan lantai lebih besar.
- Untuk profil yang telah ditetapkan dapat mencapai bentang yang lebih besar.
- Kemampuan menerima beban lebih besar.

Beberapa kelemahan penggunaan jembatan komposit meliputi:

- Kekakuan tidak konstan, untuk daerah momen negatif, pelat beton tidak dianggap bekerja.
- Pada jangka panjang, terjadi defleksi yang cukup besar.

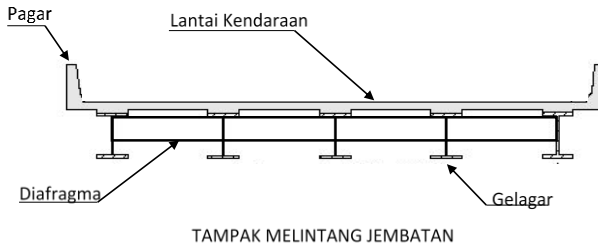
Konstruksi jembatan gelagar besi dengan dua perletakan sistem simple beam meliputi:

- Besi profil yang digunakan I profil.
- Lantai dengan balok kayu 6/20 cm.
- Baut dan paku untuk menghubungkan elemen struktur besi dan kayu.

**Tabel 3.2 Dimensi Gelagar Besi untuk Jembatan Beban Ringan**

Bentang Bersih	Penampang Gelagar (m)	Tinggi (H) (mm)	Lebar Leher (mm)	Berat per m' (kg)	Lebar Jembatan (m)		
					2.5	3	4.5
					Jumlah Balok		
3	3,5	200	90	78	3	4	6
4	4,5	200	90	105			
5	5,5	230	102	166			
6	6,5	260	113	250			
7	7,5	280	119	333			
8	8,5	300	125	430			
9	9,5	320	131	545			
10	10,5	360	143	757			
11	11,5	380	149	918			
12	12,5	400	155	1100			
3	13,5	425	163	1340			
14	14,5	425	163	1442			
15	15,5	450	170	1725			
16	16,5	475	178	2040			

Sumber: Petunjuk Teknis, Proyek Pembangunan desa Tertinggal (P3DT), 1998



*Sumber: Petunjuk Teknis, Proyek Pembangunan desa Tertinggal (P3DT), 1998.*

**Gambar 3.4 Jembatan Komposit**



*Sumber: Dokumentasi PISEW*

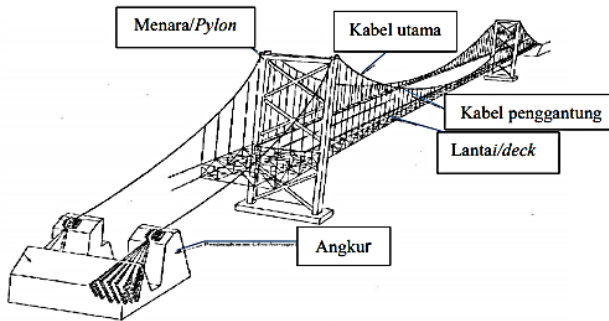
**Gambar 3.5 Jembatan Komposit Gelagar  
Baja Lantai Kayu dan Lantai Beton**

### 3.4 JEMBATAN GANTUNG

Konstruksi bangunan atas jembatan gantung berupa tiang pilon/menara, kabel utama, kabel pengaku, kabel penggantung dengan lantai dan pagar pengaman/ sandaran. Sedangkan, bangunan bawah berupa fondasi dari pasangan batu/beton.

Konstruksi jembatan gantung lebih cocok untuk bentang yang panjang dengan dasar sungai yang dalam. Pada lokasi tebing yang ketinggiannya tidak sama, penentuan bentang jembatan diusahakan agar kemiringan bentang utama jembatan maksimal 1:20.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membangun jembatan gantung/ jembatan pejalan kaki antara lain:



Sumber: Pedoman tentang Perencanaan dan Pelaksanaan Teknik Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki

**Gambar 3.6 Komponen Struktur Atas Jembatan Gantung**

#### a) Perencanaan Lokasi

Pemilihan lokasi jembatan pejalan kaki harus mempertimbangkan aspek ekonomis, teknis, dan kondisi lingkungan antara lain:

- Biaya pembuatan jembatan harus seminimal mungkin;
- Mudah untuk proses pemasangan dan perawatan;
- Mudah diakses dan memberikan keuntungan untuk masyarakat yang akan menggunakannya;
- Berada pada daerah yang memiliki resiko minimal terhadap erosi aliran sungai;
- Panjang bentang terpendek yang mungkin dari jembatan;
- Jembatan pejalan kaki harus berada pada bagian lurus dari sungai atau arus, jauh dari cekungan tempat erosi dapat terjadi;
- Pilih lokasi dengan kondisi fondasi yang baik untuk penahan kepala jembatan;

- Lokasi harus sedekat mungkin dengan jalan masuk yang ada atau lintasan lurus;
- Lokasi harus memberikan jarak bebas yang baik untuk mencegah banjir dan harus meminimalisasi kebutuhan untuk pekerjaan tanah pada jalan masuk untuk menaikkan permukaan pada jembatan;
- Arus sungai harus memiliki penguraian yang baik dan jalan aliran yang stabil dengan risiko yang kecil dari perubahan karena erosi;
- Lokasi harus terlindung dan seminimal mungkin terkena pengaruh angin;
- Lokasi harus memberikan jalan masuk yang baik untuk material dan pekerja;
- Akan sangat membantu bila terdapat penyedia material setempat yang mungkin digunakan dalam konstruksi seperti pasir dan batu;
- Lokasi harus mendukung kegiatan ekonomi masyarakat setempat.

## **b) Menentukan Elevasi jembatan**

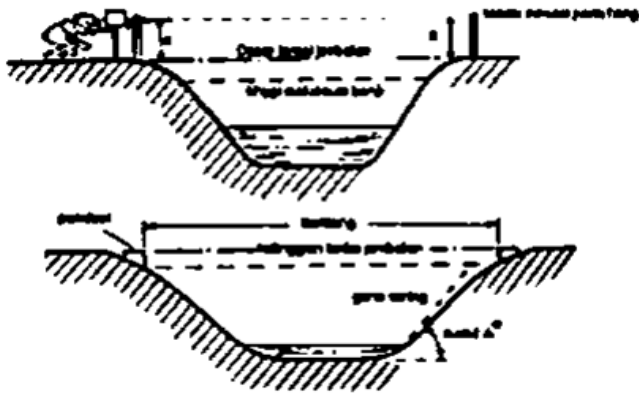
Elevasi lantai jembatan ditentukan oleh jarak bebas dan tinggi banjir dengan periode ulang 20 tahun. Jarak bebas yang dianjurkan adalah:

- Pada daerah yang agak datar ketika air banjir dapat menyebar ke batas ketinggian permukaan air dianjurkan jarak bebas minimum 1 m;
- Pada daerah berbukit dan memiliki kelandaian lebih curam ketika penyebaran air banjir lebih terbatas, jarak bebas harus ditingkatkan. Jarak bebas lebih dari 5 m disarankan untuk daerah berbukit dengan arus sungai yang mengalir pada tepi jurang yang curam.

- Faktor kritis lain dari jarak bebas untuk perahu dan lokasi dari kepala jembatan juga perlu diperiksa untuk melihat kriteria mana yang mengatur tinggi minimum lantai jembatan.

Tinggi banjir rata-rata dapat diamati dengan:

- Observasi tempat yang ditandai oleh material yang tertahan pada tumbuhan, jenis arus, endapan pasir/tanah:
- Diskusi dengan masyarakat setempat:
- Data muka air banjir tertinggi.



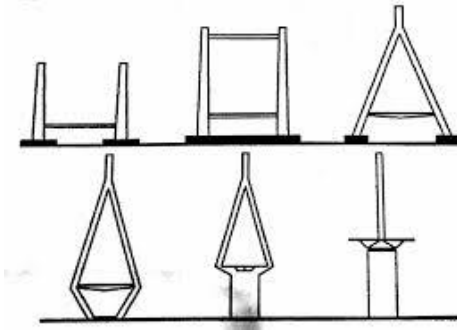
Sumber: Pedoman tentang Perencanaan dan Pelaksanaan Teknik Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki

**Gambar 3.7 Penentuan Ketinggian Lantai Jembatan**

### c) Menara (Pylon/Tower)

Menara pada sistem jembatan gantung akan menjadi tumpuan kabel utama. Beban yang dipikul oleh kabel selanjutnya diteruskan ke menara yang kemudian disebarkan ke tanah melalui fondasi. Dengan demikian agar dapat menyalurkan beban dengan baik perlu diketahui pula bentuk atau macam menara yang akan digunakan. Bentuk menara dapat berupa portal, multistory, atau diagonally braced frame.

Konstruksi menara tersebut dapat juga berupa konstruksi cellular, yang terbuat dari pelat baja lembaran, baja berongga, atau beton bertulang. Tumpuan menara baja biasanya dapat diasumsikan jepit atau sendi. Sedangkan tumpuan kabel di bagian atas menara, sering digunakan tumpuan rol untuk mengurangi pengaruh ketidakseimbangan menara akibat lendutan kabel.



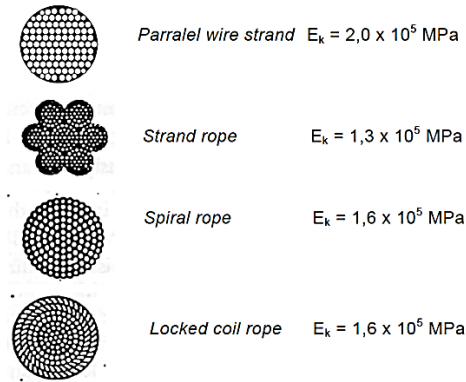
Sumber: Troitsky, 1972

**Gambar 3.8 Bentuk Menara/Pylon Jembatan Gantung**

#### d) Kabel /Sling

- Kabel utama yang digunakan berupa untaian (*strand*). Jenis-jenis kabel ditunjukkan dalam Gambar di bawah;
- Kabel dengan inti yang lunak tidak diizinkan digunakan pada jembatan gantung ini;
- Kabel harus memiliki tegangan leleh minimal sebesar 1500 MPa;
- Batang penggantung menggunakan baja bundar sesuai spesifikasi;
- Kabel ikatan angin menggunakan baja bundar sesuai spesifikasi.





Sumber: SNI 03-3428-1994

### Gambar 3.9 Penampang Melintang Kabel/Sling

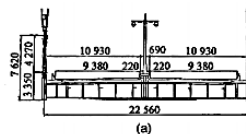
Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan gantung antara lain:

- Mempunyai penampang yang homogen (seragam) pada seluruh bentang
- Tidak dapat menahan momen dan gaya desak
- Gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial
- Bentuk kabel tergantung pada beban yang bekerja padanya
- Bila kabel menderita beban terbagi merata, maka wujudnya akan melengkung parabola
- Pada jembatan gantung, kabel menderita beban titik sepanjang beban mendatar

#### e) Deck Jembatan

Sistem lantai (*deck*) merupakan struktur longitudinal yang menyokong dan mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya, berperan sebagai penghubung sistem lateral, serta menjamin stabilitas aerodinamis dari struktur. Dalam perencanaan deck jembatan perlu mempertimbangkan faktor aliran udara vertikal dan beban mati dari deck itu sendiri. Dengan penggunaan sistem

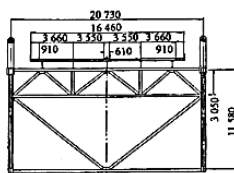
lantai (*deck*) dapat menambah kekakuan dari konstruksi jembatan gantung. Material yang biasanya digunakan pada deck (sistem lantai) jembatan berupa beton bertulang dengan berat yang relatif ringan, *deck orthotropic*, atau baja berongga yang sebagian diisi dengan beton (komposit baja-beton). Pada deck (sistem lantai) ini, pengaruh kembang susut material baja atau beton perlu diperhatikan dengan cermat. Apabila kembang-susut tidak terkontrol akan dapat menyebabkan penambahan tegangan pada struktur deck itu sendiri, selain itu dapat pula menimbulkan kerusakan pada konstruksi deck. Untuk itu penggunaan 11 *expantion joint* sebaiknya diberikan setiap 30-40 m untuk mencegah kerusakan deck dan struktur utama (*Troitsky, 1994*). Sistem lantai (deck) dapat berupa stiffening truss, I-girder, dan *box girder*. Seperti potongan melintang deck jembatan yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada jembatan gantung bentang panjang, truss atau *box girder* yang biasanya digunakan. I girder tidak menguntungkan untuk stabilitas aerodinamis. Penggunaan *box girder* kini lebih banyak digunakan karena truss memerlukan fabrikasi yang besar dan perawatannya yang sulit.



(a)

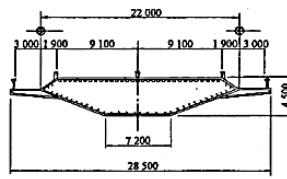
**I-girder**

(Bronx-Whitstone Bridge)



(b)

**Truss Girder**  
(Mackinac Straits Bridge)



(c)

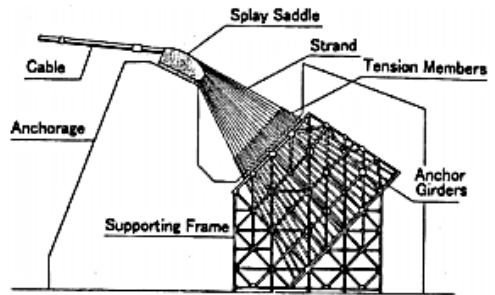
**Box Girder**  
(Humber Bridge)

Sumber: Harazaki, I., S. Suzuki, dan A. Okukawa, 2000

**Gambar 3.10 Penampang Melintang Deck Jembatan**

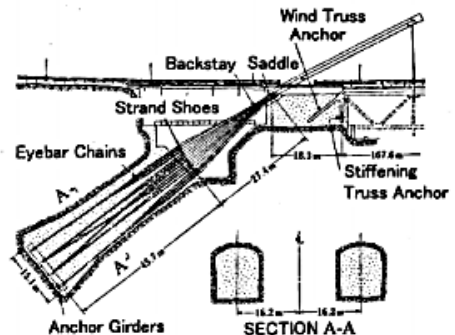
## f) Pengangkuran

Pengangkuran jembatan gantung berupa balok beton yang sangat besar yang menjadi ankur kabel utama dan berperan sebagai penyokong akhir sebuah jembatan. Pengangkuran jembatan dapat berupa pengakuran gravity atau tunnel. Pengangkuran gravity bergantung pada massa ankur itu sendiri untuk menahan tegangan dari kabel utama. Tipe ini sering digunakan pada banyak jembatan gantung. Pengangkuran tunnel membawa tegangan dari kabel utama langsung ke dalam tanah. Kondisi geoteknik yang memadai dibutuhkan untuk pengangkuran tipe ini.



Sumber: Harazaki, I., S. Suzuki, dan A. Okukawa, 2000

**Gambar 3.11 Pengangkuran Gravitasi Jembatan Akashi Kaikyo**



Sumber: Harazaki, I., S. Suzuki, dan A. Okukawa, 2000

**Gambar 3.12 Pengangkuran Tunnel Jembatan George Washington**

## g) Penggunaan *Wire Rope Clip*

*Wire clip* adalah alat bantu untuk membuat *wire rope sling* sebagai pengganti cara *mechanical splice*. Penggunaan *wire rope clip* yang benar menghindari kesalahan pada cara pemasangan yang dapat mengakibatkan rusaknya *wire rope* saat dipasang dengan *wire clip* tersebut. Dan juga agar dapat menghindari kecelakaan kerja saat *wire clip* diaplikasikan di Lapangan.

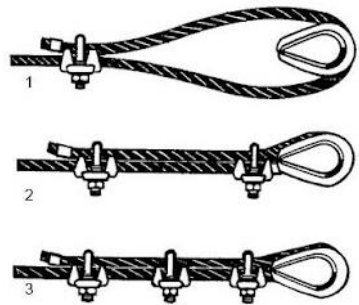
Tata cara penggunaan *wire rope clip* yang baik dan benar:

1. Saat akan melakukan pemasangan *wire rope clip*, tekuk *wire rope* yang sudah disandarkan dengan *thimble* di dalamnya. Panjang antara ujung *wire rope* yang ditekuk dengan mata ditentukan sesuai dengan ukuran *wire rope* dan *wire rope clip* itu sendiri.

**Tabel 3.3 Ukuran Wire Rope Clip**

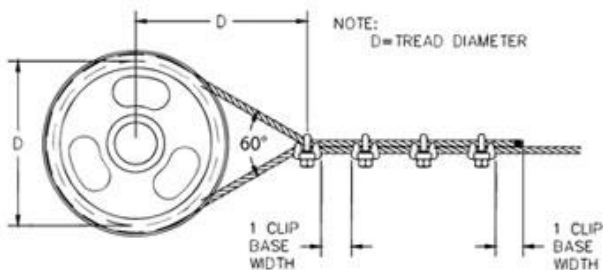
Table 1				
Clip Size (in.)	Rope Size (mm)	Minimum No. of Clips	Amount of Rope to Turn Back in mm	* Torque in Nm
1/8	3-4	2	85	6.1
3/16	5	2	95	10.2
1/4	6-7	2	120	20.3
5/16	8	2	133	40.7
3/8	9-10	2	165	61.0
7/16	11-12	2	178	68
1/2	13	3	292	88
9/16	14-15	3	305	129
5/8	16	3	305	129
3/4	18-20	4	460	176
7/8	22	4	480	305
1	24-25	5	660	305
1-1/8	28-30	6	860	305
1-1/4	33-34	7	1120	488
1-3/8	36	7	1120	488
1-1/2	38-40	8	1370	488
1-5/8	41-42	8	1470	583
1-3/4	44-46	8	1550	800
2	48-52	8	1800	1017
2-1/4	56-58	8	1850	1017
2-1/2	62-65	9	2130	1017
2-3/4	68-72	10	2540	1017
3	75-78	10	2690	1627
3-1/2	85-90	12	3780	1627

2. *Wire rope clip* pertama diletakkan pada ujung *wire rope* yang ditekuk kemudian kencangkan. Setelah itu masukkan *wire rope clip* kedua dan seret sampai mendekati thimble sampai diujung agar tidak selip kemudian kencangkan. Terakhir pasang *wire rope clip* ketiga dengan jarak yang sejajar dengan kiri dan kanan *wire rope clip* pertama dan kedua.



**Gambar 3.13 Pemasangan Wire Rope Clip**

3. Untuk jumlah pemasangan *wire rope clip* pada terminasi *wire rope* dapat dilihat pada tabel diatas pada kolom bagian Minimum No. of Clips. (Minimal *wire rope clip* dipasang 2 untuk ukuran *wire rope* tertentu)
4. Jika dipasang menggunakan roda *pulley* atau *sheave*, maka antara *wire rope clip* pertama dengan roda *pulley* harus diberi jarak yang membentuk sudut  $60^\circ$ .



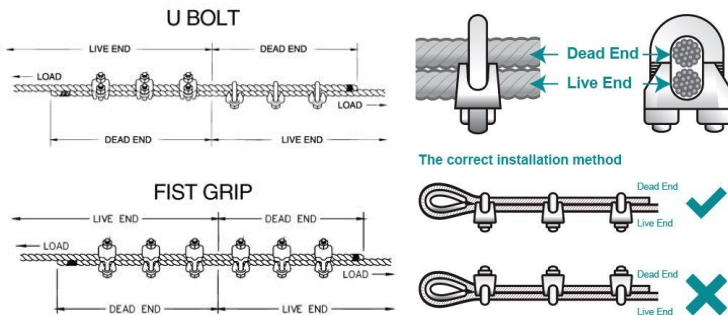
**Gambar 3.14 Pemasangan Wire Rope Clip Menggunakan Roda Pulley**

5. Jika melakukan *Splicing* terhadap dua *wire rope* maka *splicing wire rope* satu sama lain harus dipasang berlawanan arah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 3.15 Pemasangan *Splicing Wire Rope***

6. Jika dilakukan penggabungan dua *wire rope* maka cara pemasangan *wire rope clip* tipe *Fist Grip* ini dipasang sejajar tidak berlawanan arah, berbeda dengan pemasangan *wire rope clip* tipe *US forged* atau *U Bolt*. Contohnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



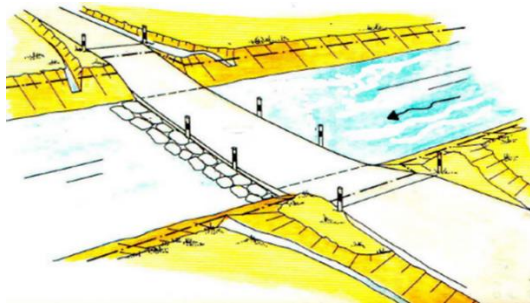
Sumber: [www.asmarines.com](http://www.asmarines.com)

**Gambar 3.16 Penggabungan Dua *Wire Clip* Tipe *U Bolt* dan *Fist Grip***

### 3.5 JEMBATAN LIMPAS

Jembatan Pelimpas berfungsi untuk lalu lintas kendaraan bermotor roda empat ringan (beban as tunggal 5 ton). Jembatan pelimpas digunakan antara lain bila kondisi sungai sebagai berikut:

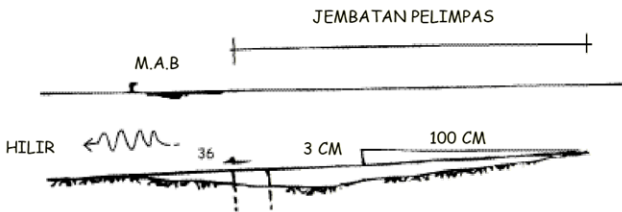
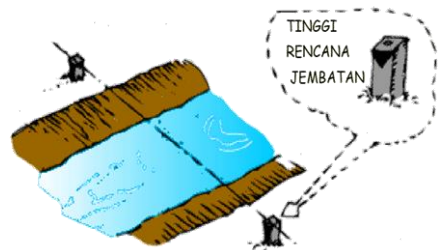
- Tebing sungai landai/tidak terjal
- Aliran air normal kecil
- Tanah dasar sungai cukup keras



**Gambar 3.17 Ilustrasi Jembatan Limpas**

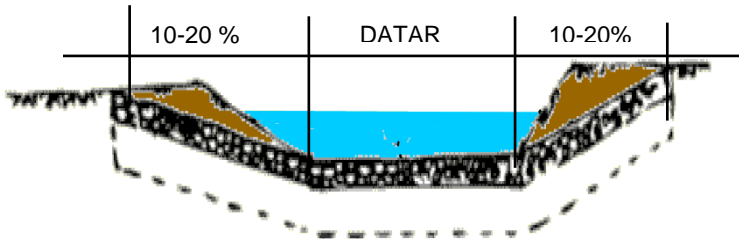
Teknis pelaksanaan pembangunan jembatan limpas adalah:

1. Menentukan as jembatan dgn menggunakan patok;
2. Perhatikan tinggi jembatan rencana dgn menggunakan tanda pada patok tersebut;
3. Usahakan membuat kemiringan jembatan ke arah hilir sebesar 3% (3 cm turun setiap 100 cm), atau paling tidak mengikuti kemiringan sungai yang ada;



**Gambar 3.18 Kemiringan Jembatan ke Arah Hilir**

4. Usahakan membuat kemiringan jalan masuk atau jalan keluar jembatan pelimpas sekitar 10% sampai dengan 20%.



**Gambar 3.19 Kemiringan Jalan Masuk dan Keluar Jembatan Pelimpas**



*Sumber: Dokumentasi PISEW*

**Gambar 3.20 Foto Jembatan Limpas**



## IV. PENUTUP

Jembatan mungkin hanya terlihat sebagai bagian kecil dari suatu ruas jalan. Namun jika konstruksi satu jembatan rusak/roboh, maka ruas jalan tersebut kemungkinan tidak akan berfungsi. Hal ini menunjukkan fungsi penting jembatan.

Buku Petunjuk Konstruksi Jembatan ini diharapkan menjadi alternatif pegangan/rujukan para pelaku pembangunan di perdesaan dalam melaksanakan kegiatan perencanaan infrastruktur jembatan, baik yang dikerjakan pada kegiatan PISEW maupun kegiatan/program lain yang berfokus pada kegiatan pembangunan desa yang melibatkan peran serta masyarakat.

**BUKU SAKU  
PETUNJUK KONSTRUKSI JEMBATAN  
INFRASTRUKTUR BERBASIS MASYARAKAT  
DIREKTORAT PENGEMBANGAN KAWASAN  
PERMUKIMAN (PISEW)  
TAHUN 2022**

---

**PENGARAH**

J. Wahyu Kusumosusanto

**KONTRIBUTOR**

Valentina  
Winda Laksana  
Haris Pujogiri  
Aris M. Budiawan  
Eko Priantono  
Roofy Reizkapuni  
Ade Prasetyo K.  
Iriyanti Najamuddin  
Azwar Aswad Harahap  
Pipit Prayogo  
Alifiah Devi Rahmawati

Diterbitkan oleh  
Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat  
Direktorat Jenderal Cipta Karya  
Direktorat Pengembangan Kawasan Permukiman

**Download Buku:**

