

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Guna memecahkan masalah yang ada baik untuk menganalisa faktor-faktor dan data pendukung ataupun untuk merencanakan konstruksi yang menyangkut cara analisis maupun perhitungan teknis, maka pada bagian ini kami menguraikan secara global pemakaian rumus-rumus dan persamaan yang akan digunakan untuk memperkuat materi pembahasan atau sebagai dasar dalam perencanaan jembatan.

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

- Arus lalu lintas
- Hidrologi
- Kondisi tanah
- Geometri
- Struktur bangunan jembatan

2.2. Aspek Arus Lalu Lintas

Dalam perencanaan, lebar jembatan sangat dipengaruhi oleh arus lalu lintas yang melintasi jembatan dengan interval waktu tertentu yang diperhitungkan terhadap Lalu lintas Harian Rata-rata / LHR (*Average Annual Daily Traffic/ AADT*) maupun dalam Satuan Mobil Penumpang / SMP (*Passenger Car Unit / PCU*).

2.2.1. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

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

$$LHRT = \text{Jumlah lalu lintas dalam satu tahun} / 365$$

1. Penentuan kapasitas lalu lintas

Rumus yang digunakan :

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

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{sp} = Faktor penyesuaian Pemisahan arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan bahu jalan.

Untuk nilai faktor mengacu pada tabel MKJI 1997.

2. Mencari kapasitas jalan lalu lintas berdasarkan satuan (smp)

Rumus yang digunakan :

$$Q = LHRT \times k$$

Dimana :

Q = Volume lalu lintas

LHRT = Lalu Lintas Harian

K = Nilai koefisien (tabel MKJI 1997)

(ditentukan oleh LHR dalam kendaraan/jam dan type alinyemen)

3. Mencari derajat Kejenuhan (DS)

Dihitung menggunakan Rumus :

$$DS = Q/C$$

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

2.2.2. Ekuivalen Mobil Penumpang

Ekuivalen mobil penumpang (Emp) adalah faktor dari berbagai tipe kendaraan dibandingkan terhadap kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruh terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus campuran.

Emp ini berfungsi sebagai nilai konversi arus lalu lintas kedalam satuan mobil penumpang (smp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

1. Kendaraan ringan/*Light Vehicles (LV)* meliputi : mobil penumpang, mini bus, truk pick up dan jeep.
2. Kendaraan berat menengah/*Medium Heavy Vehicles (MHV)* meliputi : truk 2 gandar dan mini bus
3. Bus besar/*Large Bus (LB)*
4. Truk besar/*Large Truck (LT)* meliputi : truk 3 gandar, dan truk gandeng
5. Sepeda motor/*Motorcycles (MC)*

Untuk nilai faktor mengacu pada tabel MKJI 1997

2.2.3. Pertumbuhan Lalu Lintas

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode “ Regresi Linier “ merupakan metode penyelidikan terhadap suatu data statistik dalam hal ini didasarkan pada metode nol bebas. Adapun rumus persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Dimana :

Y' = besar nilai yang diramal

a = Nilai trend pada nilai dasar

b = tingkat perkembangan nilai yang diramal

X = unit tahun yang dihitung dari periode dasar

Perkiraan (*forecasting*) lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5 , 10 , 15 atau 20 tahun mendatang, setelah waktu peninjauan berlalu , maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini

digunakan sebagai dasar untuk menghitung perencanaan kelas jembatan yang ada pada jalan tersebut. Untuk lebih jelas tentang perkembangan lalu lintas pada ruas tersebut, kemudian dibuatlah grafik hubungan antara tahun dan lalu lintas harian rata-rata (LHR).

Perkembangan lalu lintas tiap tahun dirumuskan :

$$\text{LHR}_n = \text{LHR}_o * (1 + i)^n$$

$$i = 100 \% * \sqrt[n]{(\text{LHR}_n / \text{LHR}_o - 1)} \longrightarrow (\%)$$

Persamaan trend : $Y' = a + b X$

$$\text{I} \quad \sum Y = n * a + b * \sum X$$

$$\text{II} \quad \sum XY = a * \sum X + b * \sum X^2$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapat a dan b dalam bentuk konstanta yang dimasukkan rumus “ Regresi Linier “ sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Sehingga perkiraan LHR selama umur rencana (UR) dapat diperhitungkan.

2.2.4. Kelas Jalan

Didalam perencanaan geometric jalan kota, klasifikasi perencanaan jalan dibagi kedalam dua tipe berbeda dan beberapa kelas yang ditentukan berdasarkan karakteristik lalu lintas dan volumenya.

Berdasarkan jenis hambatannya, jalan-jalan perkotaan dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

Tipe I : pengaturan jalan masuk secara penuh.

Tipe II : sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.

Jalan-jalan tipe I terbagi dalam dua kelas, dan jalan tipe II terbagi dalam empat kelas sesuai dengan klasifikasi fungsional dan perencanaan volume lalu lintas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1. dan tabel 2.2.

Tabel 2.1. Jalan Tipe I

| <i>FUNGSI</i> | <i>JALAN</i> | <i>KELAS</i> |
|---------------|--------------|--------------|
| Primer | Arteri | 1 |
| | Kolektor | 2 |
| Sekunder | Arteri | 3 |

Sumber : SPGJP 1988

Tabel 2.2. Jalan Tipe II

| <i>FUNGSI</i> | <i>VOLUME LALU LINTAS (SMP)</i> | <i>KELAS</i> |
|---------------|---------------------------------|--------------|
| Primer | Arteri | 1 |
| | Kolektor > 10.000 | 1 |
| | < 10.000 | 2 |
| Sekunder | Arteri > 20.000 | 1 |
| | < 20.000 | 2 |
| | Kolektor > 6.000 | 2 |
| | < 6.000 | 3 |
| | Jalan Lokal > 600 | 3 |
| | < 600 | 4 |

Sumber : SPGJP 1988

Berdasarkan fungsi dan volume lalu lintas, kelas jalan dibedakan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Kelas Jalan berdasarkan fungsi dan volume lalin

| <i>FUNGSI</i> | <i>KELAS</i> | <i>LHR (SMP)</i> |
|---------------|--------------|------------------|
| Utama | I | > 20.000 |
| | IIA | 6.000 -20.000 |
| Sekunder | IIB | 1.500 - 8.000 |
| | IIC | < 2.000 |
| Penghubung | III | - |

2.2.5. Lebar Lajur

Lebar lajur lalu lintas untuk berbagai klasifikasi perencanaan sebaiknya sesuai dengan tabel 2.4.

Tabel 2.4. Lebar Perencanaan Lajur Lalu Lintas

| Klasifikasi Perencanaan | | Lebar Lajur Lalu Lintas (m) |
|-------------------------|-----------|-----------------------------|
| Tipe I | Kelas I | 3,75 |
| | Kelas II | 3,5 |
| Tipe II | Kelas I | 3,5 |
| | Kelas II | 3,25 |
| | Kelas III | 3,0 - 3,25 |

Jika jalan tidak memiliki batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan oleh lebar perkerasan, sesuai dengan “ *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya* “, Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai berikut :

Tabel 2.5. Jumlah Lajur Perkerasan Berdasarkan Lebar Perkerasan

| Lebar Perkerasan | Jumlah Lajur (n buah) |
|-----------------------|-----------------------|
| < 5,50 m | 1 lajur |
| 5,50 m < L < 8,25 m | 2 lajur |
| 8,25 m < L < 11,25 m | 3 lajur |
| 11,25 m < L < 15,00 m | 4 lajur |
| 15,00 m < L < 18,75 m | 5 lajur |
| 18,75 m < L < 32,50 m | 6 lajur |

2.3. Aspek Hidrologi

Data–data hidrologi yang diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Peta topografi DAS
2. Peta situasi dimana jembatan akan dibangun
3. Data curah hujan dari stasiun pemantau terdekat
4. Data sungai

Data-data tersebut nantinya dibutuhkan untuk menentukan elevasi banjir, kecepatan aliran sungai, debit banjir, kedalaman penggerusan (*scouring*) dan lain-lain. Dengan mengetahui hal tersebut kemudian dapat direncanakan :

1. *Clearence* jembatan dari muka air tertinggi
2. Bentang ekonomis jembatan
3. Penentuan struktur bagian bawah

Analisa dari data-data hidrologi yang tersedia meliputi :

2.3.1. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Dalam perencanaan ini analisa frekuensi curah hujan dipakai metode *Normal, Gumbell* dan *Log Pearson Type III*.

- **Metode Normal**

Data yang digunakan adalah data curah hujan selama periode tertentu. Distribusi ini menggunakan dua parameter.

$$\text{Rumus : } R_t = R + z \cdot Sd_1$$

dimana :

R_t = curah hujan rencana

R = curah hujan rata-rata DPS

Z = faktor frekuensi Distribusi Normal (tabel 2.6) berdasarkan nilai P

P = $(1 - 1/T)$

T = periode ulang

Sd_1 = standar deviasi normal

$$= \sqrt{\frac{\sum (x_1 - x_r)^2}{n-1}}$$

Tabel 2.6. Faktor Frekuensi Distribusi Normal

| P (z) | z | P (z) | z | P (z) | z |
|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| 0,001 | -3,090 | 0,200 | -0,840 | 0,950 | 1,640 |
| 0,005 | -2,580 | 0,300 | -0,520 | 0,960 | 1,750 |
| 0,010 | -2,330 | 0,400 | -0,250 | 0,970 | 1,880 |
| 0,020 | -2,050 | 0,500 | 0,000 | 0,980 | 2,050 |
| 0,030 | -1,880 | 0,600 | 0,250 | 0,990 | 2,330 |
| 0,040 | -1,750 | 0,700 | 0,520 | 0,995 | 2,580 |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0,050 | -1,650 | 0,800 | 0,840 | 0,999 | 3,090 |
| 0,100 | -1,280 | 0,850 | 1,040 | | |
| 0,150 | -1,040 | 0,900 | 1,280 | | |

Sumber : Suwarno

Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data

- **Metode Gumbell**

Data yang digunakan adalah data curah hujan tertinggi atau terendah selama periode tertentu, kemudian digunakan untuk menghitung variabel acak dan harga ekstrim yang merupakan debit puncak rata-rata harian dan curah hujan rata-rata.

Rumus : $R_t = \mu + YT / a$

dimana :

R_t = curah hujan rencana

R = curah hujan maksimal rata-rata

μ = $R - 0,557 / a$

a = $1,2825 / Sd_1$

Sd_1 = standar deviasi normal

$$= \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_r)^2}{n-1}}$$

YT = $-\ln (-\ln (1-1/T))$

T = periode ulang

- **Metode Log Pearson Type III**

Metode ini menggunakan 3 macam parameter sehingga hasil yang didapat lebih akurat.

Rumus : $R_t = R + k \cdot Sd_2$

dimana :

R_t = curah hujan rencana

R = curah hujan maksimal rata-rata

k = faktor frekuensi Distribusi Log Pearson Type III (tabel 2.7) berdasarkan nilai C_s

$$C_s = \frac{n \sum (\ln X - \ln X_r)}{(n-1)(n-2)(Sd_2)^3}$$

Sd_2 = standar deviasi *Log Pearson Type III*

$$= \sqrt{\frac{\sum (\ln x_1 - \ln x_r)^2}{n-1}}$$

Tabel 2.7. Nilai k Distribusi *Log Pearson Type III*

| Kemencengan (Cs) | Periode ulang | | | | | |
|---------------------|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| | Peluang (%) | | | | | |
| | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 3,0 | -0,360 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 |
| 2,5 | -0,360 | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 |
| 2,2 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 |
| 2,0 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 |
| 1,8 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,1936 | 2,848 | 3,499 |
| 1,6 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 |
| 1,4 | -0,225 | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 |
| 1,2 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 |
| 1,0 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 |
| 0,8 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,998 | 2,453 | 2,891 |
| 0,6 | -0,099 | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 |
| 0,4 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 |
| 0,2 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 |
| 0,0 | 0,000 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,054 | 2,326 |

Sumber : Suwarno

Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data (tabel III-3)

Dalam perencanaan ini akan menggunakan stasiun pengamatan curah hujan yang dekat dengan lokasi perencanaan.

2.3.2. Analisa Banjir Rencana

- Perhitungan banjir rencana ditinjau dengan cara Formula *Rational Mononobe* :

1. Kecepatan Aliran V(m/dtk)

Menurut fomula Dr. Rizha :

$$V = 72 * \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6}$$

dimana ; V = Kecepatan aliran (m/dtk)
H = Selisih elevasi (m)
L = Panjang aliran (m)

2. Time Concentration TC

$$TC = \frac{L}{V}$$

dimana ; TC = Waktu pengaliran (detik)
L = Panjang aliran (m)
V = Kecepatan aliran (m/dtk)

3. Intensitas Hujan I

$$I = \frac{R}{24} * \left[\frac{24}{TC} \right]^{0,67}$$

dimana ; I = Intensitas hujan (mm/jam)
R = Curah hujan (mm)

4. Debit Banjir Q (m³)

$$Q_{tr} = C * I * A * 0,278$$

di mana ; Q_{tr} = Debit banjir rencana (m³)
A = Luas DAS (km²)
C = Koefisien *run off*

5. Analisa Debit Penampang

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

dimana ; Q_{tr} = Debit banjir (m³)
m = Kemiringan lereng sungai
B = Lebar penampang sungai (m)
A = Luas penampang basah (m²)
H = Tinggi muka air sungai (m)

Koefisien *run off* 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 dibawah ini :

| No. | Kondisi Daerah dan Pengaliran | Koefisien Limpasan |
|-----|---|--------------------|
| 1 | Daerah pegunungan yang curam | 0,75 – 0,9 |
| 2 | Daerah 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 diairi | 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 setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran | 0,5 – 0,75 |

Tabel 2. 8. Koefisien Limpasan (*Run Off*)

- Perhitungan debit banjir rencana dengan *Metode Haspers* dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$C = \frac{1 + 0,012 * A^{0,7}}{1 + 0,075 * A^{0,7}}$$

$$t = 0,1 * L^{0,8} * S^{-0,3}$$

$$1/\beta = \frac{1 + t + 3,7 * 10^{-4} * t * (A^{0,75} / 12)}{t^2}$$

Menghitung R1 =

- o untuk $t < 2$ jam, maka :

$$R1 = \frac{t * R_{24 \text{ maks}}}{T + 1 - 0,008 * (260 - R_{24 \text{ maks}}) * (2 - t)^2}$$

- o untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$, maka :

$$R1 = \frac{t * R_{24 \text{ maks}}}{T + 1}$$

- o untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ jam}$, maka :

$$Rl = 0,707 * R_{24 \text{ maks}} * (t + 1)$$

t dalam hari dan $R_{24 \text{ maks}}$ dalam mm

$$R = Rl / (3,6 * t)$$

$$\text{Debit banjir rencana : } Q = C * \beta * R * A$$

Dimana,

$$Q = \text{Debit banjir maksimum (m}^3/\text{dt)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran}$$

$$\beta = \text{Koefisien reduksi}$$

$$R = \text{Hujan maksimum (mm)}$$

$$Rl = \text{Intensitas hujan (m}^3/\text{det/km}^2)$$

$$T = \text{Waktu pengaliran (det)}$$

$$A = \text{Luas Daerah Aliran Sungai (km}^2)$$

$$L = \text{Panjang sungai (km)}$$

$$S = \text{Kemiringan sungai rata-rata}$$

2.4. Aspek Penyelidikan Tanah

Tinjauan aspek tanah pada perencanaan Jembatan Logung ini meliputi tinjauan terhadap data-data tanah yang ada seperti : sondir , boring, nilai kohesi, sudut geser tanah, γ tanah, nilai *California Bearing Ratio* (CBR), kadar air tanah dan *void ratio*, agar dapat ditentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kedalaman serta dimensinya. Selain itu data-data tanah diatas juga dapat untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kesetabilan lereng (stabilitas tanah) guna mendukung keamanan dari struktur yang akan dibuat.

2.5 Aspek Konstruksi

2.5.1 Pembebanan Struktur

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

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 :

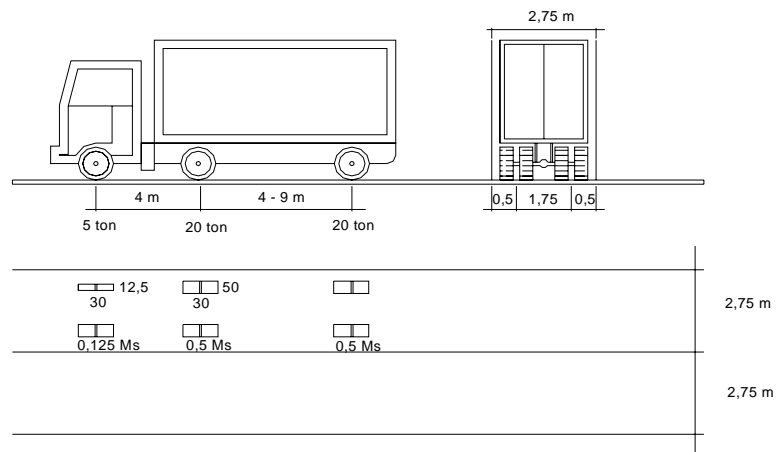
| | |
|---|--------------------------------|
| - Baja tuang | 7,85 t / m ³ |
| - Aluminium paduan | 2,80 t / m ³ |
| - Beton bertulang | 2,50 t / m ³ |
| - Beton biasa , beton cyclop | 2,20 t / m ³ |
| - Pasangan batu | 2,00 t / m ³ |
| - Kayu | 1,00 t / m ³ |
| - Tanah , pasir,kerikil (dalam keadaan padat) | 2,00 t / m ³ |
| - Perkerasan jalan beraspal | 2,00 – 2,50 t / m ³ |

b. Beban Hidup

Beban hidup pada jembatan ditinjau menurut dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan, dan beban “D” yang merupakan beban lajur untuk gelagar jembatan.

• Beban “T”

Untuk perhitungan struktur sistem lantai kendaraan jembatan, digunakan beban “T”. Beban “T” adalah beban kendaraan truk dengan roda ganda sebesar 10 ton, dengan ukuran serta kedudukan seperti tertera pada gambar 2.1.



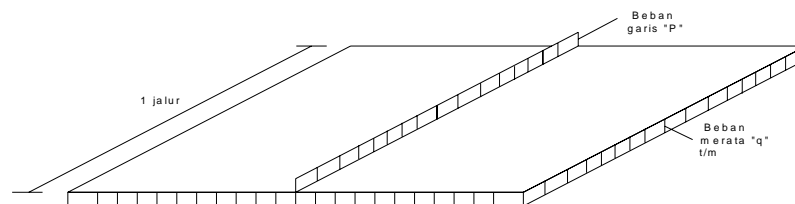
Ms= Muatan rencana sumbu = 20 ton

Gambar 2.1 Beban “T”

Lajur lalu lintas mempunyai lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar lajur minimum ini harus digunakan untuk menentukan beban “D” per lajur.

- **Beban “D”**

Beban “D” digunakan untuk perhitungan dimensi kekuatan gelagar-gelagar jembatan. Beban “D” terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang per lajur, dan beban garis “P” ton per lajur lalu lintas.



Gambar 2.2 Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan

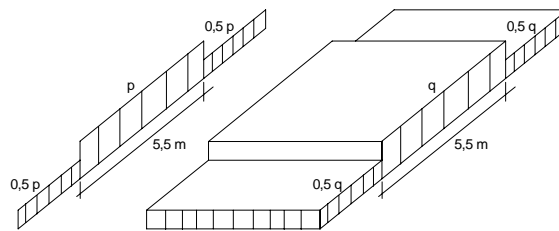
Besar “q” ditentukan sebagai berikut :

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

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

$$q = 1,1 \left[1 + \frac{30}{L} \right] \text{ t/m} \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

Untuk jembatan dengan lebar lantai $\leq 5,50$ m, beban “D” sepenuhnya (100%), sedangkan untuk jembatan dengan lebar lantai $> 5,50$ m, beban “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar lajur 5,50 m, sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D” (50%).



Gambar 2.3 Ketentuan Penggunaan Beban “D”

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa :

panjang bentang (L) untuk muatan terbagi rata adalah sesuai ketentuan dalam perumusan koefisien kejut,

beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut :

$$\text{beban terbagi merata} = \frac{q_{\text{ton/meter}}}{2,75\text{m}}$$

$$\text{beban garis} = \frac{p_{\text{ton}}}{2,75\text{m}}$$

Angka pembagi 2,75 meter di atas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar lajur lalu lintas.

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. 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)).

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 kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan 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. Jembatan yang akan dibangun di daerah yang dipengaruhi oleh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan “Buku Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya 1986 (PPJJR pasal 2 (5)).

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 tuang)

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

3. 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

$$K_s = 0,79 \frac{V^2}{R} \quad \text{dimana ; } K = \text{Koefisien gaya sentrifugal (prosen)}$$

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan (meter)

b. Gaya tumbuk

c. Gaya pada saat pelaksanaan

d. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

$$Ah = K (Va)^2 \quad \text{dimana ; } Ah = \text{Tekanan air (t/m}^2\text{)}$$

Va = Kecepatan aliran (m/dt)

K = Koefisien aliran

4. Kombinasi Pembebanan

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 2.9 berikut ini :

| 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

Tabel 2.9. Kombinasi pembebanan

Keterangan :

A = Beban angin

Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan

AHg = Gaya akibat aliran dan hanyutan pada saat terjadi gempa

Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

Gh = Gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi

(H+K) = Beban hidup dan kejut

M = Beban mati

P1 = Gaya-gaya pada saat pelaksanaan

Rm = Gaya rem

S = Gaya sentrifugal

SR = Gaya akibat susut dan rangkai

Tm = Gaya akibat perubahan suhu

Ta = Gaya tekanan tanah

Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

Tb = Gaya tumbuk

Tu = Gaya angkat

5. Syarat Ruang Bebas

- Profil ruang Bebas Jembatan

Merupakan tinggi dan lebar ruang bebas jembatan dengan ketentuan :

1. tinggi minimum untuk jembatan tertutup adalah 5 m
2. lebar minimum untuk jembatan ditetapkan menurut jumlah lajur lalu lintas ditambah dengan kebebasan samping 2 x 0,50 meter

- Tinggi Bebas Jembatan

Tinggi bebas minimum jembatan terhadap banjir 50 tahunan ditetapkan sebesar 1,00 m.

- Ruang Bebas untuk Lalu Lintas di Bawah Jembatan

Ruang bebas untuk lalu lintas jalan raya dan lalu lintas air di bawah jembatan disesuaikan dengan syarat ruang bebas untuk lalu lintas yang bersangkutan.

2.5.2 Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan struktur dari jembatan yang terletak dibagian atas dari jembatan. Pada perencanaan Jembatan Logung ini struktur bagian atas meliputi

1. Sandaran

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

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran (Rail Post) , biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut. Pada jembatan ini menggunakan pelat baja dengan ketebalan 25 mm dan dinding beton bertulang dengan ketebalan 25 cm
- Sandaran (Hand Rail) , biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang. Pada jembatan ini menggunakan pipa baja dengan diameter 3”(7,63 cm).

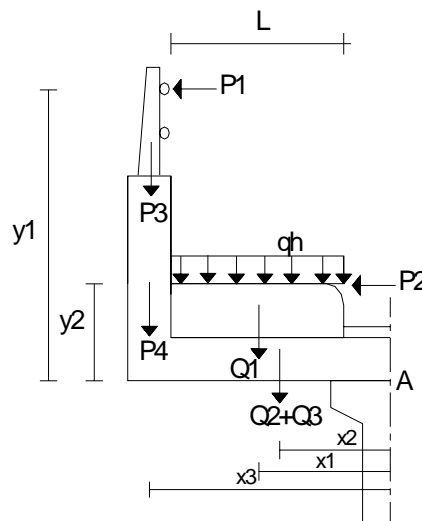
Prinsip perhitungan sandaran sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03.

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

2. Trotoir

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

- Beban mati berupa berat sendiri pelat.
- Beban hidup sebesar 500 kg/m^2 berupa beban merata dan beban terpusat pada *kerb* dan sandaran.
- Beban akibat tiang sandaran.



Gambar 2.4. Pembebanan Trotoir

Pembebanan :

- Beban Mati
 - Berat trotoir (q_1)

- Berat lantai (q_2)
 - Beban air hujan (q_3)
- b. Beban Hidup
- Beban pada sandaran (P_1) = 100 kg/m
 - Beban berguna horisontal (P_2) = 500 kg/m
 - Beban berguna vertikal (q_h) = 500 kg/m²

Penulangan plat *trottoir* diperhitungkan sebagai berikut :

- $d = h - p - 0,5 \varnothing$ d = tebal efektif plat ; h = tebal plat ; p = tebal selimut
- $M_u = Q_1 \cdot x_1 + (Q_2 + Q_3) \cdot x_2 + q_h \cdot L \cdot l \cdot x_1 + P_3 \cdot x_3 + P_4 \cdot x_3 + P_1 \cdot l \cdot y_1 + P_2 \cdot l \cdot y_2$
- $M_n = M_u / \varnothing$, \varnothing = rasio pembebanan
- $R_l = 0,85 f'c$, $f'c$ = mutu beton
- $K = M_n / b \cdot d^2 \cdot R_l$, b = lebar pelat per meter
 d = tebal efektif plat

- $F = 1 - \sqrt{1 - 2K}$
- $F_{\max} = \frac{\beta 1.450}{600 + f_y}$
- $\rho = F \cdot R_l / f_y$ ρ = rasio penulangan
- $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ A_s = luas tulangan

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

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

3. Pelat Lantai

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

- a) Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat *pavement* dan berat air hujan.
- b) Beban hidup berupa beban T yaitu beban kendaraan truk dengan roda ganda sebesar 10 ton.

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

4. Pelat Injak dan wing wall

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

5. 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 sendiri *diafragma*. Perhitungan untuk penulangan diafragma sama dengan prinsip penulangan pada pelat *trottoir*.

6. Gelagar Induk (Balok Prategang)

Merupakan gelagar utama yang berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk disalurkan ke tanah dasar melalui pondasi. Pada perencanaan jembatan ini, menggunakan balok girder dari beton prategang.

Beton prategang adalah suatu konstruksi beton, dimana bila pada konstruksi tersebut beri tegangan dengan gaya khusus beton akan tertekan sehingga pada saat konstruksi bebani tidak akan (hampir tidak) timbul tegangan tarik.

Jenis-jenis prategang :

a) Kontruksi beton prategang penuh (*full prestressing*)

Desain penampang beton prategang yang tidak mengijinkan terjadinya tegangan tarik diseluruh penampang beton.

b) Kontruksi beton prategang sebagian (*partial prestressing*)

Desain penampang beton prategang yang mengijinkan terjadinya tegangan tarik pada penampang beton. Pada saat atau setelah dibebani beban maksimum masih diijinkan tegangan tarik pada batas-batas tertentu.

Jenis-jenis prategang ditinjau dari transfer gaya pratekan adalah sebagai berikut :

a. Sistem pratarik (*Pretension*)

Pada sistem ini gaya pratekan dipindahkan dari tendon ke beton melalui ikatan (*bond*) antara beton dengan tendon. Dimana tendon ditarik terlebih dahulu sesuai dengan tegangan yang dihitung dan dijangkar pada kedua ujungnya, baru kemudian beton dicor.

b. Sistem pasca tarik (*Postension*)

Pada sistem ini gaya pratekan dipindahkan dari tendon ke beton melalui angker (*anchorage*) yang ditempatkan pada ujung balok setelah tendon ditegangkan. Di dalam sistem pasca tarik, beton lebih dahulu dicetak dengan memasang *duct* untuk menempatkan tendon. Apabila beton sudah cukup kuat, maka kawat bermutu tinggi ditarik dengan menggunakan bantalan dongkrak pada permukaan ujung batang dan kawat diangkurkan dengan pasak atau mur. Gaya-gaya pratekan diteruskan ke beton oleh angkur ujung dan juga apabila kabel melengkung melalui tekanan radial antara kabel dan saluran. Ruang dalam *duct* didisi dengan adukan (*grout*).

➤ Tegangan-tegangan ijin :

- Awal : $f_{ti} = 0,5 \sqrt{f'_{ci}}$, f_{ti} = tegangan ijin tarik awal

$f_{ci} = 0,6 f'_{ci}$, f_{ci} = tegangan ijin tekan awal

- Akhir : $f_t = 0,5 \sqrt{f'_{ci}}$, f_t = tegangan tarik akhir

$f_c = 0,45 f'_c$, f_c = tegangan tekan akhir

f'_{ci} = tegangan karakteristik beton awal

f'_c = tegangan karakteristik beton akhir

➤ Pembebanan

- Awal : beban mati + pratekan awal

Pada gaya pratekan awal faktor reduksi dipengaruhi oleh umur beton pada saat tarik.

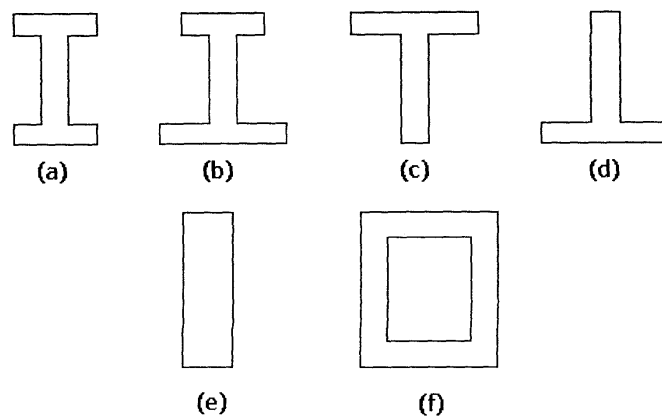
- Akhir: beban mati + beban hidup + pratekan setelah kehilangan tegangan
Kehilangan gaya pratekan (*loss of prestressed*) diambil pada saat pengecoran plat lantai, besarnya LOP diasumsikan terlebih dahulu yang

kemudian dilakukan pengecekan pada saat perhitungan kehilangan tegangan.

➤ Dimensi balok girder prategang

Pendimensian balok prategang disesuaikan pada cetakan atau mal yang sudah ada, pada pihak *suplaier*. Dimensi balok prategang mempunyai tipe atau jenis yang bermacam-macam, diantaranya:

- a. Tipe balok I simetris
- b. Tipe balok I tidak simetris
- c. Tipe balok T
- d. Tipe balok T terbalik
- e. Tipe persegi panjang
- f. Penampang kotak



Gambar 2.5 Tipe balok prategang

➤ *Layout* tendon

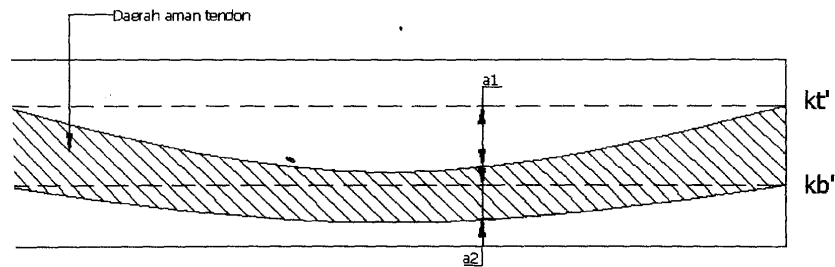
Layout tendon atau elevasi dari tendon tergantung dari daerah aman tendon. Letak dari eksentrisitas kelompok tendon harus berada, di daerah aman tendon. Daerah aman tendon didasarkan pada :

M_g = momen akibat beban gelagar

M_T = momen total

F_0 = gaya prategang awal

F = gaya prategang efektif



Gambar 2.6 Daerah aman tendon

Dimana :

$$a_1 = \frac{Mg}{F_0} \quad ; \quad a_2 = \frac{MT}{F}$$

kt' = kern atas komposit

kb' = kern bawah komposit

➤ Analisa balok prategang :

a. Tegangan yang terjadi dibagi menjadi dua tahap

- Tegangan kondisi awal, sebelum beban hidup bekerja :

$$\text{Tegangan serat atas} \quad : \quad f_{atas} = \frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yt}{Ix} + \frac{M_d \cdot yt}{Ix}$$

$$\text{Tegangan serat bawah} \quad : \quad f_{bawah} = \frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yb}{S_1} + \frac{M_d \cdot yb}{S_1}$$

- Tegangan kondisi akhir, setelah beban hidup bekerja (dalam kondisi Komposit) :

Tegangan serat atas :

$$f_{atas} = R \cdot \left[\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yt}{Ix} \right] + \left[\frac{(M_d + M_1) \cdot yt}{Ix} \right]$$

Tegangan serat bawah :

$$f_{bawah} = R \cdot \left[\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e \cdot yb}{Ix} \right] + \left[\frac{(M_d + M_1) \cdot yb}{Ix} \right]$$

Notasi :

F = tegangan tendon

E = eksentrisitas tendon terhadap titik berat penampang

A = luas penampang

Ix = momen inersia terhadap sumbu horlsonal (x)

- Md = beban mati
 M₁ = beban hidup
 R = faktor reduksi (asumsi)

b. Lendutan pada beban kerja

Diperhitungkan mengikuti Metode Momen Area yaitu dengan membagi fungsi momen dengan modulus elastisitas dan momen inersia.

- Lendutan akibat gaya prategang

$$M = F \times e$$

$$M = 1/8 \times q \times L^2$$

Lendutan akibat gaya prategang awal adalah :

$$\delta = - \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E_c \times I_x}$$

Dimana :

M = Momen akibat gaya prategang

e = eksentrisitas tendon

q = beban merata akibat momen

L = Panjang

E_c = modulus elastisitas beton

I_x = momen inersia beton

- Lendutan akibat beban luar

$$M = 1/8 \times q \times L^2$$

$$q = \frac{8M}{L^2}$$

- Lendutan akibat berat sendiri balok adalah :

$$\delta = - \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E_c \times I_x}$$

M = Momen akibat beban luar

q = beban merata akibat momen

L = Panjang

E_c = modulus elastisitas beton

I_x = momen inersia beton

c. Kemampuan terhadap geser

Pada dasarnya sama dengan beton bertulang. Dengan membengkokkan tendon untuk mengurangi ekesentrisitas atau memperkecil momen lentur di ujung balok ternyata memberi dampak terjadinya, daya vertikal ke atas yang berguna untuk melawan gaya geser oleh beban mati dan beban hidup.

Kemampuan geser dari balok prategang dipengaruhi oleh dua hal :

- *Diagonal Tension Failure* (akibat gaya lintang)

$$V_{cw} = 0,33 \sqrt{f'c} \left[\sqrt{1 + \frac{f_{pe}}{0,33\sqrt{f'c}}} \right] bw.d + V_p$$

di mana:

V_{cw} = Gaya geser yang mengakibatkan *Web Shear Cracks*

f_{pe} = tegangan yang terjadi akibat gaya prategang

V_p = komponen vertikal dari gaya prategang

bw = lebar balok yang terpengaruh oleh geser

d = Jarak serat tertekan sampai titik berat tendon

Geseran yang diperhitungkan pada jarak $\frac{1}{2} h = 80$ cm dari tepi balok

- *Shear Compression Failure* (akibat momen lengkung)

$$V_{ci} = (0,05 \sqrt{f'c}) bw.d + \frac{V}{m} x M_{cr}$$

Tegangan terbesar diambil pada jarak $\frac{1}{4} L$ dari tumpuan

d. Kehilangan tegangan

- Akibat perpendekan elastis beton

$$\Delta f_{pes} = \frac{E_s x f_{c1r}}{E_c} = n x f_{c1r}$$

Δf_{pes} = kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis beton

E_s = modulus elastis tendon

f_{c1r} = Tegangan beton

n = E_s / E_c

E_c = Modulus elastisitas beton

- Akibat rangkai beton (*Creep Losses*)

$$\Delta f_{p_{CR}} = K_{CR} \frac{E_p}{E_c} (f_{cs} - f_{cds})$$

$\Delta f_{p_{CR}}$ = Kehilangan tegangan akibat rangkai beton

K_{CR} = Koefisien rangkai

E_p = Modulus elastisitas tendon

E_c = Modulus elastisitas beton

f_{cs} = tegangan awal tendon

f_{cds} = tegangan akibat berat sendiri balok

- Akibat susut beton

$$\Delta f_{p_{SH}} = \epsilon_{SH} \times E_{ps}$$

di mana:

$$\epsilon_{SH} = 0,0005$$

= Jumlah tegangan susut sisa yang mengurangi nilai sebesar 0,0005 setelah umur beton 28 hari baru dilaksanakan penegangan kabel pada saat tersebut susut beton mencapai 40%.

E_{ps} = Modulus elastisitas tendon

- Akibat relaksasi baja

$$\Delta f_{p_R} = f'_{pi} \frac{\log t}{10} \left(\frac{f'_{pi}}{f_{py}} - 0,05 \right)$$

Δf_{p_R} = Kehilangan tegangan akibat relaksasi baja

t = waktu dalam hari

f'_{pi} = tegangan tendon akibat T_i

f_{py} = tegangan leleh baja

- Akibat penjangkaran / pengangkuran

$$\Delta f_{p_A} = \frac{\Delta A}{L} \times E_{ps}$$

di mana:

Δf_{p_A} = kehilangan tegangan akibat penjangkaran

ΔA = Lendutan yang kemungkinan terjadi

L = Panjang tendon

EPS = Modulus elastisitas tendon

- Akibat angkur set ditentukan berdasarkan spesifikasi dari pabrik Geseran tendon dengan duct, dengan koefisien μ maka kehilangan tegangan untuk tendon sepanjang dx dengan perubahan sudut $d\alpha$:

$$\Delta f_{FR} = f_o \cdot e^{-(\mu\alpha - Kx)}$$

Di mana:

f_o = gaya pratekan awal pada dongkrak

μ = Koefisien gesekan antara kabel dan saluran
= 0,18 (kabel tali kawat berlapis banyak di dalam selongsong baja yang tegar = 0,18 - 0,3)

α = Sudut kumulatif dalam radian melalui dimana garis singgung terhadap profil kabel telah berputar antara dua titik sembarang yang ditinjau.

K = Koefisien gesekan untuk pengaruh gelombang kondisi normal.

7. Andas / Perletakan

Pada perencanaan jembatan ini, andas menggunakan *elastomer bearing*/karet. Di dalam perhitungan perletakan dianggap perletakan sederhana yaitu sendi dan rol. Reaksi akibat beban luar berupa gaya horisontal dan vertikal.

8. Oprit

Oprit 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 :

- Type dan kelas jalan ataupun jembatan
Hal ini sangat berhubungan dengan kecepatan rencana
- Volume lalu lintas
- Tebal perkerasan

2.5.3 Struktur Bawah (Sub Structure)

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 abutmen serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
2. Menentukan pembebanan yang terjadi pada abutmen :
 - a. Beban mati berupa berat sendiri abutmen, gelagar induk, lantai jembatan, *trottoir*, 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, tekanan tanah aktif, 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 *abutment* cukup memadai untuk menahan gaya – gaya tersebut.
5. Ditinjau juga kestabilan terhadap *sliding* dan bidang runtuh tanah.
6. Ditinjau juga terhadap *Settlement* (penurunan tanah).

2.5.4 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.

Berdasarkan data tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras terletak pada lapisan sangat dalam, sehingga pondasi pada perencanaan Jembatan Logung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang. Perhitungan pondasi ini meliputi :

1. Penulangan akibat gaya hammer
2. Penulangan akibat gaya pengangkatan
3. Kontrol kekuatan tiang terhadap beban tekanan tanah pasif

Rumus Daya Dukung Tiang Pancang :

$$Q = \frac{(Axqc)}{3} + \frac{(Dxf)}{5}$$

Dimana :

Q = Daya dukung untuk satu tiang

A = Luas penampang tiang pancang

qc = Nilai *conus resistance*

D = keliling tiang pancang

f = Nilai *cleef*

Bila nilai *conus resistance* kecil , maka dapat diabaikan atau digunakan sebagai angka keamanan sesuai dengan rumus :

$$Q = \frac{qxf}{5}$$

Effisiensi tiang pancang :

$$\eta = 1 + \frac{\alpha}{90^0} \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn}$$

s = Jarak antara tiang

m = jumlah deret tiang

n = jumlah tiang setiap deret / (arc tan (d/s))

d = diameter tiang

η = efisiensi

Daya dukung tiang pancang dalam kelompok tiang diperhitungkan dengan rumus:

$$Q_{tot} = Q * E$$

Kebutuhan tiang pancang untuk satu abutment adalah :

$$N = \frac{\sum VI}{Pa} \quad \text{dengan} \quad \sum VI = \text{Beban vertikal terbesar}$$

2.5.5 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 ketanah dasar
2. Melindungi tanah dasar dari rembesan air hujan
3. Mendapatkan kenyamanan dalam perjalanan

Salah satu jenis perkerasan jalan adalah perkerasan lentur (Flexible Pavement). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis 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)

LHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana.

- b. Lintas ekuivalen permukaan (LEP)

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

dimana : n = Umur rencana

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekuivalen beban sumbu gandar (MST.10 Ton)

- c. Lintas ekuivalen Akhir (LEA)

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

Dimana : i = Pertumbuhan lalu lintas

- d. Lintas ekuivalen Tengah (LET)

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

- e. Lintas ekuivalen rencana (LER)

$$LER = LET \times FP$$

Dimana : FP = UR / 10

FP= faktor penyesuaian

UR = umur rencana

f. Indek tebal perkerasan (ITP)

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

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

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing perkerasan

2.6 Aspek Geometri

2.6.1 Alinyemen Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_1 - g_2 = \dots \%$$

$$E_v = (A \times L_v) / 800$$

Dimana :

A = beda kelandaian

g = kelandaian

E_v = Elevasi lengkung vertikal

L_v = Panjang lengkung vertikal

2. Pandangan Bebas Vertikal Cekung

Untuk lengkung vertikal cekung dengan dengan jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $< L$

$$L = \frac{A.S^2}{150 + (3,5.S)}$$

Untuk lengkung vertikal cekung dengan jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $> L$

$$L = 2S - \frac{200(h_1 + h_2)^2}{A}$$

3. Pandangan Bebas Vertikal Cembung

$$L = 2S - \frac{100 + (3,5.S)}{A}$$

2.6.2 Alinyemen Horisontal

Dalam perencanaan lengkung horisontal, lokasi juga merupakan salah satu pertimbangan. Persyaratan alinyemen untuk daerah urban sedikit berbeda dengan daerah rural atau sub urban. Alinyemen pada jalan harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan teknik semata, tetapi juga cukup bagi lalu lintas daripada pemakai jalan.

Pertimbangan teknik dasar yang dimaksud di atas adalah :

- a. Penyesuaian kondisi topografi dan geografi daerah sekitarnya.
- b. Kemantapan alinyemen.
- c. Koordinasi antara alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal.
- d. Keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi, penumpang dan pejalan kaki.
- e. Keterbatasan – keterbatasan pada pelaksanaan pembangunan.
- f. Kemungkinan peningkatan pembangunan pada masa yang akan datang juga harus dipertimbangkan seperti peningkatan perkerasan, perbaikan alinyemen vertikal maupun alinyemen horisontal.

Macam – macam lengkung horisontal

Ada tiga macam aplikasi lengkung pada perencanaan alinyemen horisontal yaitu :

1. Full Circle

Bentuk ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen relatif kecil, tanpa lengkung peralihan.

2. Spiral – Circle – Spiral

Lengkung spiral merupakan bagian peralihan dari bagian lurus ke bagian *circle*.

3. Spiral- Spiral

Bentuk ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari kecil atau tikungan yang tajam.