

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Jembatan**

Jembatan adalah suatu konstruksi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain ( jalan air / lalu lintas biasa). Jembatan merupakan salah satu dari instrumen sirkulasi yang berfungsi sebagai penghubung antara tempat terpisah secara horizontal, yang digunakan jika hubungan sirkulasi langsung / konvensional sudah tidak memungkinkan lagi (Indraswara, 2006).

### **B. Pembebanan Jembatan**

#### **1. Berat Sendiri**

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen - elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap (RSNI T-02-2005).

Untuk menentukan besarnya beban dari berat sendiri, maka harus digunakan nilai berat isi untuk bahan – bahan bangunan tersebut pada Tabel 1 dibawah ini:

**Tabel 1.** Berat isi bahan – bahan bangunan

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan Massa (kg/m <sup>3</sup> )
1	Campuran Aluminium	26,7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22	2240
3	Besi Tuang	71	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18,8 - 22,7	1920 - 2320
6	Aspal beton	22	2240
7	Beton ringan	12,25 - 19,6	1250 - 2000
8	Beton	22 - 25	2240 - 2560
9	Beton prategang	25 - 26	2560 - 2640
10	Beton bertulang	23,5 - 25,5	2400 - 2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung lepas	12,5	1280
13	Batu pasangan	23,5	2400
14	Neoprin	11,3	1150
15	Pasir kering	15,7 - 17,2	1600 - 1760
16	Pasir basah	18 - 18,8	1840 - 1920
17	Pasir Lunak	17,2	1760
18	Baja	77	7850
19	Kayu (ringan)	7,8	800
20	Kayu (keras)	11	1120
21	Air murni	9,8	1000
22	Air garam	10	1025
23	Besi tempa	75,5	7680

Sumber : RSNI T-02-2005

## 2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan (RSNI T-02-2005).

### 3. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T"(RSNI T-02-2005).

Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

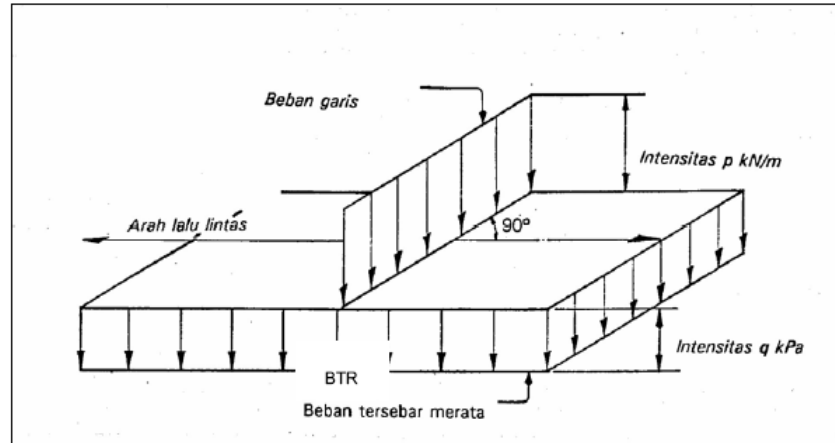
Beban "D" didasarkan pada karakteristik jembatan yang memiliki lajur lalu lintas rencana dimana jumlah maksimum lajur lalu lintas untuk berbagai lebar lalu lintas ditentukan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jumlah jalur lalu lintas

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n <sub>i</sub> )
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25 11,3 - 15,0 15,1 - 18,75 18,8 - 22,5	3 4 5 6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang. CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah. CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

Sumber : RSNI T-02-2005

Intensitas beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Intensitas beban lajur “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut:

berdasarkan RSNI T-02-2005

- a) Bila  $L \leq 30$  m;  $q = 9$  kPa
- b) Bila  $L > 30$  m;  $q = 9 (0,5 + (15/L))$  kPa

dengan pengertian:

$q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan;  $L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus. 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 (RSNI T-02-2005). Untuk

mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

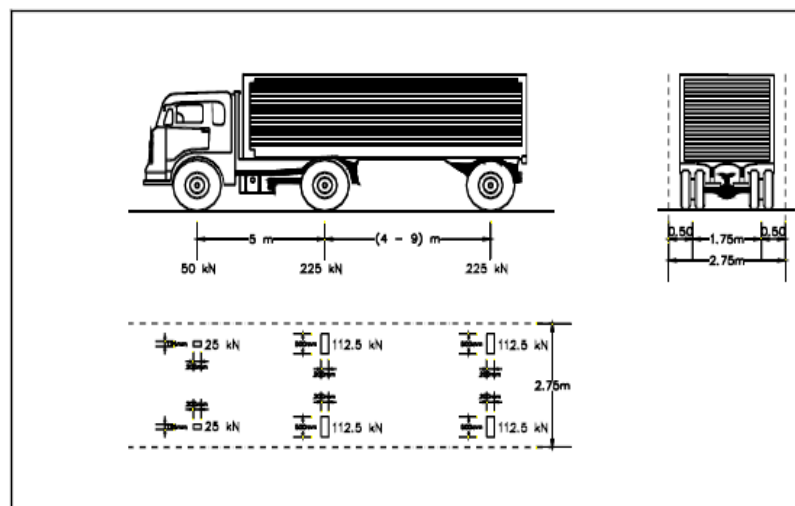
Penyebaran beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan adalah sebagai berikut :

- a. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 % .
- b. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang berdekatan, dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar  $nl \times 2,75 q$  kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar  $nl \times 2,75 p$  kN, kedua – duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar  $nl \times 2,75$  m;
- c. Beban lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai

simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Ketentuan satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

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.



**Gambar 2.** Ketentuan beban "T" pada jembatan jalan raya berdasarkan RSNI T-02-2005

Pengaruh gaya – gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan.

Gaya rem tersebut dianggap berkerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan (Supriyadi, dkk., 2007).

#### **4. Beban Angin**

Pengaruh beban angin sebesar  $150 \text{ kg/m}^2$  pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bagian vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu persentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup. Angin tekan pada badan vertikal muka angin sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$ , dan angin isap pada bidang vertikal belakang angin sebesar  $50 \text{ kg/m}^2$ .

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter diatas lantai kendaraan. Dalam menghitung jumlah luas bagian – bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut ini:

- a. Kendaraan tanpa beban hidup; untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya, untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin ditambah 15% luas sisi – sisi lainnya.

- b. Kendaraan dengan beban hidup; untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang dan untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

Untuk perletakan tetap perhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing – masing sebesar 40% terhadap luas bidang. Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang teliti, harus diadakan penelitian khusus.

## **5. Beban Gempa**

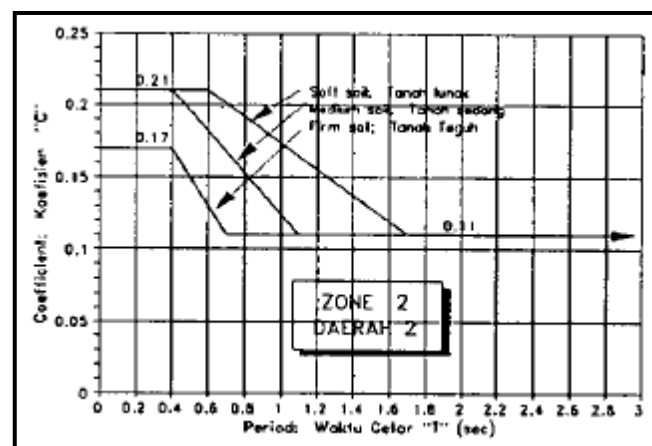
Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horizontal pada konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya – gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidro – dinamik akibat gempa, tekanan tanah akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapung/pondasi langsung (Supriyadi, dkk., 2007).

Pada penelitian ini diasumsikan bahwa jembatan berada di Provinsi Lampung tepatnya di Kota Bandar Lampung, dari asumsi tersebut dapat diketahui lokasi pemodelan jembatan termasuk pada zona 2 berdasarkan peta zona gempa Indonesia SNI 2883-2008. Seperti pada Gambar 3.





**Gambar 3.** Peta Zona Gempa Indonesia (SNI 2883-2008)



**Gambar 4.** Koefisien geser dasar (C) plastis untuk analisis statis, periode ulang 500 tahun daerah 2

### C. Beton

Beton adalah suatu bahan yang diperoleh dengan mencampurkan semen, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau bahan tambahan (*admixture*) perbandingan tertentu yang membentuk masa padat. Beton mempunyai keunggulan yaitu mudah dibentuk dan kekuatan tekan yang

tinggi. Mutu beton dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: mutu bahan-bahan pembentuk beton, cara menakar/mencampur, dan cara pelaksanaan pekerjaan (Murdock, 1999).

Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ), nilainya tergantung pada mutu beton yang terutama dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton. Nilai  $E_c$  untuk beton normal sebagai berikut:

$$E_c = w_c^{1.5} (0,043 \sqrt{f_c}) \text{ atau,}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c}$$

Dinyatakan dalam MPa (SNI 03-2847-2002)

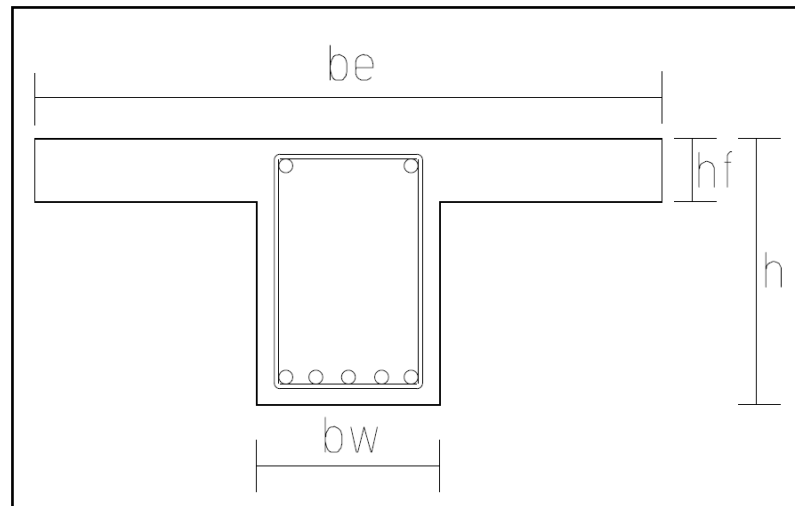
#### **D. Beton Bertulang**

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (SNI 03-2847-2002). Beton memiliki sifat utama yaitu kuat terhadap beban tekan, sehingga untuk dapat mengetahui kuat tekan beton, pada umumnya ditinjau dari kuat tekan beton tersebut

#### **E. Teori Balok T**

Untuk merancang antara balok dan lantai yang dicor secara monolit akan terjadi interaksi sebagai suatu kesatuan dalam menahan momen lentur positif, sehingga pelat akan bereaksi sebagai sayap desak dan balok sebagai badannya. Interaksi antara flens dan balok yang menjadi satu kesatuan dengan

penampangnya berbentuk huruf T dan L. Pada penelitian ini balok girder jembatan dibatasi mengenai balok T saja, karena pada penggunaannya di lapangan balok yang digunakan pada bagian tepi jembatan menggunakan balok T sama seperti penggunaan balok pada bagian tengah jembatan.



**Gambar 5.** Penampang Balok T

Untuk menganalisis balok T perlu diketahui lebar efektif ( $b_e$ ) balok tersebut, menurut SNI 03-2847-2002 pasal 10.10.

Lebar efektif balok dapat dijelaskan dalam tabel sebagai berikut :

**Tabel 3.** Lebar efektif balok T

Lebar Efektif Balok
$b_e \leq \frac{1}{4} L_n$
$b_e \leq b_w + 8 * t_s$
$b_e \leq s$

Sumber : SNI 03-2847-2002

## F. Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari tata cara ini, dengan suatu faktor reduksi kekuatan  $\phi$ , faktor reduksi kekuatan  $\phi$  ditentukan sebagai berikut.

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Lentur tanpa beban aksial                | $\phi = 0,80$ |
| 2. Aksial tarik dan kombinasi dengan lentur | $\phi = 0,80$ |
| 3. Aksial tekan dan kombinasi dengan lentur | $\phi = 0,65$ |
| 4. Geser dan torsi                          | $\phi = 0,75$ |

## G. Analisis Balok T

### 1. Analisis Tulangan Lentur Tunggal

Dalam menganalisis balok T bertulangan tunggal, diberikan beberapa langkah analisis berdasarkan Manual Konstruksi dan Bangunan No. 009 /BM/2008 tentang perencanaan struktur beton bertulang untuk jembatan yaitu :

- a. Tentukan lebar flens efektif menggunakan ketentuan SNI 03-2847-2002 pasal 10.10.
- b. Menggunakan anggapan bahwa tulangan baja tarik telah meluluh, untuk kemudian menghitung gaya tarik total,  $N_T = A_s \cdot f_y$
- c. Menghitung gaya tekan yang tersedia apabila hanya daerah flens saja yang menyediakan daerah tekan,  $N_D = 0,85 f'_c \cdot b \cdot h_f$
- d. Apabila  $N_T > N_D$ , balok berperilaku sebagai balok T murni dan selisih gaya tekan ditampung di sebagian daerah badan balok di bawah flens.

Sedangkan bila  $N_T < N_D$ , berperilaku sebagai balok persegi dengan lebar  $b$ , atau disebut balok T persegi.

Apabila dihitung sebagai balok T murni, langkah selanjutnya adalah sebagai berikut :

- e. Menentukan letak batas tepi bawah blok tegangan tekan di daerah badan balok di bawah *flens*.

$$a = \frac{N_T - N_D}{(0,85 f'c) bw} + h_f$$

- f. Memeriksa  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{aktual}$ ,

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{dan} \quad \rho_{aktual} = \left( \frac{1}{m} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn m}{f_y}} \right) \right)$$

$\rho_{aktual}$  harus lebih besar dari  $\rho_{min}$

- g. Menentukan letak titik pusat daerah tekan total dengan menggunakan hubungan atau persamaan sebagai berikut :

$$Y = \frac{\Sigma (Ay)}{\Sigma A}$$

Kemudian,  $z = d - y$

- h. Menghitung momen tahanan,  $M_R = \phi N_D (z)$  atau  $\phi N_T (z)$
- i. Pemeriksaan persyaratan daktilitas menggunakan ungkapan  $A_{s(maks)}$  harus lebih besar dar  $A_s$  aktual.

Sedangkan apabila dihitung sebagai balok T persegi, langkahnya adalah sebagai berikut :

- j. Memeriksa  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{aktual}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho_{aktual} = \left( \frac{1}{m} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \right)$$

$\rho_{aktual}$  harus lebih besar dari  $\rho_{min}$

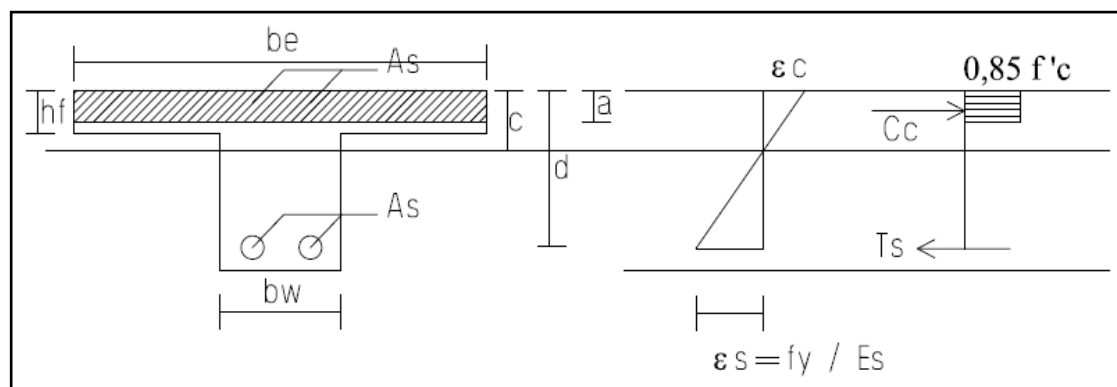
k. Menghitung rasio penulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

l. Menghitung momen tahanan,  $M_n = b \cdot d^2 \cdot R_n$

## 2. Analisis Tulangan Lentur Rangkap

a. Jika  $a \leq t$ , maka hitungan penampang seperti balok persegi



**Gambar 6.** Tampang balok T tulangan rangkap dengan  $a \leq t$

Asumsi :  $f'_s = f_y$

$C_c = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b_f$

$C_s = A'_s (f_y - 0,85 f'_c)$

Kontrol : Jika  $T_s \leq C_c + C_s$ , maka anggapan bahwa  $a \leq t$  benar dan

hitungan dapat dilanjutkan, jika salah maka hitungan balok T murni dengan tulangan rangkap.

$T_s = C_c + C_s$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b f + f'_c (f_y - 0,85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A'_s (f_y - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c \cdot b f}$$

$$c = a / \beta_1$$

$$\text{Kontrol : } \epsilon'_s = \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003$$

Jika  $\epsilon'_s > \epsilon'_y = f_y / E_s$ , berarti asumsi semula salah, maka perhitungan dilanjutkan ke bagian a.1

Jika  $\epsilon'_s < \epsilon'_y = f_y / E_s$ , berarti asumsi semula benar, maka perhitungan dilanjutkan ke bagian a.2

a.1. Jika  $\epsilon'_s \geq \epsilon'_y$  atau  $f'_s \geq f_y$

$$C_c = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b f$$

$$C_s = A'_s (f_y - 0,85 f'_c)$$

$$M_n = C_c (d - a/2) + C_s (d - d's)$$

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

a.2. Jika  $\epsilon'_s < \epsilon'_y$  atau  $f'_s < f_y$

$$C_c = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b f$$

$$C_s = A'_s \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003 \cdot E_s - 0,85 f'_c$$

$T_s = A_s \cdot f_y$ ,  $T_s = C_c + C_s$ , dengan memasukkan persamaan

$$T_s = C_c + C_s$$

Diperoleh persamaan kuadrat :  $A c^2 + B c + C = 0$

Dimana :  $A = 0,85 f'_c \cdot \beta_1 \cdot b f$ ,

$$B = 600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y - 0,85 f'_c \cdot A'_s$$

$$C = - (600 \cdot A'_s \cdot d's)$$

Nilai C dapat dihitung dengan rumus ABC :

$$c.1.2 = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

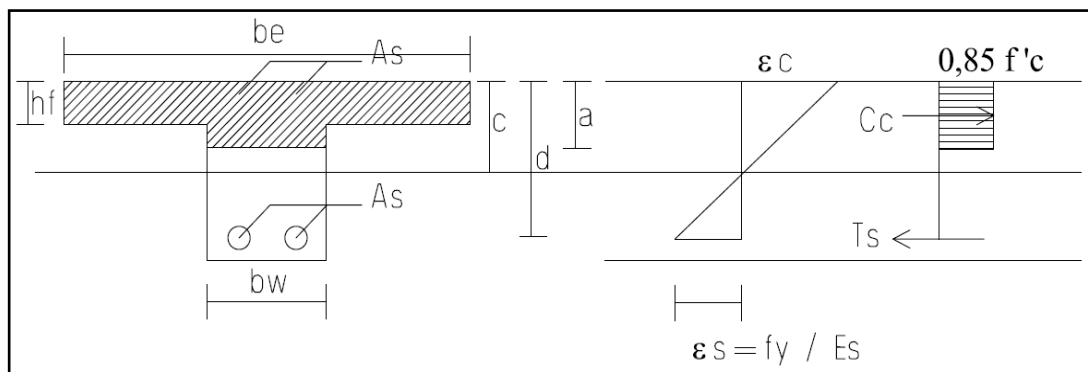
$$C_c = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b_f$$

$$C_s = A's \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003 \cdot E_s - 0,85 f'_c$$

$$M_n = C_c (d - a/2) + C_s (d - d's)$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

b. Jika  $a > t$ , maka hitungan penampang seperti balok persegi



**Gambar 7.** Tampang balok T tulangan rangkap dengan  $a > t$

$$C_{c1} = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b_w$$

$$C_{c2} = t (b_f - b_w) \cdot 0,85 f'_c$$

$$C_s = A's (f_y - 0,85 f'_c), \text{ anggapan bahwa } f'_s = f_y$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b_w + t (b_f - b_w) \cdot 0,85 f'_c + A's (f_y - 0,85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - t (b_f - b_w) \cdot 0,85 f'_c - A's (f_y - 0,85 f'_c)}{0,85 f'_c \cdot a \cdot b_w}$$

$$c = a / \beta_1$$



$$\text{Kontrol : } \varepsilon's = \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003$$

Jika  $\varepsilon's \geq \varepsilon'y = f_y / E_s$ , berarti asumsi semula salah, maka perhitungan dilanjutkan ke bagian b.1.

Jika  $\varepsilon's < \varepsilon'y = f_y / E_s$ , berarti asumsi semula benar, maka perhitungan dilanjutkan ke bagian b.2.

b.1. Jika  $\varepsilon's \geq \varepsilon'y = f_y / E_s$ , atau  $f's \geq f_y$

$$C_{c1} = 0,85 f'c \cdot a \cdot b_w$$

$$C_{c2} = t (b_f - b_w) \cdot 0,85 f'c$$

$$C_s = A's (f_y - 0,85 f'c), \text{ anggapan bahwa } f_s = f_y \\ 0,003 E_s \cdot A's \cdot d$$

b.2. Jika  $\varepsilon's < \varepsilon'y = f_y / E_s$ , atau  $f's \geq f_y$

$$C_{c1} = 0,85 f'c \cdot a \cdot b_w$$

$$C_{c2} = t (b_f - b_w) \cdot 0,85 f'c$$

$$C_s = A's \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003 E_s - 0,85 f'c$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$T_s = C_{c1} + C_{c2} + C_s$$

Dengan memasukkan persamaan  $T_s = C_c + C_s$  didapat

persamaan kuadrat :  $A c^2 + B c + C = 0$ , dimana :

$$A = 0,85 f'c \cdot \beta_1 \cdot b_f,$$

$$B = 600 \cdot A's - A_s \cdot f_y - 0,85 f'c \cdot A's$$

$$C = - (600 \cdot A's \cdot d's)$$

Nilai  $c$  dapat dihitung dengan rumus ABC :

$$c.1.2 = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$Cc1 = 0,85 f'c \cdot a \cdot bw$$

$$Cc2 = t (bf - bw) \cdot 0,85 f'c$$

$$Cs = A's \frac{(c - d's)}{c} \times 0,003 Es - 0,85 f'c$$

$$Mn = Cc1 (d - a/2) + Cc2 (d - t/2) + Cs (d - d's)$$

$$\text{Dan } \phi Mn \geq Mu$$

### 3. Analisis dan Desain Balok Terhadap Geser

Perencanaan penampang terhadap geser berdasarkan SNI 03-2847-2002

harus didasarkan pada :

$$\phi Vn \geq Vu$$

Dengan  $Vu$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

dan  $Vn$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari

$$Vn = Vc + Vs$$

Untuk komponen struktur non-prategang, penampang yang jaraknya kurang daripada  $d$  dari muka tumpuan boleh direncanakan terhadap gaya geser  $Vu$  yang nilainya sama dengan gaya geser yang dihitung pada penampang sejarak  $d$  dari muka tumpuan (SNI 03-2847-2002).

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur non-prategang berdasarkan SNI 03-2847-2002.

Untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur berlaku,

$$V_c = \left( \frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) \cdot bw \cdot d$$

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial,

$$V_c = \left( 1 + \frac{Nu}{14 Ag} \right) \left( \frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) \cdot bw \cdot d$$

Besaran  $Nu/Ag$  harus dinyatakan dalam MPa

Untuk komponen struktur yang dibebani tarik aksial yang besar,

$$V_c = \left( 1 + \frac{0,3 Nu}{Ag} \right) \left( \frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) \cdot bw \cdot d$$

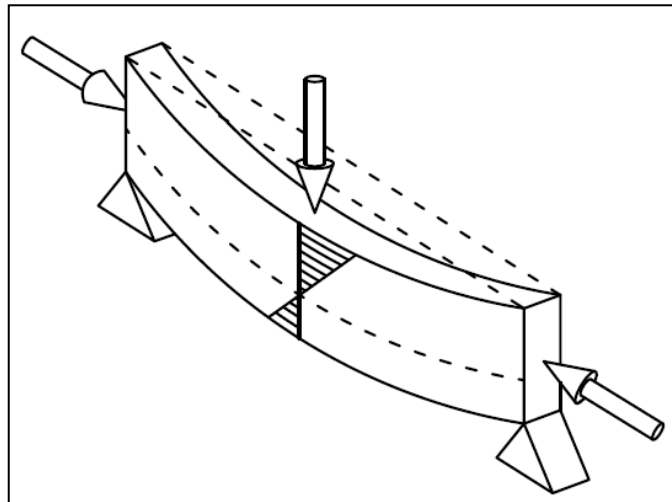
Tapi tidak kurang dari nol, dengan  $Nu$  adalah negative untuk tarik.

Besaran  $Nu/Ag$  harus dinyatakan dalam MPa.

#### 4. Tegangan Gabungan

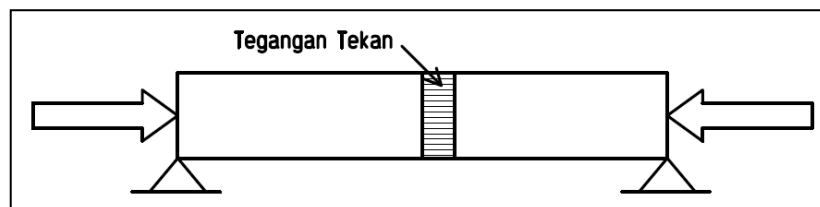
Sering kali terjadi elemen struktur mengalami tidak hanya momen lentur murni atau gaya aksial murni, tetapi juga kombinasi kedua-duanya. Hal ini sering terjadi dalam konteks mendesain kolom atau dalam balok prategang. Analisis ini didasarkan atas prinsip dasar superposisi (Schodek, 1998).

Seperti terlihat pada Gambar 8, dimana sebuah balok memikul gaya aksial dan momen lentur.

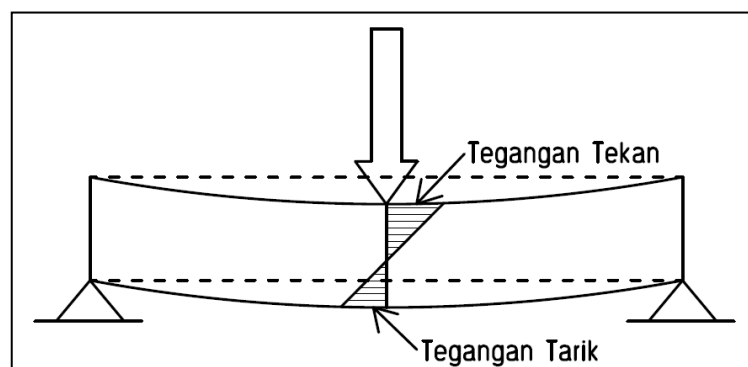


**Gambar 8.** Balok yang memikul Gaya Aksial dan Momen Lentur

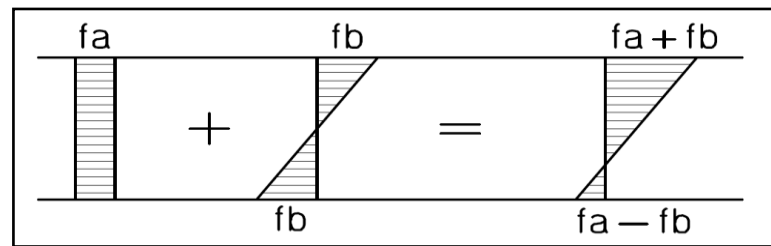
Pada gambar tersebut dimodelkan sebuah balok yang memikul beban aksial dan momen lentur yang kemudian dapat diurai untuk memisahkan antara tegangan yang terjadi akibat gaya aksial seperti pada Gambar 9, dan tegangan yang terjadi akibat momen lentur seperti pada Gambar 10.



**Gambar 9.** Tegangan tekan akibat Gaya Aksial



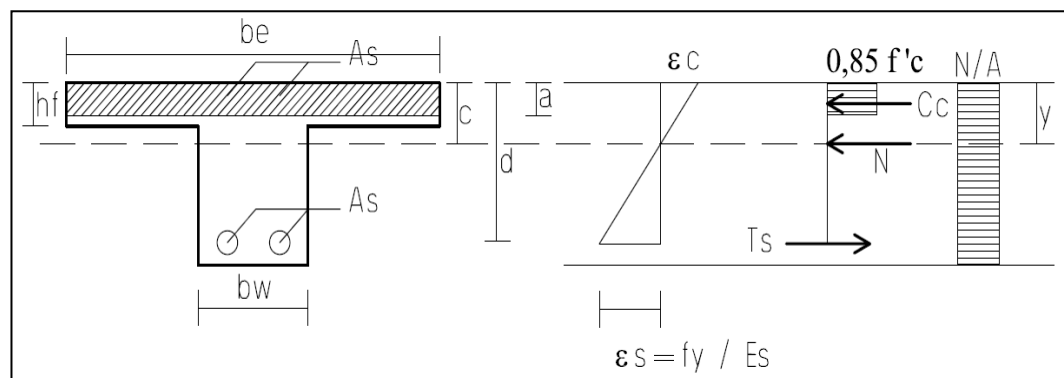
**Gambar 10.** Tegangan akibat Momen Lentur



**Gambar 11.** Tegangan superposisi lentur dan aksial

Pada Gambar 11 tegangan tekan yang diakibatkan gaya aksial sedemikian besarnya hingga dapat mengalahkan tegangan tarik akibat lentur, dengan demikian seluruh penampang tersebut mengalami tekan (Schodeck,1998).

Dalam melakukan analisis maupun perencanaan terhadap penulangan balok dapat dilakukan dengan cara memodelkan tegangan yang terjadi pada penampang balok beton bertulang seperti pada Gambar berikut.



**Gambar 12.** Tegangan akibat Momen Lentur dan Gaya Aksial Tekan

## H. Program Analisis

Program analisis struktur merupakan program yang digunakan sebagai alat bantu untuk mendesain maupun menganalisis suatu struktur. Saat ini program analisis struktur merupakan suatu yang sangat diperlukan oleh konsultan maupun kontraktor untuk merencanakan suatu proyek dikarenakan sangat

efektif dan efisien dalam perencanaan, selain itu penggunaan program analisis struktur sangat memudahkan perencana dalam menganalisis struktur yang cukup kompleks. Program tersebut terdiri dari banyak macam dan fungsi antara lain Microsoft Excel dan Structural Analysis Program SAP 2000.

### **1. Program Microsoft Excel**

Microsoft Excel merupakan program *spreadsheet* berupa tabel yang terdiri dari baris dan kolom yang memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan sendiri bagaimana tampilan dari *spreadsheet* yang mereka inginkan, seperti tampilan font tulisan, atribut karakter, dan tampilan setiap sel. Microsoft Excel juga menawarkan penghitungan kembali terhadap sel-sel secara tersebut, di mana hanya sel yang berkaitan dengan sel tersebut saja yang akan diperbarui nilainya (di mana program-program *spreadsheet* lainnya akan menghitung ulang keseluruhan data atau menunggu perintah khusus dari pengguna). Selain itu, Microsoft Excel juga menawarkan fitur pengolahan grafik yang sangat baik sehingga sangat memadai untuk digunakan sebagai alat bantu perhitungan pada penelitian ini.

### **2. Program SAP 2000 v.14**

Program SAP 2000 merupakan program analisis struktur dimana program ini memberikan banyak kemudahan bagi para pengguna dengan tampilan yang mempermudah pengguna untuk membuat model struktur, menganalisis dan mendesain model tersebut dalam satu tampilan, serta adanya berbagai macam bentuk *template* untuk memodelkan bentuk

struktur yang pada umumnya. Dalam melaksanakan perintah yang akan dikerjakan, program SAP 2000 menganut konsep *noun-verb*, yaitu konsep dimana untuk menjalankan suatu perintah analisis harus dilakukan dengan memilih objek terlebih dahulu kemudian diikuti perintah yang ingin dijalankan.