BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Beton

adalah suatu campuran antara agregat halus dan agregat kasar seperti pasir, batu pecah atau bahan semacam lainnya dengan ditambahkan bahan perekat seperti semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia.

Nilai kuat tekan beton relative tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan baja tulangan sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya yaitu lemah terhadap tarik. Oleh karena itu perpaduan kedua bahan ini sering disebut dengan beton betulang.

Kerja sama antara bahan beton dengan baja tulangan hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan-keadaan sebagai berikut:

1. lekatan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya.
2. beton yang mengelilingi batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat baja
3. angka muai kedua bahan hampir sama, setiap kenaikan suhu satu derajat celcius angka muai beton 0,000010 sampai 0,000013 dan untuk baja 0,000012 sehingga tegangan yang timbul karena perbedaan nilai dapat diabaikan.

Komponen struktur beton terbentuk dari berbagi elemen beton yang bila dipadukan akan menghasilkan suatu sistim yang saling menguatkan satu dan yang lainnya. Secara garis besar komponen struktur beton dapat digolongkan menjadi beberapa bagian yakni :

1. *Slab* atau pelat

   Slab atau pelat adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati kerangka pendukung vertical dari suatu sistem struktur. Elemen ini dapat berupa pelat diatas balok ataupun pelat yang langsung bertumpu pada kolom.

2. Balok

   Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat ke kolom penyangga yang vertical. Biasanya balok dibagi menjadi 3 penampang yakni berbentuk L, berbentuk T dan berbentuk persegi.

3. Kolom

   Kolom adalah elemen vertical dari sebuah struktur yang memikul beban diatasnya untuk disalurkan ke pondasi dibawahnya. Kolom merupakan salah satu elemen terpenting dalam peninjauan keamanan struktur.

4. Dinding

   Dinding adalah penutup vertical rangka bangunan. Biasanya tidak harus terbuat dari beton, tetapi terbuat dari material yang secara estetis memenuhi kebutuhan fungsional dari bangunan. Selain itu, dinding beton struktural dapat digunakan sebagai dindng pondasi, dinding tangga dan dinding geser yang dapat memikul beban angin horizontal dan beban akibat gempa yang terjadi pada suatu struktur bangunan.

5. Pondasi

Pondasi adalah elemen beton structural yang meneruskan beban dari struktur diatasnya ketanah yang memikulnya.

2.2 Material Pembentuk Beton

a. Agregat halus

Agregat halus merupakan campuran beton yang berupa pasir dengan memiliki ukuran butir dari 0,075 - 4,8 atau 5 mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton.

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih besar dari 5 mm. Agregat kasar biasanya berupa kerikil atau batu pecah. Sama halnya dengan agregat halus agregat kasar juga harus bebas dari bahan organik, lempung atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton.

c. Semen Portland

Semen Portland berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat kasar dan agregat halus. Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Bahan baku pembentuk semen terdiri dari :

1. Kapur (CaO) $\longrightarrow$ dari batu ka pur
2. Silika (SiO_2) $\longrightarrow$ dari lempung

3. Alumina (Al_2O_3) ⟶ dari lempung

d. Air

Pada pekerjaan beton air berfungsi untuk membersihkan agregat dari kotoran yang melekat, sebagai media untuk mencampur, mengecor memadatkan serta memelihara beton. Tak kalah pentingnya air juga berfungsi sebagai bahan baku pada pembuatan beton yang mengakibatkan terjadi reaksi kimiawi pada semen. Dengan mengerasnya semen diantara agregat mengakibatkan bersatunya butiran agregat sehingga membentuk bahan buatan yang disebut beton.

Air dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti dari sungai, sumur dan lain-lain. Air yang digunakan sebagai bahan baku untuk campuran beton adalah air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang tidak berbau dan dapat diminum boleh dugunakan sebagai bahan pencampur. Kandungan zat yang dapat memberikan pengaruh yang kurang baik terhaap kualitas beton antara lain : lempung, asam, alkali, beberapa jenis garam lainnya, air limbah dan zat organic.

2.3 Manfaat Struktur Beton

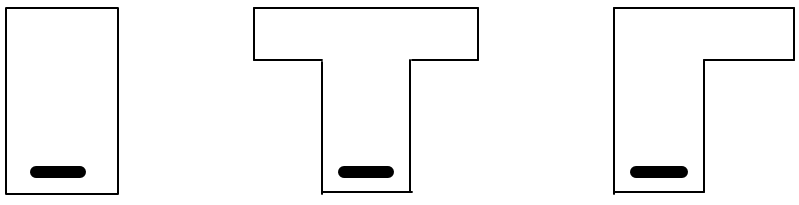
- Keuntungan:
  1. Material mudah didapat dan kemudahan dalam pelaksanaan.
  2. Keserasian beton untuk memenuhi struktur dan arsitektur
  3. Tahan api (sekitar 1 hingga 3 jam tanpa bahan kedap api tambahan)
  4. Biaya pemeliharaan murah
- Kerugian
  1. Kekuatan tarik rendah sehingga mudah retak, meskipun mungkin tidak terlihat tetapi memungkinkan udara lembab masuk melalui retak itu

dan membuat baja tulangan berkarat.

2. Memerlukan biaya untuk cetakan (bekisting), perancah yang tidak sedikit jumlahnya.
3. Sifat yang tergantung waktu rangkak dan susut

2.4 Lentur Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari lantai ke kolom penyangga. Biasanya penampang balok terdiri dari tiga jenis yakni: penampang persegi, penampang T dan juga penampang L. Untuk balok penampang T dan L, balok terbentuk sebagai akibat dari pengecoran beton secara bersamaan (monolit) antara balok persegi dan pelatnya. Sehingga berdasarkan percobaan-percobaan dan pengalaman dilapangan dapat dikatakan bahwa ada bagian dari pelat yang bisa dianggap menjadi bagian dari balok dengan kata lain pelat tersebut berubah fungsi menjadi *flens* atau sayap dari balok persegi, sehingga menghasilkan balok T ataupun balok L yang mampu memikul beban yang bekerja diatasnya secara bersama-sama.



(a) (b) (c)

Gambar 2.1 Penampang Balok
(a) Penampang persegi , b) Penampang T, c) Penampang L

Penentuan tinggi balok terlentur satu arah tergantung pada beban dan momen lentur yang bekerja. Semua ketetapan mengenai tinggi minimum balok

yang dikaitkan dengan bentangnya dalam rangka usaha membatasi lendutan besar diatur dalam SNI-2002 tabel 8 halaman 63. Persyaratan ini merupakan batasan minimum dari tinggi balok. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1

Komponen Struktur	Tebal Minimum (h)			
	Dua tumpuan	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen tidak mendukung atau menyatu dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan besar			
Plat solid satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau plat lajur satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

*Panjang bentang L dalam mm

Tabel 2.1 Tebal Minimum balok dan plat satu arah

Ketentuan tersebut diatas dapat dipakai untuk komponen struktur yang tidak mendukung atau menahan suatu struktur lain yang cenderung akan rusak akibat lendutan yang besar. Nilai-nilai yang tercantum pada tabel 2.1 diatas hanya diperuntukan bagi balok dan pelat bertulangan satu arah, non pratekan dengan berat beton normal 2400 kg/m^3 dan baja tulangan BJTD mutu 40, jika digunakan mutu baja yang lain nilai dari daftar harus dikalikan dengan faktor berikut:

$$\left(0{,}4 + \frac{fy}{700}\right)$$

Dalam SNI 2002 juga memberikan ketentuan mengenai tebal selimut beton pelindung tulangan baja, untuk balok dengan kondisi beton tidak berhubungan langsung dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah SNI memberikan batas minimum balok sebesar 40 mm, apabila kondisi beton yang dicor langsung berhubungan dengan tanah atau selalu

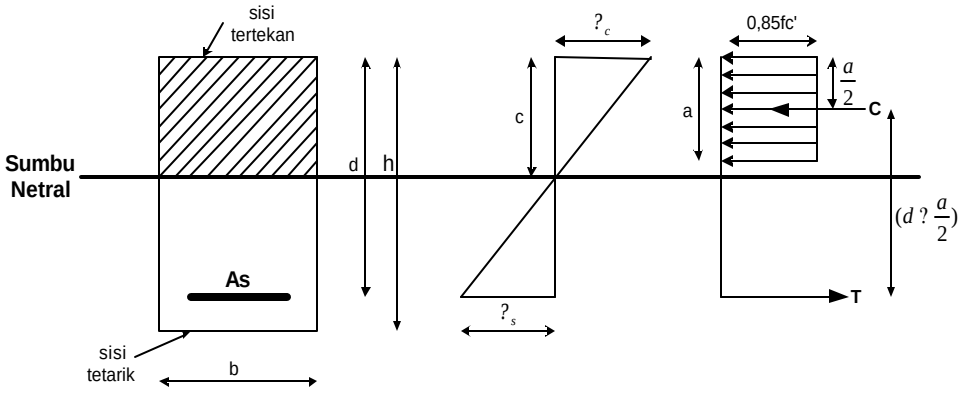
berhubungan dengan tanah maka tebal selimut beton minimum adalah 75 mm, sedangkan untuk beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca yang memiliki batang tulangan antara D-19 hingga D-56 maka tebal minimum selimutnya sebesar 50 mm, dan untuk beton yang memiliki batang tulangan dengan D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil ukuran tulangannya, tebal selimut minimum yang diberikan SNI adalah 40 mm.

2.4 .1 Analisa Perencanaan Balok Penampang Persegi

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi maupun beban-beban lain seperti beban angin atau juga beban karena susut dan beban akibat perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena beban luar.

Jika beban yang terjadi pada suatu struktur bertambah, maka pada balok akan terjadi regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang bentang balok. Jika bebannya semakin bertambah maka akan mengakibatkan keruntuhan pada elemen struktur.

Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur luar. Tegangan ini hampir selalu menentukan dimensi geometris penampang beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, kemudian menentukan faktor-faktor lain seperti kapasitas geser, defleksi, retak dan sebagainya sampai keseluruhannya memenuhi syarat



Gambar 2.2 Distribusi regangan dan tegangan balok persegi

Keterangan: b = Lebar balok yang tertekan

d = Tinggi balok diukur dari tepi serat yang ke titik berat luas beton

h = Tinggi total balok

As = Luas tulangan tarik

$?_c$ = Regangan pada tepi serat yang tertekan

$?_s$ = Regangan pada tulangan baja yang tertarik

fc' = Kekuatan tekan beton

fy = Kekuatan leleh tulangan tarik

c = Jarak garis netral diukur dari tepi serat yang tertekan

Blok tegangan segi empat ini mempunyai tinggi *a* dan tegangan tekan rata-rata sebesar 0,85fc'. Besarnya *a* atau tinggi blok tegangan segi empat adalah $?_1.c$ nilai ini tergantung dari mutu beton yang digunakan. Dalam SNI 2002 pasal 12.2 butir 7.(3) ditetapkan bahwa besarnya $?_1$ harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan fc' lebih kecil atau sama dengan 30 Mpa, untuk mutu

beton dengan nilai kuat tekan diatas 30 Mpa, β_1 harus dikurangi 0,05 setiap kenaikan 7 Mpa tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, sehingga ketentuan SNI 2002 ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$\beta_1 = 0{,}85$ untuk $0 < fc' = 30$ Mpa

$\beta_1 = 0{,}85 - 0.008(fc'-30)$ untuk $30 < fc' < 55$ Mpa

$\beta_1 = 0{,}65$ untuk $fc' > 55$ Mpa

Harga bebagai β_1 untuk beberapa mutu beton dapat terlihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Kuat tekan (fc')		β_1
Psi	**Mpa**	**SNI – 2002**
3000	21	0,85
4000	28	0,85
5000	34	0,81
6000	41	0,76
7000	48	0,70

Tabel 2.2 Harga β_1

Bila gambar 2.2 diperhatikan dengan seksama, resultan gaya tarik T pada baja tulangan dapat ditetapkan sebagai:

$$T = As.fy$$

Pada beton resultan gaya tekan ditetapkan sebagai:

$$C = 0{,}85fc'a.b$$

Dari kedua persamaan ini harus memenuhi keseimbangan gaya horizontal, sehingga akan didapat:

$$T = C$$

$$As.fy = 0{,}85fc'b.a$$

Maka diperoleh tinggi blok tegangan *a* sebesar:

$$a = \frac{As.fy}{0{,}85.fc'.b}$$

Lengan momen internal yaitu jarak antara resultan gaya beton dengan gaya tarik tulangan adalah sejauh $(d - a/2)$, dengan demikian momen internal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Mn = As.fy\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Karena C=T maka persamaan momen nominal dapat ditulis sebagai:

$$Mn = 0{,}85.fc'ba\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

2.4.2 Pembatasan Baja Tulangan

SNI-2002 menetapkan bahwa jumlah tulangan baja tarik tidak boleh melebihi 0,75 dari jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan. Hal ini dilakukan guna menghindari kehancuran beton secara tiba-tiba. Sedangkan bila jumlah penulangan tersebut sesuai dengan angka yang diisyaratkan maka akan memberikan jaminan bahwa kehancuran daktail dapat berlangsung dengan diawali meluluhnya tulangan baja tarik terlebih dahulu dan tidak akan terjadi kehancuran getas yang lebih bersifat mendadak. Sehingga SNI-2002 menetapkan batasan untuk ρ sebesar :

$$\rho_{maks} = 0{,}75\ \rho_b$$

dengan :

$$\rho_b = \beta_1 \left(\frac{0{,}85\, f'_c}{f_y}\right) \frac{600}{600 + f_y}$$

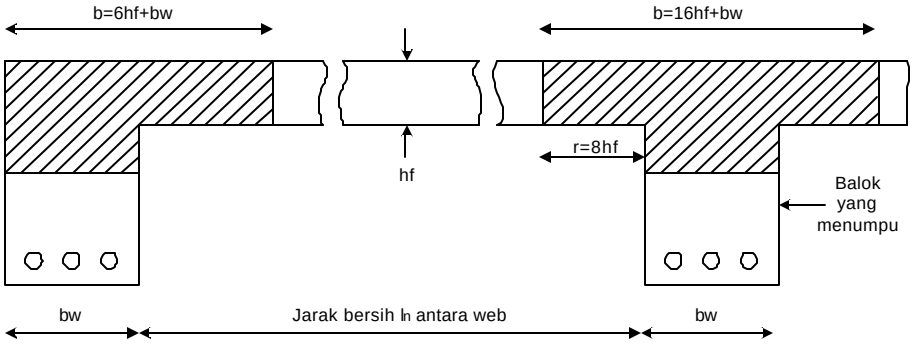
dan batasan rasio untuk penulangan minimum adalah sebesar:

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

Batas minimum rasio penulangan ini bertujuan untuk lebih menjamin tidak akan terjadinya hancur secara tiba-tiba seperti pada balok tanpa tulangan.

2.4.3 Analisa Perencanaan Balok Penampang T

Perencanaan balok penampang T pada dasarnya adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens, lebar dan tinggi effektif pada balok, juga luas tulangan pada baja tarik. Penentuan tebal flens biasanya tidak lepas dari perencanaan struktur pelat, sedangkan dimensi balok terkait dengan kebutuhan menahan gaya geser dan momen lentur yang timbul.



Gambar 2.3 Lebar pelat effektif balok T dan L

Untuk ketentuan lebar flens effektif diatur melalui standar SNI-2002 yakni:

- Balok T

  Lebar pelat effektif yang diperhitungkan sebagai bagian dari sayap balok T tidak lebih dari seperempat panjang bentang balok, sedangkan lebar effektif bagian pelat yang menonjol dikedua sisi bagian balok tidak boleh melebihi :

  1. delapan kali tebal pelat
  2. setengah jarak bersih dengan balok-balok yang bersebelahan.

dengan kata lain lebar flens effektif tidak boleh lebih dari :

a. seperempat panjang bentang balok (1/4 L)

b. lebar balok ditambah enam belas kali tebal pelat (16hf + bw)

c. setengah jarak bersih antar balok (1/2 ln)

- Balok L

  Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi atau balok L, lebar effektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari:

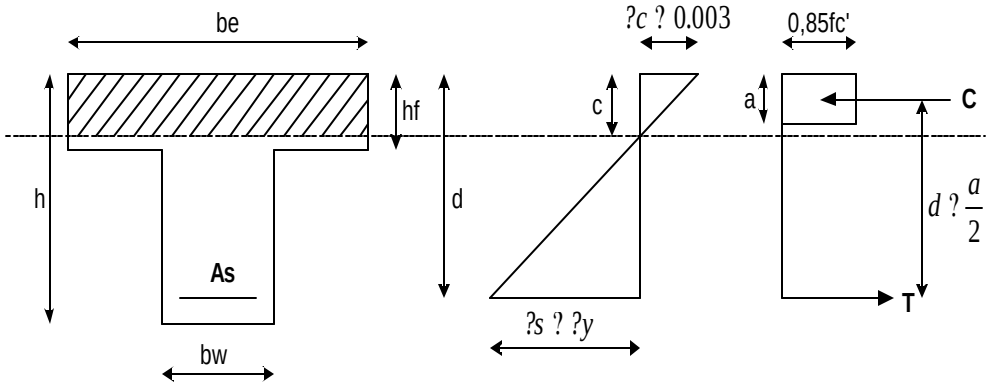
  1. seperdua belas dari bentang balok
  2. enam kali tebal pelat
  3. setengah jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan

Analisa balok T dapat ditentukan dengan dua jenis kasus perhitungan, yang keduanya sangat tergantung dari ketinggian garis netral. Jika garis netral jatuh pada bagian pelat, maka balok dianalisa dengan menggunakan perhitungan balok persegi, dan jika garis netral jatuh pada badan balok maka analisa yang dilakukan adalah dengan menggunakan perhitungan balok T.

Adapun kasusnya dapat diidentifikasikan sebagai berikut:

a) kasus satu, a = hf **dan c =** $?_1 hf$

Bila sumbu netral lebih kecil atau sama dengan tebal plat hf (garis netral jatuh didaerah pelat), balok dapat dianalisis sebagai balok penampang persegi, pada analisisnya, sebagai lebar balok harus digunakan lebar pelat effektif (be) pada sisi yang tertekan.



Gambar 2.4 Distribusi regangan dan tegangan balok T

Keseimbangan gaya internal, C = T

$$0{,}85\, fc'.a.be \;?\; As.fy$$

Didapatkan besar,

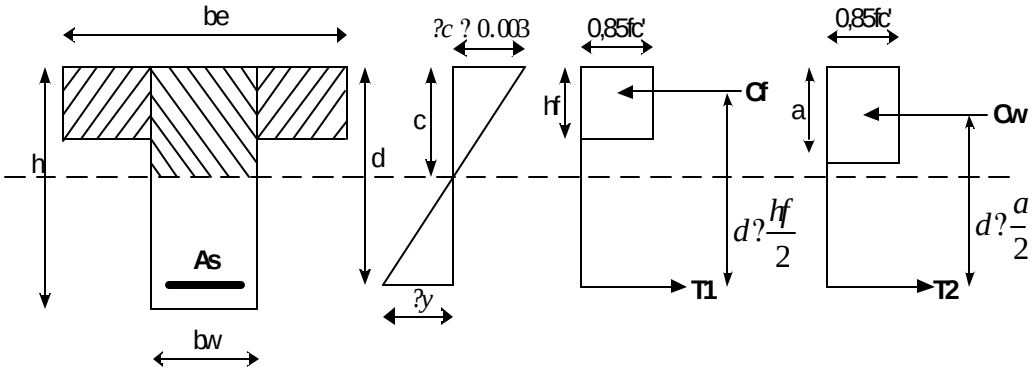
$$a \;?\; \frac{As.fy}{0{,}85\, fc'.be}$$

Maka, Momen nominal penampang:

$$Mn \;?\; As.fy\left(d \;?\; \frac{a}{2}\right)$$

b) kasus dua, $a >$ hf **dan c >** $?_1 hf$

Bila letak sumbu netral jatuh di badan balok, $a > hf$ analisis harus dilakukan dengan memperhatikan daerah tekan, bentuk penampang T.



Gambar 2.5 Distribusi regangan dan tegangan balok T

✍ **Bagian *flens***

$$T_1 \; ? \; As_f \, . \, fy$$

$$C_f \; ? \; 0{,}85 \, fc' \, hf \, (be \; ? \; bw)$$

Dengan *Asf* adalah luas tulangan yang pada kondisi tegangan leleh *fy* akan mengimbangi gaya tekan pada bagian flens gantung yang bertegangan 0,85fc'.

Keseimbangan gaya internal,

$$T_1 \; ? \; C_f$$

$$As_f \, . \, fy \; = \; 0{,}85 \, fc' \, hf \, (be \; ? \; bw)$$

sehingga :

$$Asf \; ? \; \frac{0{,}85 \, fc' \, hf \, (be \; ? \; bw)}{fy}$$

Momen nominal yang didapat sebesar:

$$Mn_1 \; ? \; Asf \, . \, fy \left(d \; ? \; \frac{hf}{2} \right)$$

✍ **Bagian Web**

Luas tulangan sisanya, *As – Asf* pada kondisi tegangan leleh fy akan diimbangi oleh bagian balok segiempat.

$$T_2 = (As - Asf)\, fy$$

dan

$$Cw = 0{,}85\, fc'.bw.a$$

Cw adalah gaya pada bagian web (badan balok)

Keseimbangan dalam:

$$T_2 = Cw$$

$$(As - Asf)\, fy = 0{,}85\, fc'.bw.a$$

menghasilkan :

$$a = \frac{(As - Asf).fy}{0{,}85\, fc'.bw}$$

Besar momen nominal tambahan :

$$Mn_2 = (As - Asf).fy\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Dengan demikian total kekuatan lentur nominalnya adalah:

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

Harga momen ini harus dikalikan dengan faktor reduksi 0,8 untuk mendapatkan lentur rencana atau momen ultimit. Untuk menjamin daktilitas yang baik, keruntuhan tarik lebih dikehendaki.

Angka penulangan pada kondisi *balanced* untuk balok T dapat ditulis sebagai:

$$\rho b = \frac{bw}{be}(\overline{\rho} b + \rho f)$$

dimana : $\overline{\rho} b = \left(\frac{0{,}85\beta_1 . fc'}{fy}\right)\left(\frac{600}{600 + fy}\right)$

$?f$ = angka penulangan tulangan tarik yang diperlukan untuk mengimbangi kekuatan tekan bagian sayap disisi kiri dan kanan.

$$?f = 0,85\, fc'(be ? bw)\frac{hf}{fy.bw.d}$$

Seperti pada kasus balok bertulangan tunggal maupun tulangan rangkap, angka penula ngan tarik maksimum yang diizinkan adalah $0,75?b$ agar menjamin keruntuhan yang daktail. Dengan demikian dalam hal balok T :

$$? ? \frac{As}{be.d} ? 0,75?b$$

dengan persyaratan tulangan minimum:

$$?w ? \frac{As}{bw.d} ? \frac{1,4}{fy}$$

Batas minimum rasio penulangan ini bertujuan untuk lebih menjamin tidak akan terjadinya hancur secara tiba-tiba seperti pada balok tanpa tulangan.