

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Jembatan secara umum didefinisikan sebagai struktur bangunan yang menghubungkan rute/lintasan transportasi yang melintasi sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, kereta api, atau perlintasan lainnya. Secara garis besar konstruksi, jembatan terdiri dari 2 komponen utama yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas merupakan bagian jembatan yang menerima langsung beban dari orang dan kendaraan yang melewatinya, meliputi: lantai jembatan, gelagar/ rangka jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, diafragma, dll. Sedangkan bangunan bawah merupakan bagian yang menerima beban dari bangunan atas, meliputi: abutment/pangkal jembatan, pilar jembatan dan pondasi.

Bentuk jembatan diawali dengan bentuk yang sederhana yaitu berupa batangan kayu atau batuan. Semakin lama bentuknya semakin bervariasi sesuai dengan kebutuhan manusia. Beberapa elemen ditambahkan pada jembatan untuk mempertinggi kekuatan dan keindahan dari bentuk jembatan itu sendiri. Contoh: penggunaan pelengkung pada jembatan yang memiliki kemampuan sangat tinggi terhadap respon momen lengkung selain menambah nilai seni dari jembatan juga berfungsi sebagai pemikul beban lalu lintas.

Peningkatan kekuatan dan keindahan jembatan dapat dilakukan dengan pemilihan bahan yang sesuai kebutuhan dan kondisi lapangan. Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan jembatan antara lain pasangan batu bata, kayu, beton, baja, dan komposit. Baja dan beton adalah jenis bahan yang banyak digunakan untuk jembatan-jembatan yang ada saat ini.

Kondisi tanah setempat juga menjadi faktor pendukung kekuatan suatu jembatan. Semua beban yang ada pada jembatan pada akhirnya akan disalurkan ke tanah. Tanah yang keras akan lebih baik menahan beban dibandingkan tanah yang lunak. Pemilihan bahan untuk jembatan tergantung dari jenis tanah dan bentang

yang ada. Semakin lunak tanah maka semakin kuat bahan yang digunakan untuk menahan beban-beban pada jembatan.

Proses perencanaan jembatan yang terstruktur sistematis sangat diperlukan untuk menghasilkan produk perencanaan yang efektif dan efisien, untuk itu diperlukan dasar-dasar perencanaan jembatan (JICA-1997), antara lain:

- ✦ Lokasi dan Alinyemen
- ✦ Berbagai syarat dan faktor eksternal
- ✦ Stabilitas Struktur dan Pertimbangan Ekonomi
- ✦ Pertimbangan Pelaksanaan dan Pemeliharaan
- ✦ Standarisasi
- ✦ Stabilitas Pelayanan dan Kenyamanan
- ✦ Keindahan (*estetika*)

Dalam merencanakan suatu jembatan, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau dan nantinya akan berpengaruh dalam perencanaan jembatan, diantaranya yaitu :

- ✦ Aspek Topografi,
- ✦ Aspek Kondisi Tanah,
- ✦ Aspek Hidrologi,
- ✦ Aspek Lalu Lintas,
- ✦ Aspek Konstruksi Jembatan, dan
- ✦ Aspek pendukung lainnya

Penentuan lokasi jembatan ditentukan berdasarkan trase rencana jalan yang tergantung dari spesifikasi sebagai berikut :

- ✦ Kondisi topografi merupakan faktor penentu dalam pemilihan konstruksi yang tepat untuk dilaksanakan.
- ✦ Posisi jembatan sebaiknya ditempatkan pada daerah lengkung cembung, karena apabila ditempatkan pada daerah lengkung cekung akan menimbulkan beban *impact* tambahan.
- ✦ Posisi jembatan diusahakan tegak lurus terhadap as sungai.
- ✦ Mempunyai kelayakan ekonomi, sehingga berhasil memberikan tingkat pelayanan dan kenyamanan yang cukup

2.2. ASPEK LALU LINTAS

Persyaratan transportasi meliputi kelaancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki (pedestrian) yang melintasi jembatan tersebut. Perencanaan lebar optimum jembatan sangat penting agar didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum. Oleh karena itu ketepatan dalam penentuan tipe jembatan sangat diperlukan.

Ada 2 cara mengenali aspek lalu lintas, yaitu :

1. Penghitungan manual

Penghitungan manual adalah metode penghitungan sederhana yaitu dengan mencatat semua kendaraan yang lewat yang kemudian ditulis dalam formulir yang telah disiapkan.

2. Penghitungan mekanik

Penghitungan mekanik adalah suatu acra penghitungan dengan suatu unit mekanik, volume lalu lintas dinyatakan dalam lalu lintas harian rata-rata dalam satuan kendaraan maupun dalam satuan mobil penumpang (smp) yang kemudian dikalikan dengan suatu bilangan ekivalen.

Jenis kendaraan dikelompokkan menjadi :

- ▀ Sepeda motor
- ▀ Mobil, mencakup sedan, kendaraan komersial kecil dan semua kendaraan roda empat dengan berat kosong sampai dengan 1,5 ton.
- ▀ Pick up, mobil hantaran, bis ukuran kecil dan truk ringan.
- ▀ *Heavy Good Vehicle* (HGV), kendaraan barang berat yaitu *trailer*, bus panjang dan kendaraan dengan roda enam atau lebih.

2.2.1. Klasifikasi Kelas Jalan

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penempatannya berdasarkan pada fungsi dan volume lalu lintas. Dalam “Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Tahun 1997”, klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti dalam tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

FUNGSI	KELAS	Lalin Harian Rata-rata (SMP)
Utama	I	> 20000
Sekunder	II A	6000-20000
	II B	1500-8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	-

2.3. ASPEK HIDROLOGI

Dalam perencanaan suatu jembatan, tinjauan hidrologi memegang peranan penting, terutama yang berkaitan dengan dimensi penampang sungai untuk menentukan panjang bentang suatu jembatan.

Selain itu drainase merupakan bagian penting sebagai saluran tempat pengaliran air di konstruksi jalan dan jembatan.

- Mencari besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu dengan rumus Gumbel:

$$X_{Tr} = \bar{X} + Kr \times Sx$$

Dimana :

X_{Tr} = besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu (mm)

\bar{X} = curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

$$Kr = 0,78 \left\{ -\ln \left[\left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] \right\} - 0,45 = 2,59$$

Sx = standart deviasi

- Mencari debit banjir

$$Q = C \times I \times A$$

Dimana :

Q = debit pengaliran (m^3/dt)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

- C = koefisien run off
 I = intensitas hujan (mm/ jam)

- Menentukan kedalaman penggerusan :

$$d = 0,473*(Q/f)^{0,333}$$

Dimana :

- d = kedalaman gerusan normal dari muka air banjir maximum
 Q = debit banjir maximum (m³/ dt)
 F = Luas penampang basah (m²)
 V = Kecepatan pengaliran (m/ dt)

2.4 ASPEK PENYELIDIKAN TANAH

Aspek tanah sangat menentukan terutama dalam hal penentuan daya dukung tanah untuk perencanaan jalan dan jembatan. Untuk mengetahui kondisi tanah perlu dilakukan penyelidikan tanah.

Pelaksanaan pekerjaan penyelidikan tanah meliputi :

1. Pekerjaan lapangan

Pekerjaan pengeboran dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanis.

Pekerjaan sondir dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah *bearing capacity* yang diperkirakan memenuhi syarat pada kedalaman tertentu.

2. Pekerjaan laboratorium

Pekerjaan yang dilaksanakan di laboratorium meliputi penyelidikan sifat fisik tanah dan sifat mekanik serta penggambaran grafis *conus resistance*, *local friction*, dan *total friction*.

2.4.1. Penyelidikan Tanah untuk Pondasi

Dalam perencanaan pondasi besaran tanah yang harus diperhitungkan adalah daya dukung tanah dan letak lapisan tanah keras. DDT yang telah dihitung harus lebih besar dari beban ultimate yang telah dihitung terhadap faktor keamanan.

2.4.2. Penyelidikan Tanah untuk Abutment

Data tanah yang dibutuhkan berupa sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah yang bekerja pada abutment dan daya dukung tanah yang merupakan reaksi tanah dalam penyaluran beban dari abutment.

2.5 ASPEK KONSTRUKSI JEMBATAN

Penentuan tipe jembatan yang akan digunakan didasarkan pada berbagai pertimbangan yaitu pertimbangan ekonomi, teknologi, kemudahan pelaksanaan, waktu pelaksanaan, keawetan konstruksi dan estetika.

2.5.1. Pembebanan Struktur

Beban-beban yang bekerja pada struktur Jembatan Karang Ploso Batu Malang ini direncanakan dengan menggunakan aturan yang terdapat pada Bridge Management System (BMS – 1992) yaitu:

2.5.1.1. Beban Permanen

- ☛ Berat sendiri

Berat nominal dan nilai terfaktor dari berbagai bahan dapat diambil dari tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Berat Bahan Nominal dan U.L.S

Bahan Jembatan	Berat Sendiri Nominal S.L.S kN/ m ³	Berat Sendiri Biasa U.L.S kN/ m ³	Berat Sendiri Terkurangi U.L.S kN/ m ³
Beton Massa	24	31,2	18
Beton Bertulang	25	32,5	18,80
Beton Bertulang Pratekan (pracetak)	25	30	21,30
Baja	77	84,7	69,30
Kayu, Kayu lunak	7,8	10,9	5,50
Kayu, Kayu keras	11	15,4	7,7

Sumber : BMS – 1992

☞ Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah berat semua elemen tidak structural yang dapat bervariasi selama umur jembatan seperti :

- * Peralatan permukaan khusus
- * Pelapisan ulang dianggap sebesar 50 mm aspal beton (hanya digunakan dalam kasus menyimpang dan nominal 22 kN/ m^3).
- * Sandaran, pagar pengaman dan penghalang beton
- * Tanda-tanda
- * Perlengkapan umum seperti pipa air dan penyaluran (dianggap kosong atau penuh)

☞ Susut dan rangkai

Susut dan rangkai menyebabkan momen, geser dan reaksi ke dalam komponen tertahan. Pada ULS penyebab gaya-gaya tersebut umumnya diperkecil dengan retakan beton dan baja leleh. Untuk alasan ini beban faktor ULS yang digunakan 1,0. Pengaruh tersebut dapat diabaikan pada ULS sebagai bentuk sendi plastis. Bagaimanapun pengaruh tersebut seharusnya dipertimbangkan pada SLS.

☞ Pengaruh pratekan

Selain dari pengaruh primer, pratekan menyebabkan pengaruh sekunder dalam komponen tertahan dan struktur tidak tertentu, untuk penentuan pengaruh penuh dari pratekan dalam struktur tidak tertentu adalah cara beban ekuivalen padamana gaya tambahan pada beton akibat kabel pratekan dipertimbangkan sebagai beban luar.

☞ Tekanan tanah

Keadaan aktif

$$\sigma = \gamma \times z \times \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) - 2 \times C \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

Keadaan pasif

$$\sigma = \gamma \times z \times \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2 \times C \times \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

2.5.1.2. Beban Lalu Lintas

☛ Beban kendaraan rencana

- Aksi kendaraan

Beban kendaraan mempunyai 3 komponen :

1. Komponen vertikal
2. Komponen rem
3. Komponen sentrifugal

- Jenis kendaraan

Beban lalu lintas untuk rencana jembatan jalan raya terdiri dari pembebanan lajur "D" dan pembebanan truk "T". Pembebanan lajur "D" diletakkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya, jumlah total pembebanan lajur "D" yang ditempatkan tergantung pada lebar jalan kendaraan jembatan. Pembebanan truk "T" adalah berat kendaraan, berat tunggal dengan 3 gandar yang ditempatkan dalam kedudukan sembarang pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari 2 pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh moda kendaraan berat. Hanya 1 truk "T" boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana.

☛ Beban D

Beban D terdiri dari :

- a. Beban terbagi rata (UDL) dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut :

$$L \leq 30 \text{ m ; } q = 8.0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m ; } q = 8.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$$

- b. Beban UDL boleh ditempatkan dalam panjang terputus agar terjadi pengaruh maksimum. Dalam hal ini L adalah jumlah dari panjang masing-masing beban terputus tersebut.

- c. Beban garis (KEL) sebesar P kN/m, ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas.

$$P = 44,0 \text{ kN/m}$$

Pada bentang menerus (KEL) ditempatkan dalam kedudukan lateral sama yaitu tegak lurus arah lalu lintas pada 2 bentang agar momen lentur negatif menjadi maksimum.

☛ **Beban truk “T”**

Hanya satu truk yang harus ditempatkan dalam tiap lajur lalu lintas rencana untuk panjang penuh dari jembatan. Truk “T” harus ditempatkan di tengah lajur lalu lintas. Jumlah maksimum lajur lalu lintas diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.3 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Jenis Jembatan	Lebar Jalan Kendaraan Jembatan (m)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana
Dua arah tanpa median	5,5-8,25	2
	11,25-15,0	4
	11,25-15,0	4

Sumber : BMS - 1992

☛ **Faktor beban dinamik**

Faktor beban dinamik (DLA) berlaku pada “KEL” lajur “D” dan truk “T” untuk simulasi kejutan dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Faktor beban dinamik adalah untuk S.L.S dan U.L.S dan untuk semua bagian struktur sampai pondasi. Untuk truk “T” nilai DLA adalah 0,3, untuk “KEL” nilai DLA diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4 Faktor Beban Dinamik untuk “KEL” Lajur “D”

Bentang Ekuivalen L_E (m)	DLA (untuk kedua keadaan batas)
$LE < 50$	0,4
$50 < LE < 90$	$0,525 - 0,0025 LE$
$LE > 90$	0,3

Sumber : BMS-1992

Catatan :

1. Untuk bentang sederhana $L_E =$ panjang bentang actual
2. Untuk bentang menerus $L_E = L$ rata-rata x $L_{maksimum}$

☞ Gaya rem

Pengaruh rem dan percepatan lalu lintas harus dipertimbangkan sebagai gaya memanjang. Gaya ini tidak tergantung pada lebar jembatan dan diberikan dalam tabel 2.13 hal 2-BMS 1992 untuk panjang struktur yang tertahan.

☞ Beban pejalan kaki

Intensitas beban pejalan kaki untuk jembatan jalan raya tergantung pada luas beban yang dipikul oleh unsur yang direncanakan. Bagaimanapun, lantai dan gelagar yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk 5kPa. Intensitas beban untuk elemen lain diberikan dalam tabel 2.14 hal 2-BMS 1992.

☞ Beban tumbuk pada penyangga jembatan

Penyangga jembatan dalam daerah lalu lintas harus direncanakan agar menahan tumbukan sesaat atau dilengkapi dengan penghalang pengaman yang khusus direncanakan.

- tumbukan kendaraan diambil sebagai beban statis SLS sebesar 1000 kN pada 10° terhadap garis pusat jalan pada tinggi sebesar 1,8 m.
- Pengaruh tumbukan kereta api dan kapal ditentukan oleh yang berwenang dengan relevan.

2.5.1.3. Beban Lingkungan

1. Penurunan

Jembatan direncanakan agar menampung perkiraan penurunan total dan diferensial sebagai S.L.S.

2. Gaya angin

Luas ekuivalen diambil sebagai luas pada jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus yang dibatasi oleh unsur rangka terluar. Tekanan angin rencana (kPa) diberikan dalam tabel 2.16 hal 2-22 BMS 1992.

3. Gaya apung

Pengaruh gaya apung harus termasuk pada gaya aliran sungai kecuali diadakan ventilasi udara. Perhitungan berikut harus diperhitungkan bila pengaruh gaya apung diperkirakan :

- Pengaruh gaya apung pada bangunan bawah dan beban mati bangunan atas.
- Pengadaan system pengikat jangkar untuk bangunan atas.
- Pengadaan drainase dari sel dalam.

4. Gaya yang diakibatkan oleh suhu

Perubahan merata dalam suhu jembatan menghasilkan perpanjangan atau penyusutan seluruh panjang jembatan. Gerakan tersebut umumnya kecil di Indonesia, dan dapat diserap oleh perletakan dengan gaya cukup kecil; yang disalurkan ke bangunan bawah oleh bangunan atas dengan bentang 100 m atau kurang.

5. Gaya gempa

Jembatan yang akan dibangun di daerah rawan gempa bumi harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh gempa bumi tersebut. Pengaruh gempa bumi pada jembatan diperhitungkan senial dengan pengaruh horizontal yang bekerja pada titik berat konstruksi / bagian konstruksi yang ditinjau dalam arah yang paling berbahaya. Gaya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = E \times G_p$$

Dimana : K = gaya horizontal akibat gempa

E = Koefisien gempa

G_p = Muatan mati dari struktur yang ditinjau

2.5.2. Struktur Atas

Struktur atas merupakan bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas, orang atau kendaraan atau lainnya, yang kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah. Dalam perencanaan bangunan atas jembatan, untuk mengurangi kerumitan analisisnya, peraturan mengijinkan penggunaan cara yang disederhanakan jika pembatasan peraturan tersebut memenuhi. Cara sederhana ini meliputi :

- ✘ Respon terhadap beban mati, seluruh atau sebagian bangunan atas jembatan dianggap sebagai balok untuk perhitungan momen dan geser memanjang. Jembatan dianggap sebagai girder atau balok.
- ✘ Respon terhadap beban lalu lintas, mempertimbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar girder atau gelagar dengan intensitas 100%. Dan menyebarkan beban truk tunggal “T” yang bekerja pada plat dengan faktor sesuai peraturan.

Untuk struktur atas Jembatan Karang Ploso ini terdiri dari :

1. Sandaran

Merupakan konstruksi pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan sehingga memberi rasa aman bagi pengguna jalan. Tiang sandaran dibuat dari konstruksi beton bertulang dengan bentuk penampang persegi. Prinsip perhitungan konstruksi ini seperti pada perhitungan kolom.

2. Trotoir

Konstruksi trotoir direncanakan sebagai platbeton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai plat yang tertumpu sederhana pada plat jalan. Prinsip perhitungan plat trotoir sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03. pembebanan pada trotoir meliputi :

- Beban mati berupa berat sendiri plat
- Beban hidup sebesar 500 kg/m² berupa beban merata dan beban terpusat pada kerb.

Penulangan plat trotoir diperhitungkan sebagai berikut :

$$d = h - p - 0,5 \Phi \qquad M/ bd^2 = \dots\dots\dots \rightarrow \rho \text{ (GTPBB)}$$

ρ_{min} dan ρ_{maks} dapat dilihat pada tabel GTPBB (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang).

Syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho * b * d \qquad \text{dimana : } d = \text{tinggi efektif plat}$$

$$h = \text{tebal plat}$$

$$\rho = \text{tebal selimut beton}$$

$$\Phi = \text{diameter tulangan}$$

b = lebar plat per meter

3. Plat lantai

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan. Plat lantai dianggap tertumpu pada dua sisi.

- Pembebanan

■ Beban mati (berat sendiri plat, berat pavement, berat air hujan)

■ Beban hidup (muatan T, penyebaran beban roda PBI 1971)

- Perhitungan momen

- Penulangan (seperti perhitungan plat trotoir sesuai SKSNI)

4. Balok diafragma

Balok diafragma adalah balok melintang yang terletak diantara balok induk atau balok memanjang yang satu dengan yang lain. Konstruksi ini berfungsi sebagai pengaku gelagar memanjang dan tidak berfungsi menahan beban luar apapun kecuali berat sendiri diafragma. Perhitungan momen sesuai dengan Desain Penampang Beton Bertulang.

Untuk penulangan diafragma adalah sebagai berikut :

$$M/ bd^2 = \dots\dots\dots\rho \text{ (GTPBB)}$$

ρ_{min} dan ρ_{maks} dapat dilihat pada tabel GTPBB.

Syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$V_u = V_u/ bd \rightarrow \phi V_c = \dots\dots\dots(\text{tabel 15 GTPBB})$$

Jika $V_u < \phi V_c$ maka tidak diperlukan tulangan geser.

Untuk $V_u > \phi V_c$ maka :

$$\phi V_s = (V_u - \phi V_c) < \phi V_{smaks} \text{ (tabel 17 DDPBB) maka sengkang :}$$

$$A_s = \{ (V_u - \phi V_c) / (\phi * f_y) * b * y$$

$$A_{s \text{ min}} = (b * y) / (3 * f_y)$$

Syarat $a_s \text{ sengkang} > a_s \text{ sengkang min.}$

5. Balok utama

Konstruksi ini dapat berfungsi menahan beban di atasnya. Bahan yang digunakan adalah beton prestress.

Perhitungan yang dilakukan meliputi :

- Tegangan-tegangan ijin
 - * Awal : $f_{ti} = 0,5 (f' c_i)^{0,5}$
 : $f_{ci} = 0,6 (f' c_i)$
 - * Akhir : $f_t = 0,5 (f' c)^{0,5}$
 : $f_c = 0,45 (f' c)$
- Pembebanan
 - * Awal : beban mati + pratekan penuh
 - * Akhir : beban mati + beban hidup + gaya pratekan setelah kehilangan tegangan
- Letak penampang kritis
- Dimensi balok prestress
- Cek dimensi balok prestress
- Lay out tendon

6. Balok Pelengkung

Merupakan konstruksi penopang struktur restoran yang terletak di atasnya dan menahan beban dari *upper structure* serta beban lain yang ada pada jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk diteruskan ke tanah dasar. Alternatif balok pelengkung yang akan digunakan adalah :

- Rangka baja

Rangka baja berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk disalurkan ke tanah dasar melalui pondasi

- Balok lengkung beton bertulang

Perhitungan momen sesuai dengan DDPBB

Penulangan

$M/ bd^2 = \dots\dots\dots \rho$, lihat tabel pada GTPBB

Syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

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

$V_u = V_u/ bd$, $\phi V_c = \dots\dots\dots$ Lihat tabel 15 DDPBB

$V_u < \phi V_c \dots\dots\dots$ maka tidak diperlukan tulangan geser $V_u < 1 < V_c$

$$\phi V_s = (V_u - \phi V_c) < \phi V_s \text{ maks (tabel 17 DDPBB)}$$

$$A_s \text{ sengkang} = \frac{(V_u - \phi V_c) \times b \times y}{\phi \times f_y}$$

As sengkang > As sengkang min

2.5.3. Struktur Bawah

Yang termasuk struktur bawah adalah :

1. Abutment

Perhitungan meliputi :

✘ Pembebanan

1. Beban mati (gelagar induk, lantai jembatan, balok utama, konstruksi penopang restoran, diafragma, pavement, tiang sandaran, air hujan, balok pelengkung)
2. beban hidup (beban merata, beban garis, beban di trotoir)
3. Beban sekunder (beban gempa, tekanan tanah aktif, rem dan traksi, koefisien kejut, beban angin)

✘ Perhitungan penulangan abutment disesuaikan dengan SKSNI T-15-1991-03

✘ Beban horizontal

✘ Kontrol stabilitas

✘ Perencanaan abutment

✘ Perhitungan beban yang bekerja pada pondasi

✘ Penulangan abutment

2. Pondasi

Perencanaan pondasi ditinjau terhadap pembebanan vertikal dan lateral, dimana berdasarkan data tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras berada pada lapisan dalam. Pondasi dalam digunakan bila lapisan tanah dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak cukup dalam ($D_f > 2,5B$).

Ada dua macam pondasi dalam, yaitu :

- ▶ Pile yang pemancangannya dengan cara mendesak tanah, misalnya tiang pancang

- Pile yang penempatannya dengan cara disediakan ruangan sebelumnya di dalam tanah, kemudian baru dipasang bore pile

Untuk Jembatan Karang Ploso digunakan pondasi sumuran.

Kestabilan pondasi sumuran harus dikontrol terhadap :

1. Aman terhadap daya dukung tanah

$$q_u = \frac{\pi \times d^2}{4} (1,3 \times c \times N_c + \gamma_1 \times D \times N_q + 0,3 \times \emptyset \times \gamma_2 \times N_\gamma) + 2\pi r +$$

$$D_f \times \alpha \times C_s$$

$$q_{all} = q_u / SF$$

Tegangan maksimum yang diterima tanah adalah :

$$q = -\frac{\sum V}{A} \pm \frac{M}{W}$$

dimana :

$\sum V$ = gaya vertikal total

A = luas pondasi

W = momen tahanan

M = resultante momen

