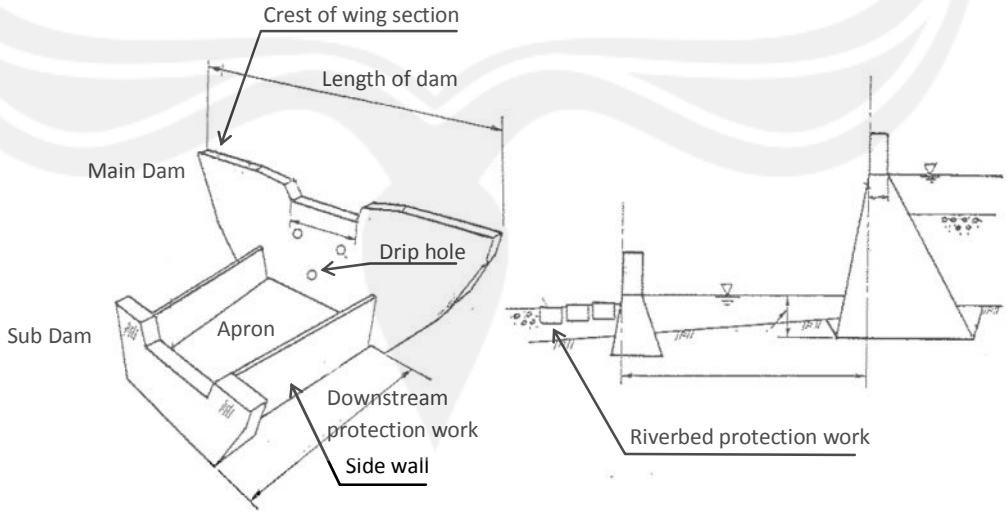
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Lay Out Sabo Dam

Bentuk sabo dam bervariasi tergantung situasi dan kondisi setempat, antara lain : konfigurasi palung sungai (sempit, lebar, dalam atau dangkal), jenis material sedimen (pasir, kerikil, batu atau tanah) dan fungsi sampingannya (Cahyono, 2000).

Fungsi utama sabo dam adalah untuk mengontrol sedimen namun dengan modifikasi dapat difungsikan sebagai bendung irigasi, sarana air bersih, mikrohidro dan jembatan penghubung.

Bagian- bagian sabo dam terdiri dari main dam, apron, side wall, sub dam, drip hole, *buffer fill* dan *riverbed protection*. *Lay out* tipikal sabo dam yang banyak dijumpai di Indonesia seperti pada gambar 2.



Gambar 2. *Lay out* sabo dam

Bentuk main dam dapat dimodifikasi sesuai dengan fungsi lain sabo dam sebagai bendung irigasi, mikrohidro, sarana air bersih dan atau jembatan.

II.2. Stabilitas Sabo Dam

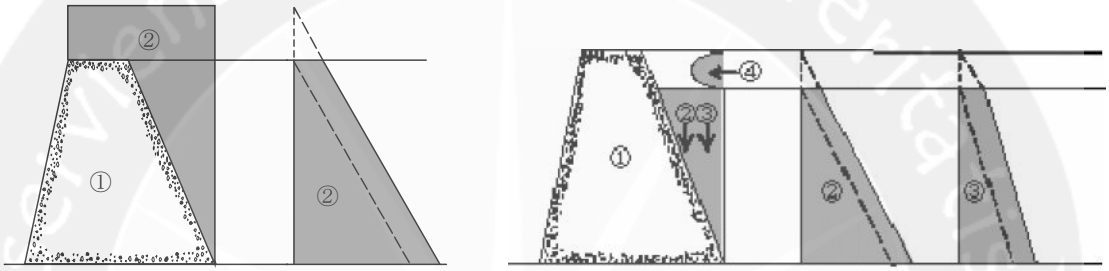
Analisa stabilitas harus diperhitungkan dalam desain *dam body* untuk menjamin keamanan bangunan. Stabilitas suatu sabo dam tergantung gaya-gaya yang bekerja pada bangunan (Cahyono, 2000), meliputi gaya akibat :

a) Berat sendiri bangunan (*dead weight of dam*)
b) Tekanan hidrostatis (*hydrostatic pressure*)
c) Tekanan endapan sedimen (*earth pressure*)
d) Tekanan dinamis aliran lahar dingin (*fluid dynamic force of debris flow*)
e) Tekanan *uplift* (*uplift pressure*)
f) Gempa (*seismic body pressure*)

Gaya-gaya yang harus dipertimbangkan tergantung tinggi sabo dam dan kondisinya dalam keadaan normal (*normal condition*), banjir (*during flood*) atau aliran lahar dingin (*during debris flow*). Menurut *Technical Standards and Guidelines for Planning and Design of Sabo Structures* (2010), gaya-gaya yang perlu diperhitungkan dalam tinjauan stabilitas dam dengan tinggi kurang dari 15 m, ditunjukkan pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 1. Gaya-gaya yang bekerja pada dam dengan tinggi < 15,0 m

Tinggi Sabo Dam	Kondisi Normal	Kondisi Banjir	Kondisi Aliran Lahar Dingin
H < 15,0 m	*1. Dead weight of dam*	*1. Dead weight of dam* *2. Hydrostatic pressure*	*1. Dead weight of dam* *2. Hydrostatic pressure* *3. Sediment pressure* *4. Fluid dynamic force*



Kondisi banjir Kondisi aliran lahar dingin

Gambar 3. Gaya-gaya yang bekerja pada dam

a) Berat Sendiri Bangunan

Berat sendiri dam dihitung berdasarkan volume dam dan berat jenis material dam dapat dihitung dengan rumus :

$$W = °_c \times V \quad \text{.....(2.1)}$$

dengan,

W = berat sendiri bangunan (t)

$°_c$ = berat jenis material bangunan (t/ m^3)

V = volume bangunan (m^3)

Untuk beton berat jenis material = 2,20 – 2,40 (t/m^3), sedangkan berat jenis pasangan batu dapat diambil berat jenis = 2,20 (t/m^3) tergantung *void ratio*.

Apabila diadakan tes material dan *mix proportion* maka parameter hasil tes yang digunakan dalam perhitungan.

b) Tekanan Hidrostatis

Tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Oleh sebab itu agar perhitungannya lebih mudah, gaya horizontal dan vertikal dikerjakan secara terpisah. Pada kondisi banjir tekanan hidrostatis ditentukan oleh kedalaman air sampai muka air banjir. Sedangkan pada kondisi aliran lahar dingin kedalaman air dihitung lebih rendah seperti ditunjukkan pada gambar 4.

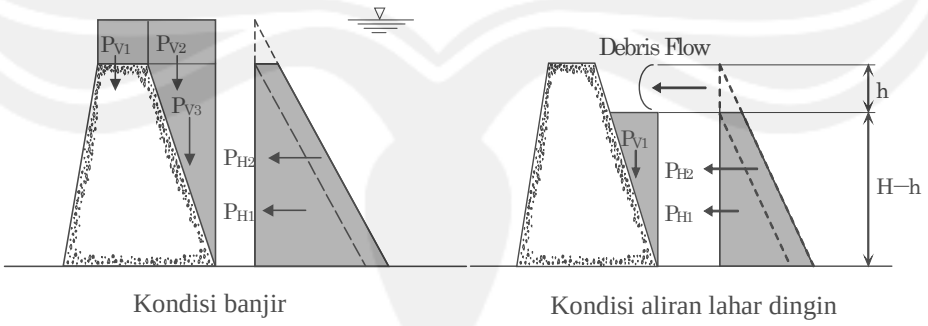
$$P = \gamma_w \times h_w \quad \text{.....(2.2)}$$

dengan,

P = tekanan hidrostatis (t/m^2)

γ_w = berat jenis air (t/m^3)

h_w = kedalaman muka air (m)



Gambar 4. Tekanan hidrostatis

Tekanan hidrostatis dihitung berdasarkan nilai γ_w = 0,98 (t/m^3) untuk tinggi main dam lebih dari 15 m tetapi dapat diambil γ_w = 1,18 (t/m^3) untuk main dam dengan

tinggi kurang dari 15 m karena tekanan endapan sedimen dan tekanan *uplift* tidak diperhitungkan.

c) Tekanan Endapan Sedimen

Elevasi endapan sedimen menentukan besarnya tekanan endapan sedimen serta memberikan pengaruh gaya vertikal dan horisontal. Dihitung dari tinggi sedimen dikurangi tinggi elevasi desain banjir (F).

P_{eV} = °$_s$ x h_e .....(2.3)

P_{eH} = C_e x °$_s$ x h_e .....(2.4)

dengan,

P_{eV} = tekanan vertikal endapan sedimen (t/m^2)

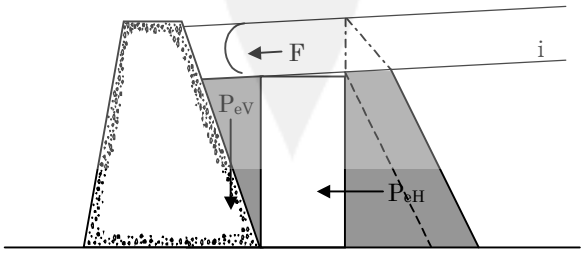
P_{eH} = tekanan horisontal endapan sedimen (t/m^2)

°$_s$ = berat jenis sedimen di dalam air (t/m^3)

h_e = kedalaman endapan sedimen (m)

C_e = koefisien tekanan endapan sedimen

Nilai koefisien tekanan endapan sedimen (Ce) dapat diambil antara 0,4 – 0,6 (Cahyono, 2000).



Gambar 5. Tekanan endapan sedimen

d) Tekanan Dinamis Aliran Lahar Dingin

Beban akibat aliran lahar dingin merupakan beban paling berbahaya bagi badan dam. Diasumsikan aliran lahar dingin menghantam langsung ke badan dam ketika endapan sedimen penuh, hanya menyisakan ruang untuk kedalaman air aliran lahar dingin. Tekanan hidrostatis dan tekanan sedimen dianggap bekerja dibawah garis sedimentasi.

Tekanan dinamis aliran lahar dihitung dengan rumus berikut :

$$F = \sim \frac{\circ_d}{g} hU^2 \quad \text{.....(2.5)}$$

dengan,

F = tekanan dinamis aliran lahar dingin per unit lebar (t/m)

U = kecepatan rata-rata aliran lahar dingin (m/s)

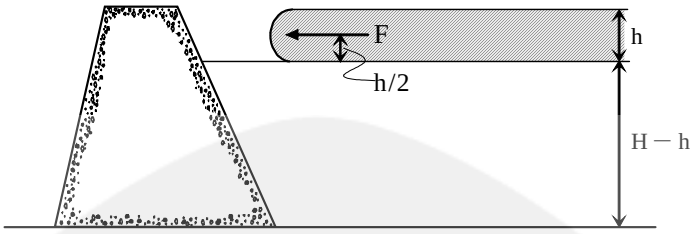
h = tinggi aliran lahar dingin (m)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s)

$\sim$ = koefisien (diasumsikan 1,0)

$\circ_d$ = berat jenis aliran lahar dingin (t/m^3)

Tekanan dinamis aliran lahar dingin kearah horisontal pada posisi h/2. Ketika terjadi aliran lahar dingin diatas garis sedimentasi maka ada beban tambahan berupa tekanan endapan sedimen = C_e . ρ_e . (H-h).



Gambar 6. Tekanan dinamis aliran lahar dingin

e) Tekanan *Uplift*

Tekanan *uplift* bekerja ke arah vertikal dibawah permukaan dam dan tergantung jenis tanah seperti ditunjukkan rumus pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Tekanan *uplift* sesuai jenis tanah fondasi

Fondasi	Upstream (t/m^2)	Downstream (t/m^2)
Rock	$(h_2+\mu\Delta h)W_o$	h_2W_o
Sand & Gravel	h_1W_o	h_2W_o

dengan,

« = koefisien *uplift*

h_1 = kedalaman air di upstream dam (m)

h_2 = kedalaman air di downstream (m)

Δh = beda tinggi muka air (m)

W_o = berat jenis air (t/m3)

Tekanan *uplift* pada point x dihitung dengan rumus :

$$U_{\mathrm{i}} = \left[h_2 + «\Delta h \left(1 - \frac{\mathrm{i}}{l} m^3 \right) \right] W_o \qquad \text{.....(2.6)}$$

dengan,

U_x = tekanan uplift pada point x (t/m^2)

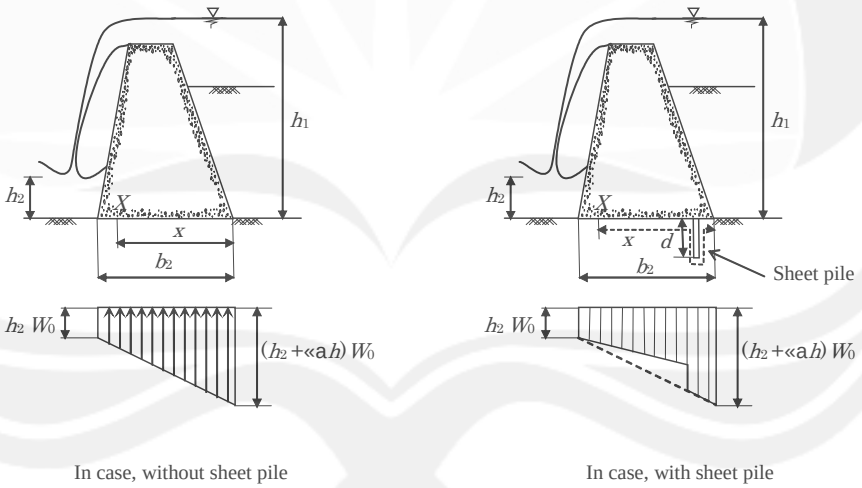
l = panjang bidang tekan (m), l = b2, bila dengan sheet pile

l = b2 + 2d

b_2 = *lebar* dasar dam (m)

d = panjang sheet pile (m)

X = jarak point x dari ujung upstream (m)



Gambar 7. Tekanan *uplift*

f) Gaya Gempa

Koefisien gempa didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan resiko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g sebagai harga percepatan. Faktor ini hendaknya dipertimbangkan dengan cara mengalikannya dengan massa bangunan sebagai gaya horizontal menuju ke arah

yang paling tidak aman, yakni arah hilir.

$$H = K \times W \quad \text{.....(2.7)}$$

dengan,

H = gaya gempa horisontal (t)

K = koefisien gempa horisontal (0,10 – 0.12)

W = berat sendiri bangunan (t)

Menurut laporan dalam *Detailed Design Report of 10 (Ten) Sabo Dams (Final) for Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi, Progo River Basin (IP-524)* (2007), stabilitas bangunan sabo dam akan aman pada keadaan normal, banjir dan aliran lahar dingin, apabila tercapai kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Resultante gaya- gayaluar yang bekerja dan gaya berat sabo dam tersebut berada di 1/3 lebar dasar sabo dam bagian tengah
- Tidak terjadi geser antara dasar sabo dam dan lapisan tanah fondasi
- Tegangan maksimum yang terjadi pada dasar dam, masih dalam batas daya dukung tanah fondasi yang diijinkan

Pengujian stabilitas struktur sabo dam dilakukan terhadap 3 tinjauan yaitu stabilitas terhadap guling dan tegangan tarik (*tensile stress*), stabilitas terhadap geser dan stabilitas terhadap penurunan fondasi.

(1) Stabilitas terhadap guling dan tegangan tarik (*tensile stess*)

Sabo dam tidak terguling jika resultante gaya- gayaluar yang bekerja dan gaya berat sabo dam berada di 1/3 lebar dasar dam tengah. Pada kondisi tersebut akan aman karena tidak terjadi *tensile stress*. Jika *internal stress* lebih kecil dari *compression stress* material tubuh dam (beton) yang diijinkan, ini juga berarti aman. Jika resultan gaya-gaya berada di dalam 1/3 lebar dasar sabo dam hilir, maka akan terjadi *tensile stress* pada ujung hulu dasar sabo dam. Jika *tensile stress* tersebut lebih besar dari *bending tensile stress* material tubuh sabo dam (beton) yang diijinkan, maka sabo dam akan runtuh.

$$X = \frac{M}{V} \quad \text{.....(2.8)}$$

dengan,

X = jarak resultan gaya pada 1/3 dasar dam tengah (m)

M = momen total (t m)

V = gaya vertikal total (t)

$$Sf = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} \quad \text{.....(2.9)}$$

dengan,

Sf = faktor keamanan terhadap guling, $Sf > 1{,}5$

M_V = momen gaya vertikal (t m)

M_H = momen gaya horisontal (t m)

(2) Stabilitas terhadap penggeseran

Setiap bagian sabo dam harus aman terhadap penggeseran. Keamanan terhadap geser antara bagian dasar dam dan lapisan tanah fondasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$Ns = \frac{f\,V + S_r\,L}{H} \quad \text{.....(2.10)}$$

dengan,

Ns = faktor keamanan terhadap penggeseran, Ns > 2,0

f = koefisien gesekan tanah pondasi

V = gaya vertikal total per unit lebar dam (t/m)

S_r = tegangan geser lapisan tanah pondasi (t/m^2)

L = lebar dasar dam (m)

H = gaya horisontal per unit lebar dam (t/m)

(3) Stabilitas terhadap daya dukung tanah fondasi

Tegangan maksimum pada dasar dam tidak boleh melebihi daya dukung tanah yang diijinkan. Sedangkan tegangan minimum harus lebih besar dari 0 atau bernilai positif

$$\sigma_{max} = \frac{\sum V}{L}\left(1 + \frac{6e}{L}\right) < \sigma_a \quad \text{.....(2.11)}$$

$$\sigma_{min} = \frac{\sum V_1}{L}\left(1 - \frac{6e}{L}\right) > 0{,}0\ t/m^2 \quad \text{.....(2.12)}$$

dengan,

$\pm_{max}$ = tegangan maksimum pada dasar dam (t/m^2)

$\pm_{min}$ = tegangan minimum pada dasar dam (t/m^2)

V = gaya vertikal total per unit lebar dam (t/m)

b_2 = lebar dasar dam (m)

e = eksentrisitas resultan gaya (m)

M = momen total (t m)

$\pm_a$ = daya dukung tanah pondasi yang diijinkan (t/m^2)

Berdasarkan laporan *Detailed Design Report of 10 (Ten) Sabo Dams (Final) for Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi, Progo River Basin (IP-524)* parameter desain untuk tanah pondasi diambil dari data penyelidikan tanah pada proyek sabo dam Merapi yang pernah dikerjakan dan standar parameter tanah untuk pekerjan dam di Jepang seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Parameter desain untuk tanah fondasi sabo dam Merapi

Foundation ground	**Sand gravel including block and boulder**	
Design Parameter	**Friction coefficient on dam base**	**Allowable bearing capacity (t/m^2)**
Japanese standard	0.70	60 (588 kN/m^3)
The Phase II Project	0.67	60 (588 kN/m^3) or more than that
The Phase III Project	0.60	60 (588 kN/m^3)

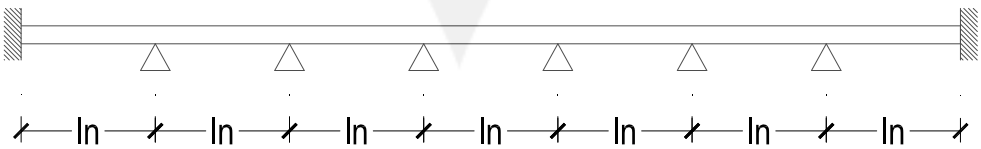
II.3. Perencanaan Slab Sabo Dam sebagai Lantai Jembatan

Secara umum lantai jembatan tersusun dari slab beton bertulang yang merupakan bagian struktural, lapis aspal sebagai penutup lantai, trotoar dari beton tumbuk bagian non- struktural, tiang sandaran dari beton bertulang yang duduk diatas parapet lantai, sandaran dari besi hollow, dan parapet sendiri dari beton tulangan yang menyatu dengan pelat lantai kendaraan.

Slab lantai beton bertulang dianggap sebagai lantai dengan tulangan satu arah, direncanakan dengan mengikuti kaidah struktur, yaitu menghitung momen lentur dengan mengikuti sifat balok dengan banyak perletakan. Pembebanan yang diperhitungkan adalah berat sendiri lantai beton bertulang (beban mati), berat aspal, beban "T", beban angin melalui kendaraan dan akibat perubahan temperatur.

II.3.1. Sistem Slab Satu Arah

Slab satu arah (*one way slab*) adalah slab yang ditumpu pada salah satu atau kedua sisinya. Tegangan lentur yang terjadi hanya dalam satu arah saja. Distribusi gaya-gaya dalam slab satu arah dapat dianggap seperti balok diatas beberapa tumpuan (Vis dan Kusuma,1993).



Gambar 8. Balok diatas beberapa tumpuan dengan panjang bentang seragam

Menurut SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, perhitungan momen untuk perancangan balok dan slab satu arah menerus dapat menggunakan pendekatan sebagai berikut :

- Momen positif bentang ujung
  - Ujung tak menerus tak terkekang = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/11}$
  - Ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/14}$
- Momen positif bentang interior = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/16}$
- Momen negatif pada muka eksterior tumpuan interior pertama
  - Dua bentang = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/9}$
  - Lebih dari dua bentang = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/10}$
- Momen negatif pada muka lainnya tumpuan interior = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/11}$
- Momen negatif pada muka dari semua tumpuan untuk slab dengan bentang tidak melebihi 3 m; dan balok dimana rasio jumlah kekakuan kolom terhadap kekakuan balok melebihi 8 pada masing-masing ujung bentang = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/12}$
- Momen negatif pada muka interior dari tumpuan eksterior untuk komponen struktur yang dibangun menyatu dengan tumpuan
  - Dimana tumpuan adalah balok tepi (*spandrel*) = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/24}$
  - Dimana tumpuan adalah kolom = $\boldsymbol{Wu\ ln^2/16}$

II.3.2. Perencanaan Tulangan Lentur Slab

Standar yang dipergunakan dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah RSNI T-12-2204 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan dan standar yang berkaitan dengan perencanaan struktur beton bertulang yaitu SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

RSNI T-12-2204 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan menyatakan bahwa kekuatan lentur dari balok beton bertulang sebagai komponen struktur jembatan harus direncanakan dengan menggunakan cara ultimit atau cara Perencanaan berdasarkan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT). Walaupun demikian, untuk perencanaan komponen struktur jembatan yang mengutamakan suatu pembatasan tegangan kerja, atau ada keterkaitan dengan aspek lain yang sesuai batasan perilaku deformasinya, atau sebagai cara perhitungan alternatif, bisa digunakan cara Perencanaan berdasarkan Batas Layan (PBL)

Perhitungan kekuatan dari suatu penampang yang terlentur harus memperhitungkan keseimbangan dari tegangan dan kompatibilitas regangan, serta konsisten dengan anggapan :

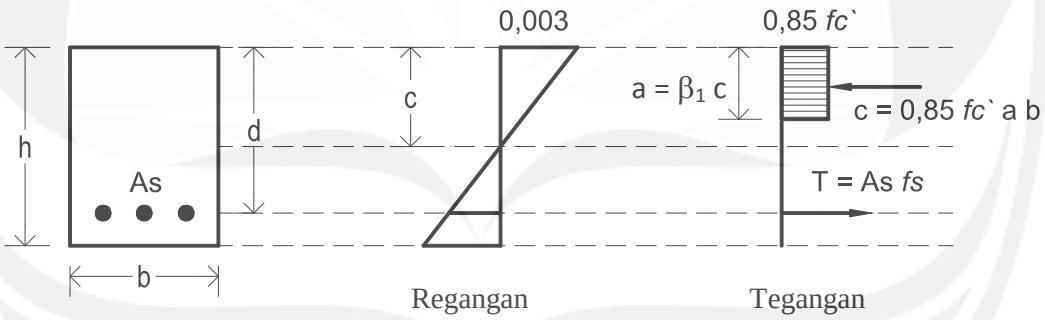
- Bidang rata yang tegak lurus sumbu tetap rata setelah mengalami lentur.
- Beton tidak diperhitungkan dalam memikul tegangan tarik.
- Distribusi tegangan tekan ditentukan dari hubungan tegangan-regangan beton.
- Regangan batas beton yang tertekan diambil sebesar 0,003.

Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lainnya yang menghasilkan

perkiraan kekuatan yang cukup baik terhadap hasil pengujian yang lebih menyeluruh.

Walaupun demikian, hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton = 0,85 f_c' terdistribusi merata pada daerah tekan ekivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari tepi tertekan terluar tersebut.

Jarak *c* dari tepi dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus sumbu tersebut.



Gambar 9. Tegangan dan regangan pada penampang beton bertulang

Menurut SNI 2847:2013 faktor β_1 harus diambil sebesar :

- β_1 = 0,85 untuk f_c' = 17 - 28 MPa.
- Untuk fc' > 28 MPa maka β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 MPa diatas 28 Mpa
- β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

Perencanaan kekuatan pada penampang terhadap momen lentur harus

berdasarkan kekuatan nominal yang dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan ¤¦=

Menurut RSNI T-12-2204 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, kekuatan pelat lantai terhadap lentur harus direncanakan dengan parameter-parameter sebagai berikut :

a). Tebal minimum pelat lantai.

Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum *ts* memenuhi kedua ketentuan :

ts > 200 (mm).

ts > (100 + 40 s) (mm).

dengan,

s = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)

b). Tulangan minimum

Tulangan minimum harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama sebagai berikut :

- Pelat lantai yang ditumpu kolom : $As_{min} = \frac{1,25}{f_y}\ b\ d$

- Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding : $As_{min} = \frac{1,0}{f_y}\ b\ d$

c). Penyebaran tulangan untuk pelat lantai

Tulangan bagi harus dipasang pada bagian bawah dengan arah menyilang terhadap tulangan pokok. Apabila tulangan pokok sejajar arah lalu lintas, maka

tulangan bagi maksimum 50% dan minimum 30% dari tulangan pokok. Sedangkan apabila tulangan pokok tegak lurus arah lalu lintas, maka tulangan bagi diambil maksimum 67% dan minimum 30% dari tulangan pokok. Dengan adanya tulangan pokok yang tegak lurus arah lalu lintas, jumlah penyebaran tulangan dalam seperempat bentang bagian luar dapat dikurangi dengan maksimum 50%.

d). Langkah-langkah perencanaan tulangan lentur slab

1. Hitung momen terfaktor dengan analisis struktur, Mu.
2. Hitung momen nominal, Mn = Mu/¤, dengan ¤ = faktor reduksi kekuatan (untuk lentur ¤= 0,90)
3. Tahanan momen nominal

$$Rn = \frac{Mn}{b\ d^2} \quad \text{.....(2.14)}$$

4. Tahanan momen maksimum

$$\rho_b = \frac{0{,}85\ \beta_1\ fc'}{f_y}\left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \quad \text{.....(2.15)}$$

$$\rho_{maks} = 0{,}75\ \rho_b \quad \text{.....(2.16)}$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \left(1 - \frac{1/2\ \rho_{maks} \cdot f_y}{0{,}85\ .\ f_y}\right) \quad \text{.....(2.17)}$$

5. Harus dipenuhi, $Rn < R_{maks}$ .....(2.18)

6. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0{,}85\,.\,fc'}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\,Rn}{0{,}85\,.\,fc'}}\right) \quad \text{.....(2.19)}$$

7. Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \frac{1{,}0}{f_y} \quad \text{.....(2.20)}$$

8. Luas tulangan yang diperlukan,

$$As = \rho\,.\,b\,.\,d \quad \text{.....(2.21)}$$

9. Jarak antar tulangan, dengan *ds* = diameter tulangan,

$$s = \frac{1/4\ \pi\,.\,ds^2.\,b}{As} \quad \text{.....(2.22)}$$

10. Tulangan bagi pada arah melintang slab diambil,

$$A_{bg} = 50\%\ As \quad \text{.....(2.23)}$$

II.4. Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan jembatan, pembebanan yang diberlakukan pada jembatan jalan raya, adalah mengacu pada standar RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan.

Beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan meliputi :

A. Beban Primer

Beban primer merupakan beban utama yang digunakan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban primer yaitu :

1. Beban mati

   Beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau.

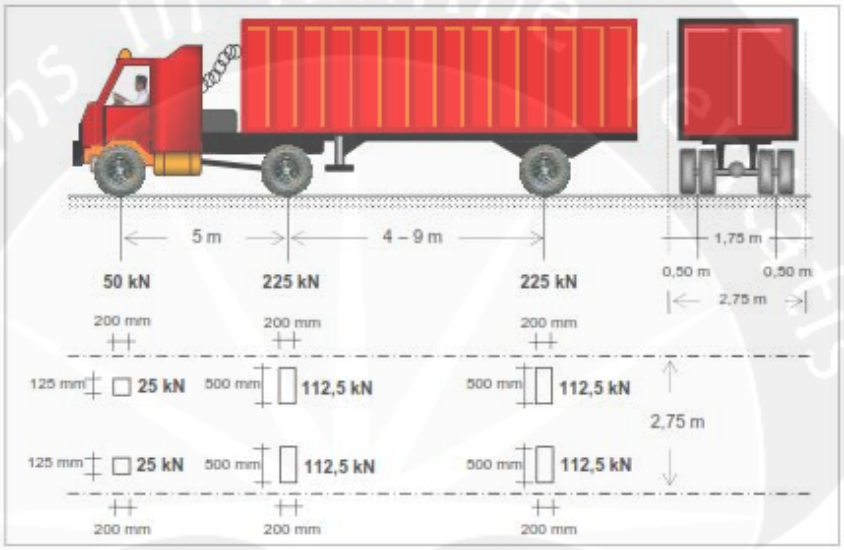
2. Beban hidup

   Semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Terdiri dari beban truk “T” dan beban lajur “D”. Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

   a. Beban truk "T"

   Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer dengan bobot 50 ton yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.15 berikut. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar dibawah ini.



Gambar 10. Pembebanan truk "*T*"
Sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan

b. Beban lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) "*q*" yang digabung dengan beban garis (BGT) "*p*" seperti terlihat dalam gambar 11. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas *q* kPa, dimana besarnya *q* tergantung pada panjang total yang dibebani "*L*" seperti berikut:

$L \leq 30$ m : $q = 9{,}0$ kPa.

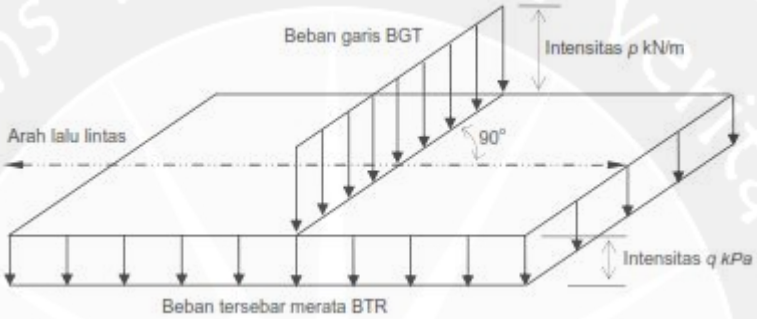
$L > 30$ m : $q = 9{,}0\ \{0{,}5 + 15/L\}$ kPa

dengan,

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.

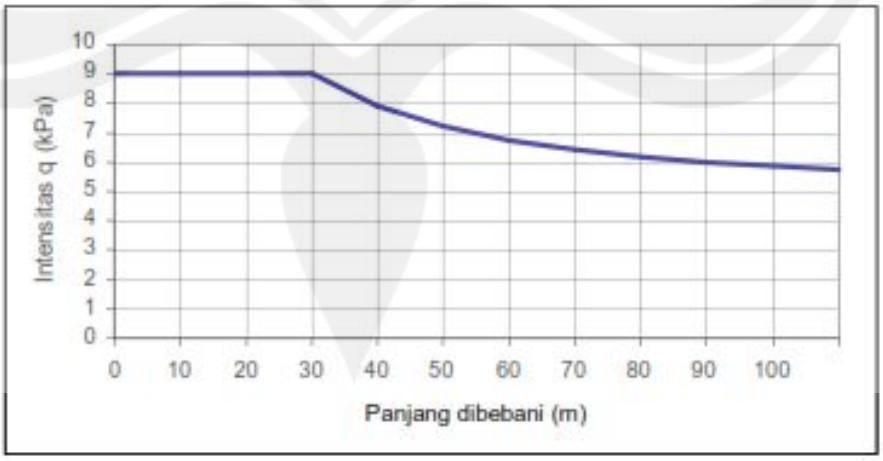
L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

1 kPa = 0,001 MPa = 0,01 kg/cm2.



Gambar 11. Beban lajur "*D*"
Sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan

Hubungan antara panjang bentang yang dibebani dengan intensitas beban "*q*" dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 12. Intensitas beban berdasarkan panjang bentang yang dibebani
Sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan

Beban garis (BGT) dengan intensitas *p* kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas *p* adalah 49,0 kN/m.

B. Beban Sekunder

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

1. Beban angin

Beban yang disebabkan oleh tekanan angin pada sisi jembatan yang langsung berhadapan dengan datangnya angin. Beban angin berpengaruh sebesar 150 kg/m2 pada jembatan ditinjau dari besarya beban angin horizontal terbagi rata yang bekerja pada bidang vertikal jembatan dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan.

2. Gaya akibat perbedaan suhu

Temperatur dapat menyebabkan material jembatan mengalami rangkak dan susut. Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai, dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut.

3. Gaya rem dan traksi

Muatan yang disebabkan karena beban yang diakibatkan dari pengereman kendaraan. Gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem 5% dari beban “ D “ tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu

lintas yang ada. Gaya rem tersebut dianggap bekerja dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

C. Beban Khusus

Beban khusus adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan, meliputi :

1. Gaya akibat gempa bumi

   Gaya yang disebabkan karena pengaruh gempa didaerah sekitar jembatan. Untuk jembatan-jembatan sederhana, pengaruh gempa dihitung dengan metode beban statis ekuivalen. Untuk jembatan besar, rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis.

2. Gaya gesekan pada tumpuan bergerak

   Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak terjadi dikarenakan adanya pemuainan dan penyusutan pada tumpuan yang bergerak.

3. Gaya dan muatan selama pelaksanaan

   Gaya-gaya yang mungkin timbul dalam pelaksanaan jembatan harus pula ditinjau yang besarnya dapat diperhitungkan sesuai dengan cara-cara pelaksanaan pekerjaan yang dipergunakan.

D. Kombinasi Beban

Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan. Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau terkurangi. Disini keadaan paling berbahaya harus diambil. Ringkasan dari kombinasi beban dalam keadaan layan dan keadaan ultimit dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. Kombinasi beban umum untuk keadaan layan dan ultimit

A K S I	LAYAN						ULTIMIT					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen :												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut/rangkak												
Pratekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh temperatur	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran/hanyutan/batang kayu dan hidrostatik/apung	o		o	X	o	o	o		X	o		o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X		o
Aksi Khusus :												
Gempa											X	
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
"X" berarti beban yang selalu aktip. "o" berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktip, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "X" KBL + beban aktip "X" KBL + 1 beban "o" KBL. (2) = aksi permanen "X" KBL + beban aktip "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL. (3) = aksi permanen "X" KBL + beban aktip "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL.						Aksi permanen "X" KBU + beban aktip "X" KBU + 1 beban "o" KBL.					

Sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan