

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Sebelum diadakannya perencanaan jembatan tahap-tahap yang perlu diperhatikan dan dipahami adalah bagian-bagian dari struktur, fungsi dan manfaatnya, kelemahan serta sifat dan karakteristik dari bahan yang digunakan pada perencanaan jembatan.

Konstruksi suatu jembatan terdiri atas bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi. Bangunan atas sesuai dengan istilahnya berada pada bagian atas suatu jembatan, berfungsi menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang, kendaraan dan kemudian menyalurkan ke bagian bawah. Bangunan atas dapat digunakan balok *girder* ataupun rangka baja, lantai *trottoar* dan sandaran. Sedang bangunan bawah pada umumnya terletak dibawah bangunan atas. Fungsinya menerima atau memikul beban-beban dari bangunan bawah dan menyalurkannya ke tanah. Pondasi dapat menggunakan pondasi tiang pancang ataupun sumuran, tergantung dari kondisi tanah dasarnya.

Sebelumnya, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perencanaan jembatan, aspek tersebut antara lain :

- Arus lalu lintas
- Hidrologi
- Kondisi tanah
- Struktur bangunan jembatan
- Aspek pendukung lain

2.2 ASPEK LALU LINTAS

2.2.1 Klasifikasi Fungsi Jalan

Pedoman utama fungsi jalan yang dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah No.26 tahun 1985 dan Undang-undang No.13 tahun 1980 tentang jalan.

Sistem jaringan jalan di Indonesia dibagi atas :

1. Sistem Jaringan Primer

Berdasarkan fungsi / peranan jalan dibagi atas :

- a) Jalan Arteri Primer
- b) Jalan Kolektor Primer
- c) Jalan Lokal Primer

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Berdasarkan fungsi / peranan jalan dibagi atas :

- a) Jalan Arteri Sekunder
- b) Jalan Kolektor Sekunder
- c) Jalan Lokal Sekunder

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan

Klasifikasi Medan	Kemiringan Medan
Datar (D)	0 – 3 %
Perbukitan (B)	3 – 25 %
Pegunungan (G)	> 25 %

Berdasarkan peta topografi dan tabel diatas, maka medan termasuk dalam golongan datar.

Besarnya arus lalu lintas yang ada sangat mempengaruhi lebar efektif jembatan. Dalam Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya no.13 tahun 1970, klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi dan Fungsi Jalan

No	Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR (smp)
1	Utama	I	> 20.000
2	Sekunder	IIA	6.000 – 20.000
		IIB	1.500 – 8.000
		IIC	< 2.000
3	Penghubung	III	

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya Direktorat Jenderal Binamarga Departemen Pekerjaan Umum no. 13/1970 untuk kelas II yang direncanakan mempunyai fungsi utama sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Klas II Medan Datar

No	Klasifikasi Jalan Kelas II Dengan medan datar	Jalan Raya Sekunder		
		II A	IIB	IIC
1	LHR (smp)	6000-20000	1500-8000	<2000
2	Kecepatan rencana (km/jam)	100	80	60
3	Lebar daerah penguasaan minimum (m)	40	30	30
4	Lebar perkerasan (m)	2*3.50 a/ 2*(2*3.50)	2*3.50	2*3.0
5	Lebar median minimum (m)	1.50	-	-
6	Lebar bahu (m)	3.00	3.00	2.50
7	Jenis lapis permukaan jalan	aspal beton	penetrasi berganda a/ setaraf	paling tinggi penetrasi tunggal
8	Miring tikungan maksimum	10%	10%	10%
9	Jari-jari lengkung maksimum (m)	350	115	115
10	Landai maksimum	4%	6%	6%

2.2.2 Kelas Jalan

Adapun kelas jalan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Jalan Tipe I

FUNGSI	JALAN	KELAS
Primer	Arteri	1
Primer	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	3

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (DPU Bina Marga)

Tabel 2.5 Jalan Tipe II

FUNGSI	FUNGSI LALU LINTAS (SMP)	KELAS
Primer	Arteri	1
	Kolektor >10.000	1
	<10.000	2
Sekunder	Arteri >20.00	1
	<20.00	2
	Kolektor >6.00	2
	<6.00	3
	Jalan Lokal >6.00	3
	<6.00	4

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (DPU Bina Marga)

2.2.3 Nilai Konversi Kendaraan

Menurut buku “STANDAR PERENCANAAN GEOMETRIK UNTUK JALAN LUAR KOTA”, Desember 1990, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, satuan kendaraan dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), nilai perbandingan untuk berbagai jenis kendaraan pada kondisi jalan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Nilai Konversi Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Daerah datar dan perbukitan	Daerah pegunungan
1	Sepeda motor, sedan, jeep, station wagon	1.0	1.0
2	Pick up, bis ukuran kecil, truk ringan	2.0	2.0
3	Bis, truk 2 as	3.0	3.0
4	Truk bersumbu 3, trailer	3.0	3.0

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (DPU Bina Marga)

Dalam menghitung VLR, kendaraan bermotor seperti becak, sepeda, tidak diperhitungkan tetapi dipakai sebagai produksi dalam menentukan faktor hambatan samping sebab pengoperasiannya jauh berbeda dibandingkan kendaraan bermotor dan pengaruhnya atas lalu lintas kendaraan bermotor berubah tergantung volume lalu lintas kendaraan bermotor itu sendiri.

2.2.4 Keperluan Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai dengan volume lalu lintas kendaraan rencana.

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan jenis kendaraan rencana. Penetapan jumlah lajur mengacu pada MKJI 1997 berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan tingkat kinerja dinyatakan oleh perbandingan antara volume terhadap kapasitas yang nilainya lebih dari 0,75.

Tabel 2.7 Jalan Tipe I

FUNGSI	KELAS	LEBAR LAJUR IDEAL (M)
Arteri	I	3,75
	II	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

Sumber : MKJI 1997

2.2.5 Kinerja Jalan / Tingkat Pelayanan

Evaluasi terhadap pelayanan dimaksudkan untuk melihat apakah suatu jalan masih mampu memberikan pelayanan yang memadai bagi pemakai.

Dalam masalah tingkat pelayanan dua hal yang sering dijadikan layak atau tidaknya pelayanan suatu jalan adalah :

1. Kecepatan atau waktu perjalanan
Bila kecepatan kendaraan kurang dari 60% kecepatan rencana, maka dapat dikatakan perlu penanganan pada jalan tersebut untuk meningkatkan pelayanan
2. Perbandingan antara volume arus terhadap kapasitas (Degree of Saturation / Derajat Kejenuhan)
Perbandingan ini menunjukkan kepadatan lalu lintas dan kebebasan bagi kendaraan.

2.2.6 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. Ada dua jenis LHR yaitu LHR tahunan (LHRT) dan LHR.

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh data selama satu tahun penuh.

LHRT = jumlah lalu lintas dalam 1 tahun / 365 hari

LHR = jumlah lalu lintas selama pengamatan / lama pengamatan

1. Penentuan kapasitas lalu lintas pada saat sekarang

Rumus yang digunakan :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \text{ (smp/jam)}$$

Notasi :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

F_{cw} = faktor penyesuaian lebar jalan

F_{Csp} = faktor penyesuaian pemisahan arah

F_{Csp} = faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan bahu jalan

F_{Csc} = faktor ukuran kota (tabel C-5:1, MKJI 1997)

Nilai faktor mengacu pada MKJI 1997

2. Mencari kapasitas lalu lintas berdasarkan satuan (smp)

Rumus yang digunakan :

$$Q = LHR \text{ (mbt)} \times k$$

Notasi :

Q = volume lalu lintas

LHR = lalu lintas

k = nilai koefisien (tabel MKJI 1997)

Ditentukan oleh LHR dalam kendaraan/jam

3. Mencari derajat kejenuhan (DS)

Dihitung menggunakan rumus :

$$DS = Q / C$$

Notasi :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

Bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat < 0,75, maka jalan tersebut masih memenuhi (layak), dan bila derajat kejenuhan > 0,75 maka harus dilakukan pelebaran.

2.2.7 Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu lintas di masa yang akan datang dapat dihitung dengan memakai rumus :

Rumus metode Eksponensial sebagai berikut :

$$\mathbf{LHRT = LHRo + (1 + i)^n}$$

Notasi :

LHRT = LHR akhir umur rencana

LHRo = LHR awal umur rencana (smp/jam)

n = umur rencana (tahun)

i = angka pertumbuhan

Rumus metode Regresi Linier sebagai berikut :

$$\mathbf{Y = a + bx}$$

$$\mathbf{\Sigma Y = n.a + b.\Sigma X}$$

$$\mathbf{\Sigma YX = a.x + b.\Sigma X^2}$$

2.2.8 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

1. Kendaraan ringan meliputi : mobil penumpang, mini bus, truk, pick up dan jeep
2. Kendaraan berat menengah meliputi : truk 2 gandar dan mini bus
3. Bus besar
4. Truk besar meliputi : truk ringan 3 gandar dan truk gandeng
5. Sepeda motor

Pengaruh kehadiran kendaraan tak bermotor dimasukkan sebagai kejadian terpisah dalam faktor penyesuaian hambatan samping.

2.2.9 Ekuivalen Mobil Penumpang

Ekuivalen Mobil Penumpang (Emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan, tipe alinyemen dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam. Semua Emp kendaraan yang berbeda pada alinyemen datar, bukit, dan gunung disajikan dalam bentuk tabel.

Analisa kapasitas jalan dilakukan untuk suatu periode satu jam puncak, arus serta kecepatan ditentukan bagi periode ini.

Tabel 2.8 Ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk jalan 2/2 UD

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
< 6m	6-8 m	> 8m					
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	750	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1400	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Datar	0	3,5	2,5	0,6	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,5	4,0	0,5	0,3	0,3

Tabel 2.9 Ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk jalan 4/2 UD

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)					
	Jalan terbagi per arah Kend/jam	Jalan tak terbagi per arah Kend/jam	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥ 2150	≥ 3956	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,30	4,3	0,7
	≥ 1750	≥ 3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	1,6	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	≥ 1500	≥ 2700	2,0	2,4	3,8	0,3

2.2.10 Klasifikasi Perencanaan

Untuk pembuatan jalan, dalam hal ini peningkatan jalan existing, ada beberapa aspek perencanaan yaitu :

1. Aspek perencanaan

Berdasarkan jenis hambatannya, jalan luar kota dibagi dalam 2 tipe :

Tipe 1 : pengaturan jalan masuk secara penuh

Tipe 2 : sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk

2. Aspek kelas perencanaan

Untuk penentuan kelas jalan, masing-masing tipe jalan dibedakan lagi berdasarkan fungsi dan volume lalu lintas yang ada

3. Dasar klasifikasi perencanaan

2.3 ASPEK HIDROLOGI DAN ASPEK HIDROLIK

Dari kondisi hidrologi yang ada, maka akan dapat ditentukan bentang dan tinggi jembatan. Selain itu, dapat pula ditentukan bentuk dan model struktur bagian bawah. Untuk menentukan peil as pada jembatan ditentukan berdasarkan peil muka air banjir, di mana tinggi peil as jembatan merupakan tinggi muka air maksimum ditambah tinggi jagaan. Sedangkan aspek hidrolis berpengaruh pada kapasitas alur sungai terhadap banjir rencana.

2.3.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan

A. Distribusi Curah Hujan Rata-rata

1. *Arithmetic Mean*

Cara ini adalah salah satu cara yang sangat sederhana sekali. Biasanya cara ini dipakai pada daerah yang datar dan banyak stasiun curah hujannya, dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat curah hujannya adalah *uniform (uniform distribution)*.

$$R_{ave} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

Notasi :

R_{ave} = Rata-rata curah hujan (mm)

$R_{ave} \dots R_n$ = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

2. Thiessen Polygon

Cara *Thiessen Polygon* ini dipakai apabila daerah pengaruh dan curah hujan rata-rata tiap stasiun berbeda-beda. Dimana rumus yang digunakan untuk menghitung adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 * R_1 + A_2 * R_2 + A_3 * R_3 + \dots \dots \dots A_n * R_n}{A_1 + A_2 + \dots \dots \dots + A_n}$$

Notasi :

$R_1 \dots R_n$ = Curah hujan di tiap titik pengukuran (mm)

$A_1 \dots A_n$ = Luas bagian daerah yang mewakili tiap titik pengukuran (km^2)

R = Besar curah hujan rata-rata (mm)

Setelah luas pengaruh pada tiap-tiap stasiun didapat, koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

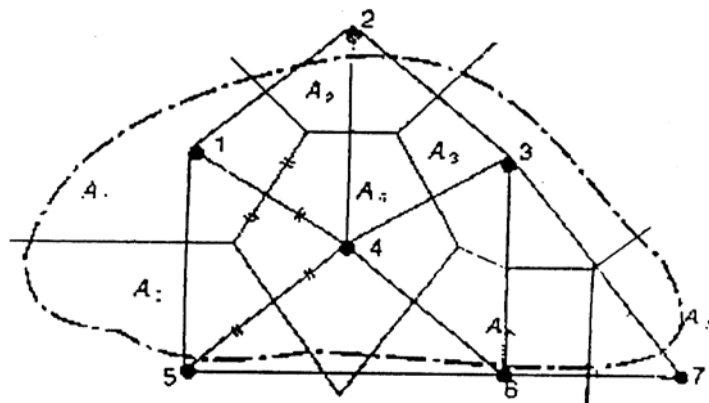
$$C = \frac{A_i}{\sum A_i} \times 100\% =$$

Notasi :

C = Koefisien *Thiessen*

$\sum A_i$ = Luas total DAS (km^2)

A_i = Luas pada daerah pengamatan (km^2)



Gambar 2.1 Metode Thiessen

3. Isohyet

Isohyet adalah garis lengkung yang menunjukkan tempat-tempat kedudukan harga curah hujan yang sama. Dalam hal ini harus ada peta *isohyet* di dalam suatu daerah pengaliran dan metode ini cocok untuk daerah datar atau pegunungan dan merupakan cara yang paling teliti, tetapi memerlukan stasiun hujan yang banyak dan tersebar merata. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{\sum_i^n A_i * (R_i + A_{i+1}) / 2}{\sum_i^n A_i}$$

Notasi :

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

$A_i \dots A_n$ = Luas daerah yang dibatasi oleh garis *isohyet* (km²)

$R_i \dots R_n$ = Curah hujan pada setiap garis *isohyet*

B. Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang Tertentu

Analisa curah hujan rencana ini ditujukan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang tertentu yang nantinya digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana.

1. Metode *Gumbell*

$$X_{rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x (X_i - X_{rata-rata})^2}{(n-1)}}$$

$$K_r = 0.78 \left\{ -\ln \left[-\ln \left[1 - \frac{1}{T_r} \right] \right] \right\} - 0.45$$

$$X_{tr} = R = X_{rata-rata} + (K * S_x)$$

Notasi :

Xrata-rata = Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

Sx = *Standart deviasi*

Kr = Factor Frekuensi *Gumbell*

Xtr = Curah hujan untuk periode tahun berulang Tr (mm)

2. Metode *Log Normal*

$$R_t = X + K_t * S$$

Notasi :

Rt = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang

T tahun

S = *Standart deviasi*

X = Curah hujan rata-rata

Kt = *Standart Variabel* untuk periode ulang T tahun

(sumber : Sri Harto, Dipl. H, Hidrologi Terapan)

Tabel 2.10 *Standart Variable (Kt)*

T	Kt	T	Kt	T	Kt
1	-1.86	20	1.89	96	3.34
2	-0.22	25	2.10	100	3.45
3	0.17	30	2.27	110	3.53
4	0.44	35	2.41	120	3.62
5	0.64	40	2.54	130	3.70
6	0.81	45	2.65	140	3.77
7	0.95	50	2.75	150	3.84
8	1.06	55	2.86	160	3.91
9	1.17	60	2.93	170	3.97
10	1.26	65	3.02	180	4.03
11	1.35	70	3.08	190	4.09
12	1.43	75	3.60	200	4.14
13	1.50	80	3.21	221	4.24
14	1.57	85	3.28	240	4.33
15	1.63	90	3.33	260	4.42

(sumber : Sri Harto. Dipl. H, Hidrologi Terapan)

3. Metode Distribusi *Log Person III*

$$\text{Log}X = \frac{\sum \text{Log}X_i}{n}$$

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X)^2}{[(n-1) * (n-2)]^3 * S}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X)^2}{n-1}}$$

$$\text{Log} R = \text{Log} X + Gs$$

Notasi

X	= Data curah hujan
n	= Jumlah data curah hujan
Cs	= Koefisien
S	= Standart deviasi
R	= Curah hujan rencana
Gs	= Internal pengulangan

(Sumber : Ir. C.D. Soemarto, BIE. Dipl. H. Hidrologi Teknik)

2.3.2 Analisa Banjir Rencana

A. Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode dalam perhitungan debit banjir rencana, yaitu diantaranya :

1. Metode Rasional

$$Qr = \frac{C.I.A}{3.6} = 0.278.C.I.A$$

$$\text{Dimana } I = \left[\frac{R}{24} \right] * \left[\frac{24}{TC} \right]^{0.67} \quad , \quad TC = \frac{L}{(72 * i^{0.6})}$$

Notasi :

Qr	= Debit maksimum rencana (m ³ /det)
I	= Intensitas curah hujan

- A = Luas daerah aliran (km²)
 R = Hujan rencana
 TC = Waktu konsentrasi
 C = koefisien *run off*

Koefisien *run off* dipengaruhi oleh jenis lapis permukaan tanah. Setelah melalui berbagai penelitian, didapatkan koefisien *run off* seperti yang tertulis dalam tabel 2.8

2. Metode *Haspers*

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

Dimana :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,70}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,70}}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1 + 3,70 \cdot 10^{-0,40t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$q_n = \frac{t \cdot R_n}{3,6 \cdot t}$$

$$t = 0,10 \cdot L^{0,80} \cdot i^{-0,30}$$

$$R_n = \frac{t \cdot R_t}{t + 1}$$

Notasi :

- Q_n = Debit banjir rencana periode ulang T tahun (m³/det)
 R_n = Curah hujan maksimum rencana periode ulang T tahun
 α = Koefisien limpasan air hujan (*run off*)
 β = Koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS
 q_n = Curah hujan (m³/det.km²)
 A = Luas daerah aliran sungai (DAS) (km²)
 t = Lamanya curah hujan yaitu pada saat-saat kritis
 L = Panjang sungai (km)
 I = Kemiringan dasar sungai

(Sumber : Diktat kuliah Hidrologi, Ir. Sri Eko Wahyuni, MS.)

B. Muka Air Banjir

Setelah di dapat debit banjir, dapat diketahui muka air banjir dengan memperhitungkan dimensi penampang sungai.

$$Q = A * V \rightarrow A = (B * mH)H$$

Notasi :

m = Kemiringan sungai

B = Lebar penampang sungai (m)

Menurut Peraturan Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya bahwa tinggi bebas yang diisyaratkan untuk jembatan minimal 1,00 m diatas muka air banjir, maka untuk tinggi bebas jembatan lempuyang yang baru, direncanakan 1,00 km di atas muka air banjir.

2.3.3 Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan perbandingan antara jumlah limpasan dengan jumlah curah hujan. Besar kecilnya nilai koefisien limpasan ini dipengaruhi oleh kondisi topografi dan perbedaan penggunaan tanah dapat dilihat dari tabel sebagai berikut :

Tabel 2.11 Koefisien Limpasan (*run off*)

No	Kondisi daerah dan pengaliran	Koef. Limpasan
1	Pegunungan yang curam	0,75 – 0,9
2	Pegunungan tersier	0,7 – 0,8
3	Tanah bergelombang dan hutan	0,5 – 0,75
4	Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,6
5	Persawahan yang dialiri	0,7 – 0,8
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
7	Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
8	Sungai besar yang lebih dari ½ daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,5 – 0,75

(Sumber : Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, Hidrologi untuk Pengairan)

2.3.4 Kedalaman Penggerusan (Scouring)

Tinjauan mengenai kedalaman penggerusan ini memakai Metode lacey di mana kedalaman penggerusan ini dipengaruhi oleh material dasar sungai.

Data yang diperoleh dari DPU Bina Marga Propinsi Dati I Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.12 Faktor Lempung lacey

No	Tipe Material	Diameter (mm)	Faktor lacey (f)
1	Lanau sangat halus (very fine silt)	0,052	0,4
2	Lanau halus (fine silt)	0,12	0,8
3	Lanau sedang (medium silt)	0,233	0,85
4	Lanau (standart silt)	0,322	1,0
5	Pasir (medium sand)	0,505	1,25
6	Pasir kasar (coarse sand)	0,725	1,5
7	Kerikil (heavy sand)	0,29	2,0

Tabel 2.13 Kedalaman Penggerusan

No	Kondisi daerah dan pengaliran	Koef. Limpasan
1	Aliran Lurus	1,27d
2	Aliran belok	1,5d
3	Aliran belok tajam	1,75d
4	Belokan sudut lurus	2d
5	Hidung pilar	2d

(Sumber : DPU Bina Marga Propinsi Dati I Jawa Tengah, RBO Wilayah X Jawa Tengah)

Formula Lacey :

$$a. \quad L < W \Rightarrow d = H * \left[\frac{L}{W} \right]^{0,6}$$

$$b. \quad L > W \Rightarrow d = 0,473 * \left[\frac{Q}{F} \right]^{0,333}$$

Notasi :

L = Bentang jembatan (m)

W = Lebar alur sungai (m)

H = Tinggi banjir rencana (m)

Q = Debit maksimum (m²/det)

F = Factor lempung

$$D = \frac{Q}{W * V}$$

Keterangan :

D = Kedalaman pengerusan

Q = Debit maksimum

W = Lebar alur sungai

V = Kecepatan aliran sungai

2.3.5 Luas Penampang Basah

Luas penampang basah adalah luas penampang sungai yang terkena aliran sungai adapun rumus perhitungan sebagai berikut :

$$A1 = (B + m \cdot H) \times H$$

$$A2 = (B' + m \cdot H) \times H$$

$$A = A2 + A1$$

Notasi :

A = Luas penampang basah

m = Kemiringan penampang sungai

H = Tinggi saluran (sungai)

2.3.6 Muka Air Banjir

Setelah didapat debit banjir maka dapat diketahui muka air banjir dengan memperhitungkan dimensi penampang sungai :

$$Q = A \times V \rightarrow A = (B \times m \cdot H) \times H$$

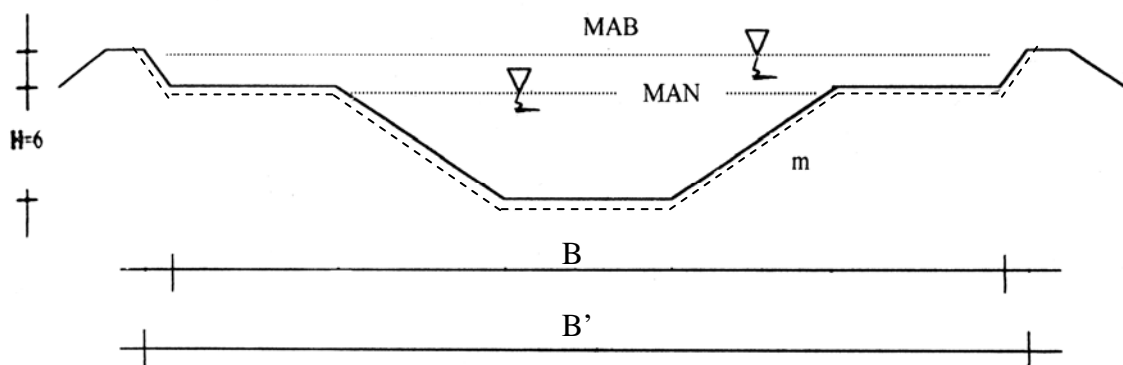
Notasi :

m = Kemiringan penampang sungai

H = Tinggi saluran (sungai)

B = Lebar penampang sungai

Menurut peraturan pembebanan jembatan jalan raya bahwa tinggi bebas yang diisyaratkan untuk jembatan minimal 1 meter di atas muka air banjir.



Gambar Penampang Sungai

2.4 ASPEK TANAH (*SOIL MECHANICS & SOIL PROPERTIES*)

Dari penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dihasilkan beberapa besaran-besaran tanah tertentu yang sangat penting untuk mengidentifikasi jenis tanah dan sifat-sifat tanah pada lokasi pembangunan jembatan yang bersangkutan. Dalam perencanaan jembatan, pengidentifikasian sifat tanah yang menyangkut perencanaan terhadap beberapa elemen struktural jembatan, yaitu :

2.4.1 Aspek Tanah Dengan Pondasi

Tanah harus mampu untuk menahan pondasi beserta beban-beban yang dilimpahkan ke pondasi tersebut. Dalam hubungan dengan perencanaan pondasi, besaran-besaran tanah yang harus diperhitungkan adalah daya dukung tanah dan dalamnya lapisan tanah keras.

- Untuk menentukan dalamnya lapisan keras, dilakukan test sondir. Dari test sondir ini akan didapatkan data-data tanah berupa grafik tekanan konus, grafik hambatan pelekat setempat. Grafik ini sebagai pedoman untuk menentukan jenis pondasi dan dalamnya.
- Daya dukung tanah diperlukan untuk mengetahui kemampuan tanah tersebut menahan beban di atasnya. Perhitungan daya dukung didapatkan melalui serangkaian proses matematis. Daya dukung tanah yang telah diperhitungkan harus lebih besar dari beban ultimate yang telah diperhitungkan terhadap faktor keamanannya.

2.4.2 Aspek Tanah Dengan Abutment

Dalam perencanaan abutment dan pilar jembatan data-data tanah yang dibutuhkan berupa data-data sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah horisontal juga gaya berat tanah yang bekerja pada abutment, serta daya dukung tanah yang merupakan reaksi tanah dalam menyalurkan beban dari abutment.

- Tekanan tanah dihitung dari data soil properties yang ada. Dalam menentukan tekanan tanah yang bekerja dapat ditentukan dengan cara analitis/grafis.
- Gaya berat dari tanah ditentukan dengan menghitung volume tanah diatas abutment dikalikan dengan berat jenis dari tanah itu sendiri.

2.4.3 Aspek Tanah Dengan Dinding Penahan Tanah

Pada prinsipnya, secara umum aspek tanah dalam dinding penahan tanah untuk menghitung tekanan tanah baik aktif/pasif adalah sama dengan aspek tanah dengan abutment.

2.4.4 Aspek Tanah Dengan Oprit

Oprit adalah bangunan penghubung berupa jalan antara jalan utama dengan jembatan. Oprit tersebut terdiri dari beberapa lapisan yaitu base course, subbase course dan surface course dimana dalam tiap lapisan ketebalannya ditentukan dari nilai california Bearing Ratio (CBR).

2.4.5 Aspek Penurunan Tanah

Penurunan tanah terjadi akibat tanah mendapatkan beban dari atas atau timbunan tanah di atasnya dimana beban bekerja secara tetap, mengakibatkan air pori tanah keluar dari tanah, sehingga dalam perencanaan jembatan aspek tanah sangat penting karena harus mampu mendukung konstruksi.

Dari petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen tahun 1997 nilai CBR yang didapatkan antara lain :

1. Nilai CBR untuk lapisan *sub grade* sebesar 20%
2. Nilai CBR untuk lapisan *sub base* sebesar 50 %
3. Nilai CBR untuk lapisan *base* sebesar 80 %

2.5 ASPEK KONSTRUKSI

2.5.1 Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan struktur dari jembatan yang terletak dibagian atas dari jembatan. Struktur jembatan bagian atas meliputi :

2.5.1.1 Sandaran

Merupakan pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan yang berfungsi sebagai pengaman bagi pemakai lalu lintas yang melewati jembatan tersebut.

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran (*Raill Post*), biasanya dibuat dari konstruksi beton bertulang untuk jembatan gurder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
- Sandara (*Hand Raill*), biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.

Beban yang bekerja pada sandaran adalah beban sebesar 100 kg yang bekerja dalam arah horisontal setinggi 0,9 meter.

2.5.1.2 Trotoir

Trotoir berfungsi untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Konstruksi *trotoir* direncanakan diasumsikan sebagai pelat yang bertumpu sederhana pada pelat jalan. Prinsip perhitungan pelat yang bertumpu sederhana pada pelat jalan. Prinsip perhitungan pelat *trotoir* sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03. Pembebanan pada *trotoir* meliputi :

- a) Beban mati berupa berat sendiri pelat.
- b) Beban hidup sebesar 500 kg/m² berupa beban merata dan beban pada *kerb* dan sandaran.
- c) Beban akibat tiang sandaran.

Penulangan plat *trotoir* diperhitungkan sebagai berikut :

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

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

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

$As = \rho * b * d$ dimana ;
d = tinggi efektif pelat
h = tebal pelat
 ρ = tebal selimut beton
 ϕ = diameter tulangan
b = lebar pelat per meter

2.5.1.3 Pelat Lantai

Berfungsi sebagai lapisan perkerasan. Pelat lantai diasumsikan tertumpu pada dua sisi. Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

- a) Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat *pavement* dan air hujan
- b) Beban hidup seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Perhitungan untuk penulangan pelat lantai jembatan sama dengan prinsip penulangan pada pelat *trottoir*.

2.5.1.4 Pelat Injak

Pelat injak merupakan suatu pelat yang menghubungkan antara struktur jembatan dengan jarak jalan raya. Pelat injak menumpu pada tepi *abutment* sebelah luar dan tanah urug di sebelah tepi lainnya.

2.5.1.5 Wing Wall

Konstruksi dinding sayap (*wing wall*) yang selain menerima beban dari pelat injak tersebut juga berfungsi sebagai penahan tanah di sebelah tepi luar konstruksi jembatan, sebagai dinding penahan tekanan tanah dari belakang *abutment*.

2.5.1.6 Diafragma

Juga dapat dikatakan sebagai balok melintang yang terletak di antara 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 itu sendiri *diafragma*.

2.5.1.7 Gelagar Induk

Gelagar induk jembatan dapat menggunakan konstruksi kayu, konstruksi baja, konstruksi beton bertulang, maupun konstruksi beton pratekan. Pemilihan konstruksi ini berdasarkan pada bentang jembatan, yaitu :

Tabel 2.14. Pemilihan Konstruksi Jembatan

No	Jenis Bangunan Atas	Variasi Bentang	Perbandingan H/L Tripikal	Penampilan
A	Konstruksi Kayu			
1.	Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 – 20	1/15	Kurang
2.	Gelagar kayu gergaji dengan papan lantai	5 – 10	1/15	Kurang
3.	Rangka lantai atas dengan papan kayu	20 – 50	1/15	Kurang
4.	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	3 - 35	1/17 – 1/30	Kurang
B	Konstruksi Baja			
1.	Gelagar baja dengan lantai pelat baja	5 – 25	1/25 – 1/27	Kurang
2.	Gelagar beton dengan lantai beton komposit (bentang sederhana) dan menerus	15 – 50 35 – 90	1/20	Fungsional
3.	Rangka lantai bawah dengan plat beton	30 – 100	1/8 – 1/11	Kurang
4.	Rangka baja menerus	60 – 150	1/10	Baik
C	Konstruksi Beton Bertulang			
1.	Plat beton bertulang	5 – 10	1/12,5	Fungsional
2.	Pelat berongga	10 – 18	1/18	Fungsional
3.	Gelagar beton “T”	6 – 25	1/12 – 1/15	Fungsional
4.	Lengkung beton (Parabola)	30 - 70	1/30	Estetik
D	Jembatan Beton Pratekan			
1.	Segmen pelat	6 – 12	1/20	Fungsional
2.	Gelagar 1 dengan lantai beton komposit, bentang menerus	20 – 40	1/17,5	Fungsional
3.	Gelagar “T” pasca penegangan	20 – 45	1/16,5 – 1/17,5	Fungsional
4.	Gelagar boks menerus pelaksanaan kantilever	6 - 150	1/18	Estetik

2.5.1.8 Andas / Perletakan

Merupakan perletakan dari jembatan yang berfungsi untuk menahan beban berat yang vertikal maupun horisontal. Disamping itu juga untuk meredam getaran sehingga *abutment* tidak mengalami kerusakan.

Untuk pemilihan andas ada beberapa alternatif yaitu :

1. CPU *Elastomeric Bearings*

Spesifikasi

- Merupakan bantalan atau perletakan *elastomer* yang dapat menahan beban berat, baik yang vertikal maupun horisontal.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* disusun atau dibuat dari lempengan *elastomer* dari logam yang disusun secara lapis per lapis.
- Merupakan satu kesatuan yang saling melekat kuat dan diproses dengan tekanan tinggi.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* berfungsi untuk meredam getaran, sehingga kepala jembatan (*abutment*) tidak mengalami kerusakan.
- Lempengan logam yang paling luar dan ujung-ujung *elastomer* dilapisi dengan *elastomer* supaya tidak berkarat.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* juga disebut bantalan *neoprene* yang dibuat dari karet sintetis

Pemasangan :

- Bantalan atau perletakan *elastomer* dipasang diantara tumpuan kepala jembatan dan gelagar jembatan.
- Untuk melekatkan bantalan atau perletakan *elastomer* dengan beton atau besi dapat dipergunakan lem *epoxy rubber*.

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

2. *Bearing Pad / Strip*

Spesifikasi :

- Merupakan lembaran karet (*elastomer*) tanpa pelat baja.
Berfungsi untuk meredam getaran mesin maupun ujung gelagar jembatan.
- Dipasangkan diantara beton dengan beton atau beton dengan besi.

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

2.5.2 Pembebanan Struktur Atas

Beban yang bekerja pada struktur jembatan Kali Lempuyang ini disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Birjen Bina Marga DPU yaitu :

2.5.2.1 Beban Primer

Beban primer atau muatan primer adalah beban atau muatan yang merupakan muatan utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan primer adalah :

a. Beban Mati

Yaitu merupakan beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

Dalam menentukan besarnya muatan mati tersebut, harus dipergunakan nilai berat volume untuk bahan bangunan dibawah ini :

- Baja tuang $2,50 \text{ t / m}^3$
- Aluminium paduan $2,80 \text{ t / m}^3$
- Beton tuang $2,50 \text{ t / m}^3$
- Beton biasa, beton cyclop $2,20 \text{ t / m}^3$
- Pasangan batu $2,00 \text{ t / m}^3$
- Kayu $1,00 \text{ t / m}^3$
- Tanah, pasir, kerikil (dalam keadaan padat) $2,00 \text{ t / m}^3$
- Perkerasan jalan beraspal $2,00 - 2,50 \text{ t / m}^3$

b. Beban Hidup

Yaitu merupakan beban yang berasal dari beban kendaraan yang bergerak, sesuai dengan kelas jalan dan banyaknya lajur lalu lintas.

Dari Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya / PPJJP pasal 1 (2) menjelaskan bahwa beban hidup yang bekerja pada struktur adalah :

- Beban T yakni beban terpusat untuk lantai kendaraan yang digunakan untuk perhitungan kekuatan lantai jembatan.

- Beban D atau beban jalur yakni beban terbagi rata sebesar Q panjang per jalur dan beban garis P per jalur lalu lintas untuk perhitungan kekuatan geser gelegar, yang ditentukan sebagai berikut

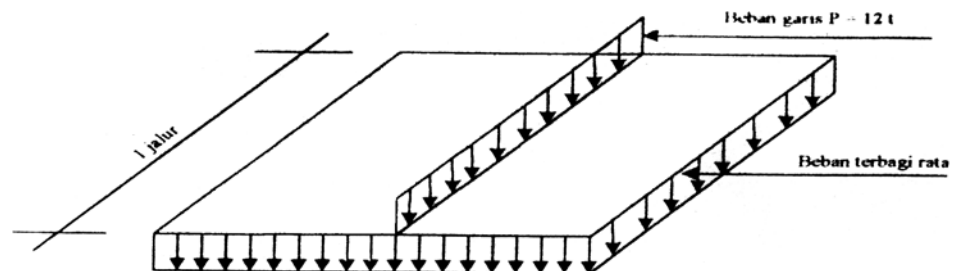
$$P = 2,2 \text{ (ton/m)} \quad \Rightarrow \text{ untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$P = 2,2 - \frac{1,1}{[60 * (L - 30)]} \text{ (ton/m)} \quad \Rightarrow \text{ untuk } 30 < L < 60 \text{ m}$$

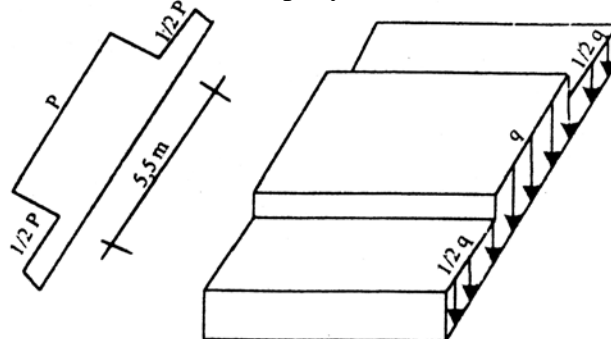
$$P = 1,1 \left[1 - \frac{30}{L} \right] \text{ (ton/m)} \quad \Rightarrow \text{ untuk } L > 60 \text{ m}$$

Dimana : L = panjang bentang jembatan (dalam meter)

Jika lebar lantai kendaraan $> 5,5$ m maka beban sepenuhnya berlaku pada jalur $5,5$ m. Dan lebar selebihnya hanya dibebani sebesar 50% dari muatan D tersebut.



Gambar penyebaran beban D



Pengaruh beban D lebar jalan

c. Beban Kejut

Yaitu merupakan beban akibat dari getaran dan pengaruh dinamis lain.

Tegangan akibat beban D harus dikalikan koefisien kejut sebesar :

$k = 1 + 20 / (50 + L)$, dimana k merupakan koefisien kejut.

d. Gaya akibat tekanan tanah

2.5.2.2 Beban Sekunder

Beban sekunder atau muatan sekunder adalah muatan pada jembatan yang merupakan muatan sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan sekunder adalah :

- a. Beban angin yang ditetapkan sebesar 150 kg/m^2 dalam arah horisontal terbagi rata pada bidang vertikal setinggi 2 meter menerus di atas lantai kendaraan dan tegak lurus sumbu memanjang seperti tercantum dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya (PPJJR) pasal 2 (1)
- b. Gaya akibat perbedaan suhu (PPJJR pasal 2 (2) tabel II)
- c. Gaya akibat susut dan rangkai yang dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Jika susut dan rangkai dapat mengurangi pengaruh muatan lain, maka harga dari rangkai tersebut harus diambil minimum (PPJJR pasal 2(3))
- d. Gaya rem sebesar 5% dari beban D tanpa koefisien kejutan memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dalam satu jurusan. Gaya tersebut bekerja dalam arah horisontal sejajar dengan sumbu memanjang jembatan setinggi 1,8 meter di atas lantai kendaraan (PPJJR pasal 2 ayat 4)
- e. Gaya gempa yang diperhitungkan bagi jembatan yang akan dibangun di daerah yang dipengaruhi oleh gempa (PPJJR pasal 2 (5) dan *Bridge Design Manual Section 2*)

$$G_h = R \times F_g$$

Dimana :

G_h = Gaya akibat gempa bumi

R = Reaksi yang bekerja pada pier / pangkal jembatan

F_g = Koefisien gempa (lihat peraturan petunjuk perencanaan bangunan tahan gempa, 1998)

- f. Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak karena adanya pemuaian dan penyusutan jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain (PPJJR pasal 2 (6))

$$G_g = R \times F_t$$

Dimana :

Gg = Gaya gesekan pada tumpuan

R = Reaksi akibat beban mati

Ft = Koefisien gesek antara gelagar dengan tumpuan

0,01 = untuk tumpuan (1) roll baja

0,05 = untuk tumpuan (2 atau lebih) roll baja

0,15 = untuk tumpuan gesekan (tembaga - baja)

0,25 = untuk tumpuan gesekan (baja besi tulangan)

0,15 s/d 0,18 untuk tumpuan gesekan (baja beton)

2.5.3 Struktur Bawah (*Sub Structure*)

2.5.3.1 Pilar

Pilar identik dengan *abutment* perbedaannya hanya pada letak konstruksinya saja. Sedangkan fungsi pilar adalah untuk memperpendek bentang jembatan yang terlalu panjang. Pilar terdiri dari bagian-bagian antara lain :

- Kepala pilar (*pierhead*)
- Kolom pilar
- pilecap

Dalam mendesain pilar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang pilar serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
2. Menentukan pembebanan yang terjadi pada pilar :
 - a. Beban mati berupa gelagar induk, lantai jembatan, *trottoirs*, perkerasan jembatan (*pavement*), sandaran dan air hujan
 - b. Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di *trottoir*
 - c. Beban sekunder berupa beban gempa, rem dan traksi, koefisien kejut, beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda-benda hanyutan
3. Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.
4. Mencari dimensi tulangan dan cek apakah pilar cukup memadai untuk menahan gaya-gaya tersebut.

2.5.3.2 Abutment

Dalam perencanaan ini, struktur bawah jembatan berupa *abutment* yang dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah. Dalam hal ini perhitungan *abutment* meliputi :

1. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang abutment serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
2. Menentukan pembebanan yang terjadi pada abutment :
 - a. Beban mati berupa gelagar induk, lantai jembatan, *trottoirs*, perkerasan jembatan (*pavement*), sandaran dan air hujan
 - b. Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di *trottoir*
 - c. Beban sekunder berupa beban gempa, rem dan traksi, koefisien kejut, beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda-benda hanyutan
3. Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.
4. Mencari dimensi tulangan dan cek apakah pilar cukup memadai untuk menahan gaya-gaya tersebut.
5. Ditinjau juga kestabilan terhadap *sliding* dan bidang runtuh tanah.

2.5.3.3 Pondasi

Pondasi berfungsi untuk meneruskan beban-beban di atasnya ke tanah dasar. Pada perencanaan pondasi harus terlebih dahulu melihat kondisi tanahnya. Dari kondisi tanah ini dapat ditentukan jenis pondasi yang akan dipakai. Pembebanan pada pondasi terdiri atas pembebanan vertikal maupun lateral, dimana pondasi harus mampu menahan beban luar di atasnya maupun yang bekerja pada arah lateralnya.

Ketentuan-ketentuan umum yang harus dipenuhi dalam perencanaan pondasi, tidak pondasi mempunyai ketentuan-ketentuan sendiri. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Melihat kondisi tanah
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya
3. Batasan-batasan sekeliling pondasi itu sendiri
4. Waktu dan biaya yang diperlukan
5. Penurunan tanah (*Settlement*)

Ada beberapa alternatif tipe pondasi yang dapat digunakan untuk perencanaan jembatan antara lain :

a. Pondasi Telapak / Langsung

Pondasi telapak diperlukan jika lapisan tanah keras (lapisan tanah yang dianggap baik mendukung beban) terletak tidak jauh (dangkal) dari muka tanah. Dalam perencanaan jembatan pada sungai yang masih aktif, pondasi telapak tidak dianjurkan mengingat untuk menjaga kemungkinan terjadinya pergeseran akibat gerusan. Biasanya bentuk ini digunakan bilamana $D_f / B < 4$ dengan D_f adalah kedalaman dasar pondasi berkisar 0,80 – 2,00 m dan B – lebar tersenpit dari dasar pondasi ($L > B$)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

σ = tegangan yang terjadi

P = Beban terpusat

A = Luas Pondasi

b. Pondasi sumuran

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras antara 2-5 m. Pondasi sumuran dibuat dengan cara menggali tanah berbentuk lingkaran berdiameter > 80 cm. Penggalan secara manual dan mudah dilaksanakan. Kemudian lubang galian diisi dengan beton siklop (1pc : 2 pc : 3 kr) atau beton bertulang jika dianggap perlu. Pada ujung atas pondasi sumuran dipasang poer untuk menerima dan meneruskan beban ke pondasi secara merata.

$$Q_{ultm} = (9 \times C_b \times A_b) + (0,5 \times \pi \times \downarrow \times C_s \times D_f)$$

Keterangan :

A_b = luas ujung

C_s = rata-rata kohesi sepanjang D_f

D_f = kedalaman sumuran

c. Pondasi Bored Pile

Pondasi bored pile merupakan jenis pondasi tiang yang dicor ditempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian. Sangat cocok digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan di sekelilingnya.

$$P_u = (9 \times C_b \times A_b) + (0,5 \times \pi \times d \times C_s \times L_s)$$

Keterangan :

C_b = cohesi tanah pada base

A_b = luas base

d = diameter

C_s = cohesion pada shaft

L_s = panjang shaft

d. Pondasi Strauze Pile

Pondasi strauze pile digunakan untuk kedalaman tanah keras berada agak dalam, namun daya ikatnya tinggi. Berdasarkan pertimbangan segi praktis dan kemudahan dalam pelaksanaan, kedalaman pondasi strauze pile < 10,00 m.

e. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang, umumnya digunakan jika lapisan tanah keras/lapisan pendukung beban berada jauh dari dasar sungai dan kedalamannya > 8 m.

$$Q = \frac{Q_c \times A}{3} + \frac{f_t \times O}{5}$$

Keterangan :

Q = beban untuk satu tiang (Ton/kg)

q_c = nilai konus (kg/cm^2)

A = luas penampang tiang

- ft = total geseran (jumlah) hambatan lekat (kg/cm²)
- O = keliling tiang
- 3,5 = faktor keamanan

2.5.4 Pembebanan Struktur Bawah

2.5.4.1 Beban Khusus

Beban khusus atau muatan khusus adalah muatan yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan, muatan ini umumnya mempunyai salah satu atau lebih sifat-sifat berikut ini :

- Hanya berpengaruh pada sebagian konstruksi jembatan
- Tidak selalu bekerja pada jembatan
- Tergantung dari keadaan setempat
- Hanya bekerja pada sistem-sistem tertentu

Beban khusus seperti yang termuat dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya (PPJJR) pasal 3 berupa :

- a. Beban sentrifugal K_s

$$K_s = 0,79 \frac{V^2}{R}$$

dimana ; V = Kecepatan rencana

R = Jari-jari tikungan

- b. Gaya tumbuk
- c. Gaya pada saat pelaksanaan
- d. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

$$Ah = K (Va)^2$$

dimana ; Ah = Tekanan air

Va = Kecepatan aliran

K = Koefisien aliran

- e. Gaya angkat

Kombinasi beban yang digunakan diambil dari Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Dirjen Bina Marga DPU dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 2.15 Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang dipakai terhadap Tegangan Ijin
1.	$M + (H + K) Ta + Tu$	100 %
2.	$M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm + S$	125 %
3.	Kombinasi (1) + $Rm + Gg + A + SR + Tm$	140 %
4.	$M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu$	150 %
5.	$M + P1$	130 % *)
6.	$M + (H + K) + Ta + S + Tb$	150 %

*) Khusus untuk jembatan baja

Keterangan :

- A = Beban angin
- Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan
- AHg = Gaya akibat aliran dan hanyutan pada saat terjadi gempa
- Gg = Gaya gesek pada tumpukan bergerak
- Gh = Gaya horisontal ekuivalen akibat gempa bumi
- (H + K) = Beban hidup dan kejutan
- M = Beban mati
- P1 = Gaya-gaya pada saat pelaksanaan
- Rm = Gaya rem
- S = Gaya sentrifugal
- SR = Gaya akibat susut dan rangkakan
- Tm = Gaya akibat perubahan suhu
- Ta = Gaya tekanan tanah
- Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
- Tb = Gaya tumbukan
- Tu = Gaya angkat

2.5.5 Oprit

Perkerasan dibangun agar memberikan kenyamanan saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Oprit disini dilengkapi dengan dinding penahan tanah. Pada perencanaan oprit, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Type dan kelas jalan ataupun jembatan

Hal ini sangat berhubungan dengan kecepatan rencana

- b. Volume lalu lintas
- c. Tebal perkerasan

2.5.6 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan pada perencanaan jembatan yaitu pada oprit jembatan sebagai jalan pendekat yang merupakan bagian penting pada proses perencanaan jalan, yang berfungsi :

1. Menyebarkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar
2. Melindungi tanah dasar dari rembesan air hujan
3. Mendapatkan kenyamanan dalam perjalanan

Salah satu jenis perkerasan adalah perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai pelapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapis bawahnya.

Dalam perencanaan perkerasan jalan ini digunakan metode Analisa Komponen berdasarkan Standar Konstruksi Bangunan Indonesia (SKBI) No.2.3.26.1987 Dep. PU, yaitu sebagai berikut :

- a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

KHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana

- b. Lintas ekuivalen permukaan (LEP)

$$LEP = \sum_{i=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

Dimana : n = Umur rencana

C_j = Koefisien distribusi kendaraan

E_j = Angka ekuivalen beban sumbu gandar (MTS. 10 Ton)

- c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{i=1}^n LHR_j \times (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Dimana : i = Pertumbuhan lalu lintas

d. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$\text{LET} = (\text{LEP} + \text{LEA}) \times 1 / 2$$

e. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP}$$

Dimana : FP = UR / 10

FP = Faktor penyesuaian

UR = Umur rencana

f. Index Tebal Perkerasan (ITP)

$$\text{ITP} = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

Dimana : a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing perkerasan

2.5.7 Drainase

Fungsi drainase adalah untuk membuat air hujan secepat mungkin dialirkan sehingga tidak terjadi genangan air dalam waktu lama. Di dalam perhitungan curah hujan ditetapkan untuk rencana 10 tahunan, karena memandang dari segi ekonomis bila dibandingkan dengan curah hujan rencana tahunan.

Dalam perhitungan curah hujan rencana digunakan rumus *Gumbel matematis*, dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Debit rencana saluran drainase

a. Debit rencana dihitung berdasar curah hujan 10 tahun

b. Curah hujan dihitung berdasarkan data-data curah hujan yang ada dengan metode Gumbel, analisa distribusi frekuensi extreme value adalah sebagai berikut :

$$X_{rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2}{(n-1)}}$$

$$\left\{ \left[\left[\begin{array}{c} 1 \\ Tr \end{array} \right] \right] \right\}$$

$$K_r = 0.78 - \ln - \ln 1 - \dots - 0.45$$

$$X_{tr} = R = X_{rata-rata} + (K * S_x)$$

Notasi :

$X_{rata-rata}$ = Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S_x = *Standart deviasi*

K_r = Factor Frekuensi *Gumbell*

X_{tr} = Curah hujan untuk periode tahun berulang T_r (mm)

c. Luas daerah tangkapan air hujan (*catchment area*) merupakan hasil kali daerah penguasaan jalan (40m) dengan panjang jalan yang menyebabkan timbulnya pengaliran pada saluran yang direncanakan.

d. Debit rencana ditinjau dengan rumus *rational monabe* :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (\text{m/det})$$

Notasi :

C = koefisien pengaliran (diambil dari tabel *run off coefficient*,

Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda)

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{0,67}$$

Notasi :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = Curah hujan rata-rata (mm)

T_c = Waktu pengaliran (detik)

$$= \frac{L}{V}, \quad L = \text{panjang aliran (m)}$$

V = kecepatan aliran (m.det)

$$= 72 \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{0,6}$$

H = selisih elevasi (m)

2. Penampang saluran

Perhitungan penampang saluran menggunakan rumus *manning* yaitu :

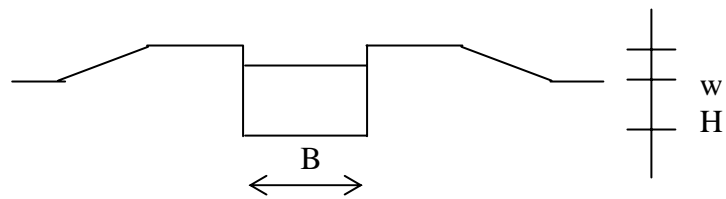
$$Q = A \times V$$

Notasi :

Q = debit air rencana (m³/det)

- A = Luas penampang basah (m²)
 V = Kecepatan aliran (m/detik)
 $= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
 n = koef kekasaran dinding
 R = jari-jari hidrolis (A/P)
 P = keliling penampang basah (m)
 S = kemiringan dasar saluran
 $= \frac{H}{L}$
 H = selisih elevasi hulu hilir saluran (m)
 L = panjang saluran

Bentuk I

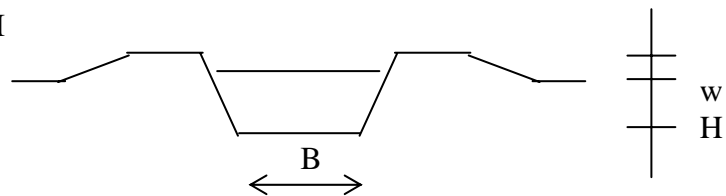


- B = Lebar saluran (m)
 H = Tinggi muka air (m)
 W = Tinggi jagaan (m)

Luas penampang basah : $A = B \times H$

Keliling basah : $P = B + 2H$

Bentuk II



m (kemiringan lereng sungai) = 1 : 2

Luas penampang basah : $A = B \times mH$

Keliling basah : $P = B + 2mH$

2.6 ASPEK GEOMETRIK

Di dalam menganalisa kondisi geometrik sebuah jembatan perlu diketahui letak, posisi, dan bentang jembatan yang akan direncanakan. Hal ini merupakan suatu keterpaduan antara kondisi topografi dengan kondisi geografinya. Di lokasi

rencana yang akan dibangun jembatan harus disesuaikan dengan kebutuhan serta kapasitas konstruksi yang ada menurut standar serta dari segi kekuatan maupun estetikanya, untuk memenuhi aspek tersebut perlu dilakukan analisa agar sasaran yang dicapai tepat guna, kondisi geometrik ini meliputi beberapa segi pandangan maupun perhitungan sesuai dengan maksud dan tujuan analisa meliputi :

2.6.1 Alinyemen Horisontal

Yang dimaksud dengan alinyemen horisontal adalah garis proyeksi dari rencana sumbu jalan tegak lurus pada bidang datar (peta). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam alinyemen horisontal :

- a) Sedapat mungkin menghindari *broken back* yakni tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh jarak yang pendek.
- b) Menghindari adanya tikungan yang tajam pada bagian yang lurus dan panjang.
- c) Menghindari adanya penggunaan radius minimum karena akan sulit mengikuti perkembangan pada waktu yang akan datang.

2.6.2 Alinyemen Vertikal

Adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal (turun atau naiknya jalan). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal :

- a) Untuk alasan keamanan dan kenyamanan, maka bentuk jembatan tidak boleh kaku.
- b) Menghindari adanya *broken back line* yaitu lengkung vertikal searah baik cekung maupun cembung yang dipisahkan oleh jarak yang pendek.
- c) Menghindari adanya *hippen dip* yakni lengkung kecil yang pendek yang tidak terlihat dari jauh pada bagian yang datar dan lurus.

2.7 ASPEK PENDUKUNG

Dalam perencanaan jembatan ini, ada beberapa aspek pendukung yang harus diperhatikan antara lain :

2.7.1 Pelaksanaan dan Pemeliharaan

Aspek pelaksanaan dan pemeliharaan merupakan faktor yang sangat penting yang perlu dipertimbangkan pada saat merencanakan jembatan. Pada dasarnya waktu pelaksanaan semakin cepat dengan mutu yang tetap baik, dengan biaya yang paling murah adalah sasaran dari perencanaan. Artinya pemilihan struktur, teknik pelaksanaan, pemilihan tenaga dan peralatan konstruksi menjadi sangat menentukan. Demikian juga aspek pemeliharaan perlu menjadi pertimbangan. Bahan korosif tentunya akan mempengaruhi usia pelayanan jembatan dan biaya pemeliharaan.

2.7.2 Aspek Estetika

Keindahan merupakan satu hal yang perlu dipertimbangkan pada saat merencanakan jembatan, pada jembatan yang berskala besar, faktor estetika sering direncanakan tersendiri oleh semua arsitek misalnya. Estetika ini yang akan memberikan nuansa monumental, artistik, menarik pada suatu jembatan atau dapat dijadikan *trade mark* suatu daerah tertentu, yang pada gilirannya dapat dijadikan komoditi pariwisata.

2.7.3 Aspek Ekonomi

Bangunan diatas dan dibawah jembatan secara struktural harus stabil dan secara ekonomis harus dapat dipertanggungjawabkan, (murah), sehingga dalam perencanaan struktur jembatan hal ini merupakan hal yang sangat dominan.