

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang**

Beton bertulang adalah bahan yang sangat luas digunakan untuk sistem-sistem konstruksi. Beton didapat dari campuran bahan-bahan yaitu semen, pasir, kerikil dan air sebagai bahan pembantu dalam reaksi kimia selama proses pengerasan. Dapat juga ditambah additive dalam adukan untuk tujuan tertentu. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik. Oleh sebab itu sebagai penguatan tarik dan geser harus diberikan tulangan pada daerah tarik penampang beton, hal ini dilakukan agar beton dapat digunakan untuk komponen struktur yang terdapat gaya tarik dan tekan secara bersamaan (Nawy,Edward G,1990)

Komponen beton dan tulangan harus disusun komposisinya agar dimanfaatkan secara optimal, dan bekerja bersama-sama secara komposit. Jika berbagai unsur pembentuk beton tersebut dirancang dengan baik, maka hasilnya menjadi bahan yang kuat, tahan lama, dan apabila dikombinasikan dengan baja tulangan akan menjadi elemen yang utama pada suatu sistem struktur.

## 2.2 Jenis dan Sifat Baja Tulangan

Baja tulangan beton adalah baja yang berbentuk batang yang digunakan untuk penulangan beton. Dalam perdagangan disebut juga besi beton. Berdasarkan atas bentuk, baja tulangan terdiri dari baja tulangan polos dan baja tulangan sirip (deform). Baja tulangan polos merupakan batang baja yang permukaannya licin, sedangkan baja tulangan sirip merupakan batang dengan bentuk permukaan khusus untuk mendapatkan pelekatan (bonding) pada beton yang lebih baik daripada baja tulangan polos dengan luas penampang yang sama.

Jenis-jenisnya : a. batang baja tulangan bersirip teratur  
b. batang baja tulangan yang dipuntir

Penamaan : BjTp : baja tulangan polos

BjTd : baja tulangan sirip (deform).....(PUBI-1982)

Di Indonesia produksi baja tulangan dan baja struktur telah diatur sesuai dengan Standar Industri Indonesia antara lain dengan SII 0136-80 dan SII 318-80 (Istimawan Dipohusodo,1994), lihat tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Jenis dan Kelas Baja Tulangan Sesuai SII 0136-80

JENIS	KELAS	SIMBOL	BATAS ULUR MINIMUM N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	KUAT TARIK MINIMUM N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )
Polos	1	BJTP24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTP30	294 (30)	480 (49)
Deformasian	1	BJTD24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTD30	294 (30)	480 (49)
	3	BJTD35	343 (35)	490 (50)
	4	BJTD40	392 (40)	559 (57)
	5	BJTD50	490 (50)	610 (63)

Sesuai dengan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 toleransi penyimpangan yang masih diijinkan untuk baja tulangan dapat dilihat pada tabel 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5.

Tabel 2.2 Penyimpangan yang diijinkan untuk panjang batang menurut PUBLI 1982

Panjang	Toleransi
di bawah 12 m	minus 0 mm plus 40 mm
mulai 12 m ke atas	minus 0 mm plus 50 mm

Tabel 2.3 Penyimpangan/toleransi yang diijinkan untuk massa teoritis perpanjang menurut PUBI 1982

Diameter (mm)	Toleransi (%)
Kurang dari 10 mm	$\pm 7\%$
10 mm < d < 16 mm	$\pm 6\%$
16 mm < d < 28 mm	$\pm 5\%$
d $\geq$ 28 mm	$\pm 4\%$

Tabel 2.4 Penyimpangan yang diijinkan untuk berat teoritis seluruh partai menurut PUBI 1982

Diameter (mm)	Toleransi (%)
Kurang dari 10 mm	$\pm 6\%$
10 mm < d < 16 mm	$\pm 5\%$
16 mm < d < 28 mm	$\pm 4\%$
d $\geq$ 28 mm	$\pm 3,5\%$

Tabel 2.5 Penyimpangan yang diijinkan dari diameter nominal menurut PUBI 1982

Diameter (mm)	Toleransi (mm)	Penyimpangan kebulatan
Sampai dengan 14 mm	$\pm 0,4$ mm	Maksimum 70 % dari batas toleransi
10 mm s/d 25 mm	$\pm 0,5$ mm	
28 mm s/d 34 mm	$\pm 0,6$ mm	
36 mm s/d 50 mm	$\pm 0,8$ mm	

Sifat-sifat terpenting baja tulangan adalah :

1. Kekuatan Leleh,  $f_y$
2. Kekuatan Batas,  $f_u$
3. Mutu baja yang ditentukan
4. Ukuran atau diameter batang atau kawat.....(Edward G. Nawy)

Baja beton adalah suatu baja paduan yang terutama terdiri dari persenyawaan unsur besi (Fe) dan unsur dari logam lain, misalnya : mangan (Mn), tembaga (Cu), vanadium (V), dan niobium (Nb) serta non logam seperti karbon (C), silisium (Si), fosfor (P), dan belerang (S). Sifat-sifat dari baja sangat tergantung dari kadar karbon. Disebabkan kadar karbon yang sedikit saja telah cukup mengubah besi lunak dan liat menjadi mekanisasi keseluruhan yang lain. Makin tinggi kadar karbon, semakin kuat, semakin keras serta semakin kurang liat. (Ahmad Antono)

Karena itu pengerjaannya lebih sukar terutama untuk baja dengan kadar karbon  $\geq 0,3$  %. Pengaruh fosfor dari belerang terhadap baja kurang menguntungkan (kegetasan) dan hanya boleh mengandung prosentase yang kecil (sampai sekitar 0,6 %). Disamping unsur karbon, baja yang dipadu dengan mangan, vanadium dan silicium kekuatannya akan meningkat sedangkan paduan dengan tembaga daya tahan korosi diperbesar. (R.Sagel, P.Kole, Gideon 1993)

## **2.2 Perilaku Lentur Pada Balok**

Perilaku baja tulangan yang dibebani sampai plastis oleh beban tetap telah banyak diketahui dengan baik. Pada awalnya diagram tegangan regangan berupa suatu garis linier dengan  $E=2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$  sampai batas maksimum elastisnya tercapai. Pada batas biasanya benda uji baja yang dibubut sebelum diuji akan tampak suatu tegangan leleh atas yang lebih tinggi daripada batas lelehnya, akan tetapi pada baja tulangan biasa yang tidak dibubut terlebih dahulu tegangan leleh atas itu tidak tampak. Hal ini karena pada baja tulangan terdapat perbedaan tegangandi dalam

bajanya akibat proses pembuatan atau tegangan ini dikenal tegangan sisa (residual stress),(Kardiyono Tjokrodimulyo).

Menurut D.C. Kent (1969) yang pernah meneliti bentuk diagram tegangan regangan baja atas beban tetap dengan benda uji batang tulangan yang berdiameter 12.7 mm, 15.9 mm, 19.0 mm, dan 22.2 mm didapatkan bentuk matematis untuk diagram tegangan regangan sebagai berikut (dikutip Kardiyono Tjokrodimulyo,1992)

$$q = \varepsilon_u - \varepsilon_{sh} \quad (2.1)$$

$$m = \frac{(f_u/f_y) (30q+1)^2 - 60q - 1}{16q^2} \quad (2.2)$$

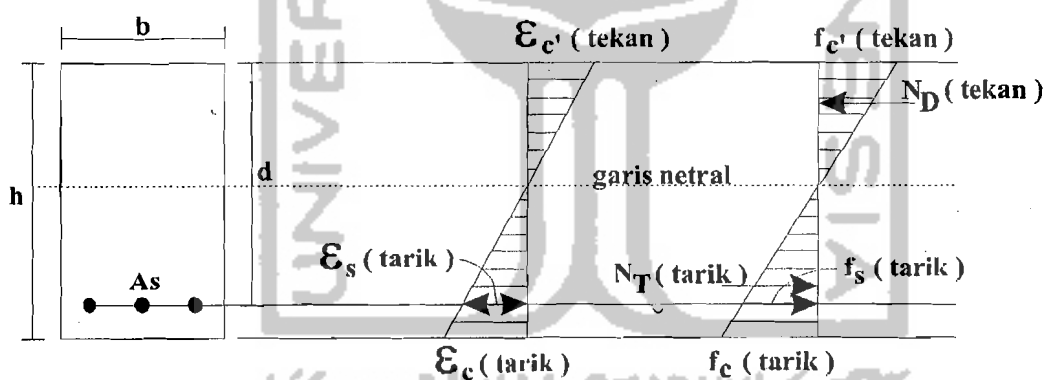
$$f_s = f_y \left\{ \frac{m (\varepsilon - \varepsilon_{sh}) + 2}{60 (\varepsilon - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon - \varepsilon_{sh}) (60 - m)}{2 (30q + 1)^2} \right\} \quad (2.3)$$

→ untuk daerah strain hardening

Pembebanan pada suatu balok dapat berupa titik yang tunggal, atau beberapa buah atau dapat juga beban terbagi rata sepanjang bentang atau kombinasi dari beban-beban ini. Setiap beban vertikal menyebabkan penurunan vertikal displacement, yang besar beban dan perletakkannya menentukan lenturan maksimum serta bentuk pelenturan balok. Pembebanan dengan pengaturan tertentu akan menghasilkan bentuk lenturan pada balok berupa busur lingkaran. Jika suatu balok dengan dukungan sederhana dibebani dan melentur, maka penampang diatas garis netral akan tertekan dan berkurang panjangnya, sedangkan penampang dibawah garis netral akan tertarik dan bertambah panjangnya. Berdasarkan hal ini, maka dipakai

tulangan yang ditempatkan pada daerah tarik. Pada balok bertulang, tarik yang disebabkan oleh momen lentur terutama sekali dipikul oleh tulangan, sedangkan beton biasanya hanya dapat memikul tekan yang terjadi. Aksi komposit dari kedua material hanya dapat berjalan dengan baik apabila bisa dicegah terjadinya slip antar beton dan baja tulangan.

Pada beban kecil (lihat gambar 2.1), dengan menganggap beton belum mengalami retak, secara bersama-sama beton dan baja tulangan bekerja menahan gaya-gaya. Distribusi tegangan linear bernilai nol pada garis netral dan sebanding dengan regangan yang terjadi. Kasus demikian ditemui bila tegangan maksimum yang timbul pada serat tarik masih cukup rendah (Istimawan Dipohusodo, 1994)

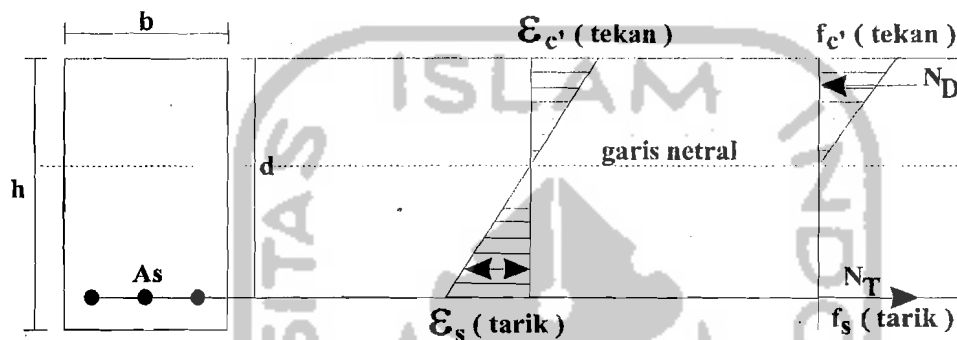


Gambar 2.1 Perilaku lentur pada beban kecil

Pada beban sedang (lihat gambar 2.2), kuat tarik beton dilampaui dan beton mengalami retak rambut. Akibat beton tidak dapat meneruskan gaya tarik melintasi

daerah retak, karena terputus-putus, baja tulangan akan mengambil alih untuk memikul seluruh gaya tarik yang timbul.

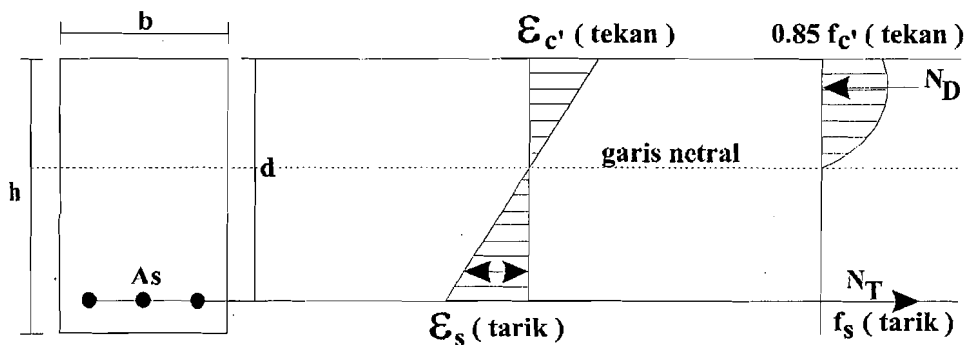
Pada keadaan tersebut tegangan beton tekan masih dianggap bernilai sebanding dengan nilai regangannya.



Gambar 2.2 Perilaku lentur pada beban sedang

Jika beban ditambah dengan nilai yang lebih besar lagi, nilai regangan serta tegangan tekan akan meningkat dan cenderung untuk tidak lagi sebanding antara keduanya, tegangan beton akan membentuk kurva non linier. Karena kapasitas ultimit telah tercapai, maka komponen struktur mengalami retak dan tulangan baja meluluh, mulur, terjadi lendutan besar, dan tidak akan dapat kembali ke panjang semula, sehingga struktur secara keseluruhan akan remuk dalam strata runtuh atau setengah runtuh meskipun belum hancur secara keseluruhan (lihat gambar 2.3).



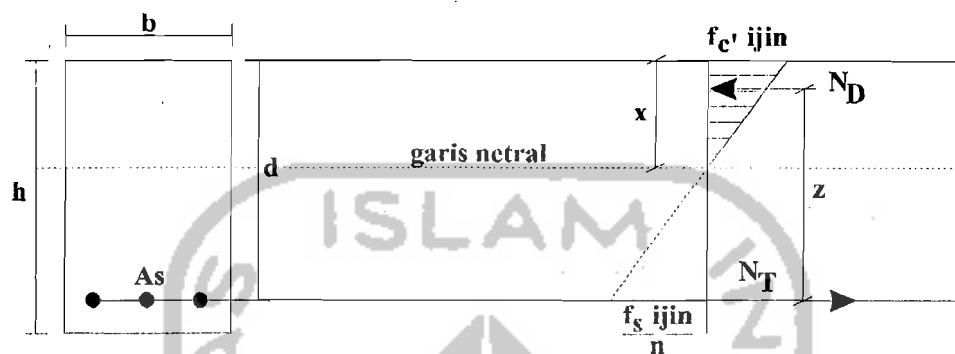


Gambar 2.3 Perilaku lentur pada beban besar

Penggunaan tulangan dengan jumlah tertentu yang mempunyai kekuatan tarik pada baja tulangan sama dengan kekuatan tekan pada beton, akan mengakibatkan tercapainya leleh baja tulangan dan kehancuran beton tekan terjadi secara bersamaan (rasio tulangan berimbang) seperti dalam gambar 2.4.

Apabila dipakai jumlah tulangan yang sedikit pada suatu besar pembebanan tertentu, tulangan akan mencapai tegangan luluhnya. Pada besar tegangan tersebut tulangan akan meleleh dan mengalami deformasi yang besar, serta retak-retak akibat tarik pada beton akan melebar sehingga menjalar ke atas, diikuti secara serentak dengan terjadinya lentur yang besar pada balok. Apabila ini terjadi, regangan pada daerah tekan akan bertambah sedemikian rupa sehingga dapat menghancurkan beton. Kehancuran tekanan sekunder terjadi pada besar pembebanan yang sedikit lebih besar dari beban yang menyebabkan tulangan leleh. Kehancuran leleh terjadi secara berangsur-angsur dan didahului dengan tanda-tanda yang cukup jelas, seperti

bertambahnya lebar dan panjang retak serta tanda-tanda yang menunjukkan bertambah besar lendutan yang terjadi.



Gambar 2.4 Penampang bertulangan seimbang

SKSNI T-15-1991-03 memberikan batasan nilai rasio tulangan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{mak}} = 0.75 \rho_b \quad (2.4)$$

$$\rho_{\text{min}} = 1.4/f_y \quad (2.5)$$

Sebaliknya apabila dipakai tulangan tarik lebih besar dari tulangan berimbang, kelebihan tulangan tarik tidak diimbangi dengan pemberian tulangan pada daerah tekan, maka beban maksimum akan mengakibatkan tercapainya tegangan beton tekan ijin terlebih dahulu (Istimawan Dipohusodo,1994). Beton akan mengalami kegagalan dengan terjadinya kehancuran apabila regangan yang terjadi menjadi sangat besar sehingga dapat merusak keutuhan beton.

Berikut ini ada beberapa peneliti sebelumnya tentang baja tulangan , diantaranya adalah :

1. Penelitian mengenai tarik baja dengan topik kajian luas tulangan dan overstrenght factor pada balok beton dengan baja lunak pernah diteliti oleh Widodo (1991) dimana peneliti menginginkan agar di dalam analisis dan disain bangunan tahan gempa digunakan diagram tegangan-regangan yang sesungguhnya dengan memperhatikan "Overstrenght Factor". Adapun kesimpulan dari penelitian tersebut adalah luas tulangan yang memberikan nilai OVF yang nyata adalah  $\rho_s$  sedikit dibawah  $0,75 \rho_b$ , sedangkan nilai  $\rho_s$  yang lebih kecil akan memberikan nilai OVF yang tidak nyata.
2. Uji tarik baja juga pernah diteliti oleh Annisa Puspa P dan Kurniawati Suradin (1997) dengan spesifikasi pada analisis bonding stress terhadap variasi tulangan deformasian dan polos pada balok persegi, dengan kesimpulan menunjukkan bahwa besarnya tegangan lekatan tidak hanya dipengaruhi oleh baja tulangan saja, tetapi dapat juga dipengaruhi oleh mutu beton. Tegangan lekatan yang terjadi antara beton dengan tulangan deformasian lebih besar daripada tulangan polos, dan semakin besar diameter tulangan akan semakin besar pula tegangan lekatan yang terjadi.