

BAB III

ANALISA STRUKTUR

3.1. Pengertian Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, pasir, agregat kasar dan halus, air dan juga kadang-kadang ditambah dengan bahan kimia tambahan ("admixture"). Dari material tersebut diaduk dengan merata sampai bersifat plastis yang kemudian dituangkan dalam cetakan dan dibiarkan hingga mengeras. Pengerasan tersebut terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dengan semen, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran tersebut selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung antara lain bahan dasar pembentuknya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Campuran beton yang baik harus memenuhi faktor sebagai berikut :

1. kekuatan (strenght) tinggi, sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat,
2. tahan lama (awet) yakni mempunyai sifat tahan terhadap karat oleh kondisi lingkungan,

3. kemudahan pengerjaan (workability), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat-sifat bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton.

3.2. Pengertian Baja

Baja adalah merupakan paduan antara besi dengan karbon yang berbentuk batang yang biasa digunakan untuk penulangan beton. Berdasarkan bentuknya baja tulangan terdiri dari baja tulangan polos dan baja tulangan ulir (deform).

1. Baja tulangan polos merupakan batang baja yang permukaannya licin (rata).
2. Baja tulangan ulir merupakan batang dengan bentuk permukaan khusus untuk mendapatkan pelekatan (bonding) pada beton yang lebih baik dari pada baja tulangan polos pada luas penampang yang sama.

3.3. Kuat Desak Beton.

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat desaknya lebih tinggi. Dengan demikian untuk meninjau beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat desaknya saja. Dan kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi sifat-sifat yang lain juga baik. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. faktor air semen (fas)
2. umur beton

3. pengaruh agregat.

3.3.1. Faktor air semen (fas)

Kuat desak beton pada umur-umur tertentu sangat dipengaruhi oleh perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran beton. Dengan kata lain jika angka perbandingan air terhadap semen sudah tertentu, maka kekuatan beton yang direncanakan pada umur tertentu pada dasarnya dapat diperoleh dengan syarat bahwa campuran tersebut dapat dikerjakan, agregatnya baik, tahan lama dan bebas material yang merugikan.

3.3.2. Umur beton

Suatu beton apabila umurnya bertambah maka kekuatannya (kuat desak, kuat tarik dan kuat lekat) bertambah tinggi. Yang dimaksud dengan umur beton adalah waktu yang dihitung sejak beton dicor. Pada umumnya standar kekuatan beton dipakai kuat tekan beton pada umur 28 hari, namun jika keadaan mendesak pada beton yang berumur kurang dari 28 hari boleh dilakukan pengujian kuat desak beton tetapi dengan syarat hasilnya harus dibagi dengan faktor tertentu untuk mendapatkan perkiraan kuat desak beton pada umur 28 hari. Nilai faktor pembagiannya dapat dilihat pada bab 4 tabel 4.1.4. PBI 1971.

3.3.3. Pengaruh agregat

Pengaruh agregat terhadap kekuatan beton yang utama adalah bentuk, tekstur permukaan dan ukuran maksimum agregat itu sendiri. Untuk menghasilkan kuat desak beton yang tinggi maka diusahakan untuk memilih

bentuk agregat yang bersudut (batu pecah) karena mempunyai luasan permukaan yang lebih besar daripada agregat yang bulat (kerikil), sehingga mempunyai daya lengket dengan pasta lebih kuat.

3.4. Kuat desak beton karakteristik

Kuat desak beton karakteristik adalah kekuatan desak dari hasil pemeriksaan sejumlah benda uji yang memungkinkan adanya kekuatan desak yang kurang dari itu terbatas sampai 5 % saja.

Untuk memperoleh kualitas beton sesuai dengan kuat tekan beton yang disyaratkan, dianjurkan untuk membuat sedikit di atas dari kuat desak beton yang disyaratkan. Apabila kuat desak beton rata-rata di bawah kuat desak beton yang disyaratkan maka pengecoran tersebut harus dihentikan dan dalam waktu singkat harus diadakan percobaan non-destruktif pada bagian konstruksi yang kekuatan betonnya meragukan itu. Untuk lebih jelasnya lagi dapat di baca pada buku PBI 1971 bab 4 pasal 4.8. ayat 1- 3.

Selain dari sudut persyaratan kuat tekan juga dapat pula dievaluasi dari sudut biaya, karena jika kuat desak beton yang diperoleh terlalu tinggi di atas persyaratan biaya pembuatan beton biasanya terlalu mahal. Adapun cara menghitung kuat tekan beton karakteristik (σ'_{bk}) bisa dilihat pada PBI 1971 bab 4 pasal 4.5.

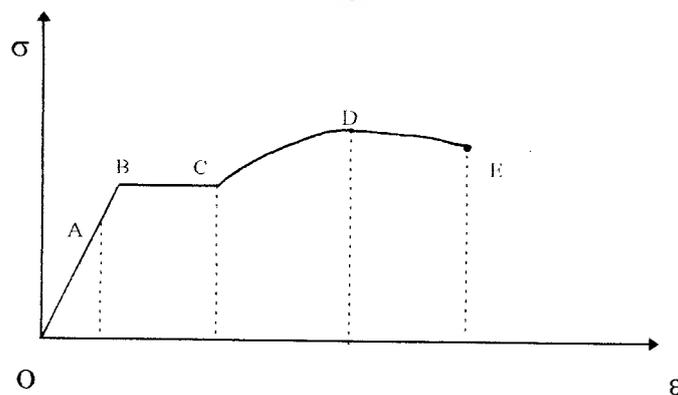
3.5. Kuat Tarik Baja Tulangan

Agar perancangan struktur dapat optimal, sehingga hasil rancangan cukup aman dan ekonomis, maka sifat-sifat mekanika bahan struktur perlu

diketahui dengan baik. Jika sifat-sifat bahan struktur tidak dikuasai, hasil perancangan tidak saja dapat boros, tetapi juga dapat berbahaya.

Sifat-sifat baja struktur dapat dipelajari dari diagram tegangan-regangan. Diagram ini menyajikan informasi yang penting pada baja dalam berbagai tegangan. Untuk membuat diagram tegangan-regangan, perlu dilakukan pengujian bahan. Pengambilan spesimen untuk pengujian bahan beserta bentuk dan ukurannya dilakukan berdasarkan suatu peraturan, misalnya PUBI, ASTM, British Standard dan sebagainya.

Pengujian tarik spesimen baja dapat dilakukan memakai Universal Testing Machine (UTM). Dengan mesin ini spesimen ditarik dengan gaya yang berubah-ubah, dari nol diperbesar sedikit demi sedikit sampai batang putus. Pada saat spesimen ditarik, besar gaya atau tegangan dan perubahan panjang batang atau regangan dimonitor. Pada UTM yang mutakhir, hasil monitoring ini dapat disimpan dalam disk, atau disajikan dalam bentuk diagram tegangan-regangan lewat plotter.



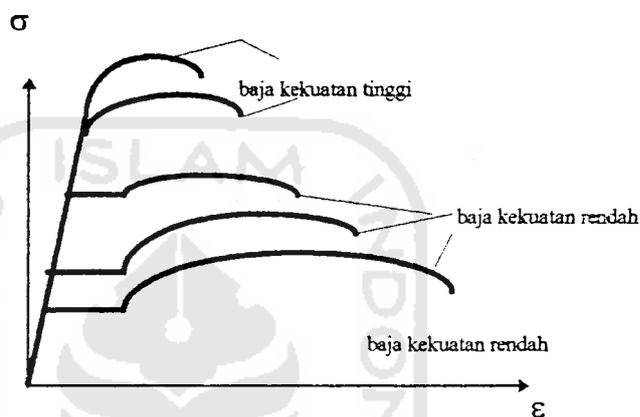
Gambar 2.1 Diagram Tegangan-Regangan Baja

Suatu diagram tegangan-regangan normal tipikal dapat dilihat pada gambar di atas. Tampak bahwa antara tegangan dan regangan pada OA linear, sedang di atas OA diagram tidak linear lagi, sehingga titik A disebut sebagai batas sebanding (proportional limit). Tegangan yang terjadi pada titik A ini disebut tegangan batas sebanding (σ_p). Sedikit di atas A terdapat batas elastis bahan. Hal ini berarti bahwa batang yang dibebani sedemikian sehingga tegangan yang timbul tidak melampaui σ_e , panjangnya akan kembali ke panjang semula jika beban dihilangkan. Pada umumnya tegangan σ_p dan σ_e relatif cukup dekat, sehingga kedua tegangan tersebut dianggap sama, yaitu sebesar σ_e . Regangan yang timbul saat spesimen putus, pada umumnya berkisar 150-200 kali regangan elastis (ϵ_e).

Di atas tegangan elastis σ_e , pada titik B baja mulai leleh. Tegangan di titik B disebut sebagai tegangan leleh (σ_l). Pada saat leleh ini seperti terlihat pada gambar di atas, baja masih mempunyai kekuatan. Hal ini berarti bahwa pada saat leleh, baja masih mampu menghasilkan gaya perlawanan. Bentuk kurva pada bagian leleh ini mula-mula mendekati datar, berarti tidak ada tambahan tegangan sekalipun regangan bertambah. Hal ini berakhir pada saat mulai terjadi pengerasan regangan (strain hardening) di titik C, kurva naik ke atas lagi sampai dicapai kuat tarik (tensile strength) di titik D. Setelah itu kurve turun dan spesimen retak (fracture) di titik E.

Diagram tegangan-regangan ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian bahan, dengan anggapan luas tampang spesimen tidak mengalami perubahan selama pembebanan.

Untuk diagram tegangan-regangan tipikal untuk berbagai baja dengan mutu diperlihatkan pada gambar berikut ini :

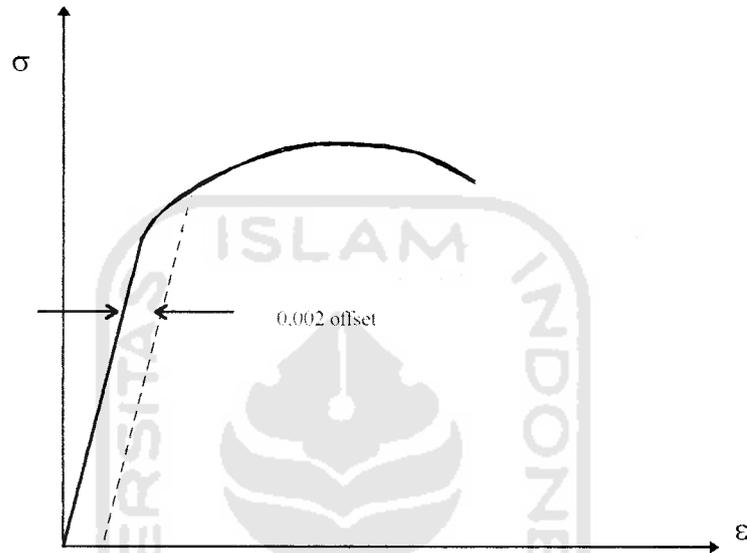


Gambar 2.2 Tegangan-regangan Tipikal Berbagai Mutu Baja

Dari diagram tegangan-regangan tersebut di atas tampak bahwa besar elastisitas bahan, yang sering disebut modulus Young dan diberi simbol E , tidak dipengaruhi oleh besar tegangan lelehnya. Lebih jelas terlihat bahwa semakin tinggi tegangan leleh baja, semakin kecil regangan putus bahan. Hal ini memperlihatkan semakin tinggi tegangan leleh baja, maka baja semakin getas.

Dalam perancangan secara elastis, tegangan ijin pada baja dikaitkan dengan tegangan dasar. Tegangan dasar diambil sebesar tegangan leleh dibagi dengan faktor aman 1,5. Dengan dasar itu diharapkan tegangan yang terjadi pada struktur tidak akan melampaui tegangan batas elastis, sehingga batang selalu kembali ke bentuk asal pada saat tidak ada pembebanan.

Dari hasil pengujian bahan sering kali tegangan leleh bahan tidak begitu jelas. Maka tegangan leleh ini dianggap sebagai tegangan yang menimbulkan regangan tetap sebesar 0,2 %. Sehingga tegangan leleh ini dapat ditentukan dari diagram tegangan-regangan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Penentuan Tegangan Leleh

Setiap bangunan yang menggunakan konstruksi beton bertulang harus direncanakan sedemikian sehingga pemakaiannya terjamin. Terdapat banyak metode cara perhitungan konstruksi beton yang sering digunakan, antara lain adalah metode elastis dan metode ultimit (ultimat strength design).

3.6. Metode Elastis

Perhitungan dengan metode elastis meliputi hal-hal sebagai berikut :

- a. Statika konstruksi, yaitu perhitungan momen dan gaya-gaya di dalam konstruksi akibat beban dengan menggunakan prinsip dari teori elastis.

- b. Disain tampang yaitu mendisain penampang beton dari ketentuan yang sudah ada sebelumnya untuk mendapatkan dimensi penampang yang memenuhi syarat dalam hal kekuatan dan keamanan.
- c. Analisa tampang yaitu hitungan kekuatan penampang beton serta jumlah tulangan yang sudah didisain akibat momen dan gaya yang bekerja pada penampang tersebut. Dalam hal ini, maka pada setiap penampang kritis dari konstruksi tidak boleh bekerja tegangan-tegangan yang melampaui tegangan ijin bahan.

Kekuatan desak ijin beton diperoleh dari kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) dikalikan dengan suatu faktor tertentu, sedang kekuatan tarik ijin baja tulangan didapat dari tegangan leleh karakteristik (σ_{au}) atau tegangan karakteristik yang memberikan regangan sebesar 0,2 % ($\sigma_{0.2}$) dikalikan dengan suatu faktor tertentu pula. Besarnya nilai faktor untuk beton dan baja tulangan berbeda. Dan nilainya tergantung pada jenis pembebanan, keadaan lingkungan dan letak bagian konstruksi tersebut seperti dijelaskan di atas. Tegangan ijin baja-tulangan dan beton dapat dilihat pada tabel 10.4.1. dan 10.4.2. PBI 1971.

3.6.1. Plat

- a. Tebal minimum untuk plat lantai atau atap dan diameter minimum baik untuk tulangan pokok maupun untuk tulangan pembagi, ketentuannya dapat di lihat pada pasal 9.1. PBI 1971.

- b. Tebal penutup beton untuk plat diambil sesuai ketentuan pada pasal 7.2 - 7.3 PBI 1971 dan bila diperhitungkan terhadap ketahanan pada kebakaran terhadap suatu waktu tertentu diambil menurut ketentuan pada tabel 7.3.2 PBI 1971.
- c. Jarak antar tulangan di atur sesuai pasal 8.16 PBI 1971.
- d. Macam dukungan pelat dan besarnya momen yang bekerja diperhitungkan sesuai ketentuan pasal 13.3 dan tabel 13.3.1 - 13.3.2.PBI 1971.

3.6.2. Balok

- a. Lebar serta diameter tulangan minimum balok ketentuannya dapat di lihat pada pasal 9.3 PBI 1971.
- b. Penutup beton untuk balok berhubung dengan keadaan keliling diambil menurut pasal 7.2 PBI tahun 1971 dan bila diperhitungkan terhadap kebakaran maka diambil sesuai ketentuan tabel 7.3.3 PBI 1971.
- c. Jarak antar tulangan diambil sesuai ketentuan pasal 8.16 PBI 1971.
- d. Menentukan tumpuan yang mendukung ujung-ujung balok seperti pada ketentuan pasal 13.2 PBI 1971.

3.6.3. Kolom.

- a. Ukuran sisi kolom serta diameter tulangan minimum ketentuannya dapat dilihat pada pasal 9.7 PBI 1971.
- b. Tebal penutup beton berhubung dengan keadaan keliling diambil sesuai ketentuan pada pasal 7.2 PBI 1971 dan bila diperhitungkan terhadap bahaya kebakaran maka seperti ketentuan pada tabel 7.3.5 dan 7.3.6 PBI 1971.

c. Jarak tulangan diambil seperti ketentuan pada pasal 8.16 PBI 1971.

d. Luas tulangan memanjang kolom diambil sebesar : $1 \% F_b < F_a < 6 \% F_b$.

Pada setiap konstruksi bangunan bertingkat dari beton bertulang harus mempunyai kolom-kolom yang mempunyai kekakuan sedemikian sehingga pada setiap pembebanan yang bekerja pada konstruksi tersebut, stabilitas konstruksi terhadap tekuk secara keseluruhan dapat terjamin.

Untuk memperhitungkan tekuk parsial dari kolom-kolom dapat dilakukan dengan cara memberikan eksentrisitas tambahan pada eksentrisitas-awal (e_0). Eksentrisitas tambahan untuk memperhitungkan tekuk dapat dilihat pada pasal 10.6.3 PBI 1971. Apabila dalam perencanaan harga $e < (ht/2 - d)$ maka perencanaan dengan eksentrisitas kecil dan apabila harga $e > (ht/2 - d)$ maka perencanaan dengan eksentrisitas besar.

3.7. Metode Ultimit (Ultimate Strength Design).

Metode ultimit telah diterapkan dalam peraturan SK SNI T-15-1991-03. Perbedaan metode ultimit dengan metode elastis terletak pada :

1. sistem pembebanan,
2. metode analisis tampang.

Perencanaan dengan metode ultimit (ultimate strength method) beban kerja dinaikkan secukupnya dengan memberikan suatu faktor beban (load factor) sehingga akan diperoleh suatu beban pada batas akhir keruntuhan. Beban ini disebut beban berfaktor (load factored). Unsur tersebut diproporsikan sedemikian hingga mencapai kekuatan pada saat bekerjanya beban berfaktor. Perhitungan

dengan metode ini mempunyai hubungan yang tidak linier antara tegangan dan regangan.

Metode perencanaan ini dapat dinyatakan bahwa kekuatan yang tersedia lebih besar atau sama dengan kekuatan yang diperlukan untuk memikul beban berfaktor. Kekuatan yang tersedia (ultimate strength) dihitung sesuai peraturan yang telah ditetapkan, sedang kekuatan yang diperlukan adalah kekuatan yang dihitung dengan menggunakan analisis struktur (mekanika).

Dengan metode batas ini, tidak berarti bahwa komponen struktur akan leleh atau runtuh di bawah beban kerja. Karena sebenarnya pada keadaan beban kerja perilaku struktur adalah elastis. Penggunaan istilah keruntuhan di bawah beban berfaktor pada metode ini hanya merupakan suatu cara untuk menetapkan keamanan yang cukup.

3.7.1. Kuat perlu.

Agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan laik pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban berikut :

1. kuat perlu U yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan $U = 1,2 D + 1,6 L$.
2. bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L dan W berikut harus dipelajari untuk menentukan nilai U yang terbesar

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$$

3. bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai U harus diambil sebagai berikut :

$$U = 1,05 (D + L + E)$$

Ketentuan-ketentuan untuk menentukan berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung (beban mati) serta beban hidup dapat dilihat dalam buku Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 pada tabel 2.1 dan tabel 3.1. Untuk menentukan beban akibat pengaruh angin dapat dilihat pada bab 4 pasal 4 pada buku yang sama, dan untuk menentukan beban akibat pengaruh gempa dapat dilihat dalam buku Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983.

3.7.2. Faktor reduksi kekuatan

Kepastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan (ϕ). Menurut SK SNI T-15-1991-03 subbab 3.2.3 faktor reduksi kekuatan ditentukan sebagai berikut :

- | | |
|---|---------------|
| a. Beban lentur tanpa gaya aksial | $\phi = 0,8$ |
| b. Gaya aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur | $\phi = 0,8$ |
| c. Gaya aksial tekan dan aksial tarik dengan lentur | $\phi = 0,65$ |
| d. Gaya lintang dan torsi | $\phi = 0,6$ |

Kolom bertulang simetris yang dibebani gaya aksial rendah nilai ϕ dapat ditingkatkan dari $\phi = 0,65$ menjadi 0,8.

3.7.3. Perencanaan plat metode kekuatan batas (SK SNI T-15-1991-03)

a. Penentuan syarat batas

a.1. Spesifikasi bahan ditentukan :

a. Mutu beton $f'c =$ (Mpa)

b. Mutu baja $f_y =$ (Mpa)

a.2. Spasi tulangan (subbab 3.16.6)

a.3. Tulangan susut atau suhu (subbab 3.16.12)

a.4. Pelindung beton untuk tulangan (subbab 3.16.7)

a.5. Distribusi gaya untuk pelat tumpuan satu arah dapat dianggap sebagai gelagar di atas berbagai tumpuan dan diselesaikan dengan menggunakan persamaan-persamaan mekanika biasa. Menurut sub-bab 3.6.6. mengizinkan untuk menentukan distribusi gaya menggunakan koefisien momen untuk mempermudah, tetapi penggunaannya dibatasi syarat-syarat sebagai berikut :

a. jumlah bentang paling sedikit harus dua,

b. panjang bentang bersebelahan yang paling besar di sebelah kiri dan kanan tumpuan tidak boleh 1,2 kali lipat lebih besar dari panjang bentang bersebelahan yang paling pendek,

c. beban harus merupakan beban terbagi merata (distribusi),

d. beban hidup harus tiga kali lebih kecil dari beban mati,

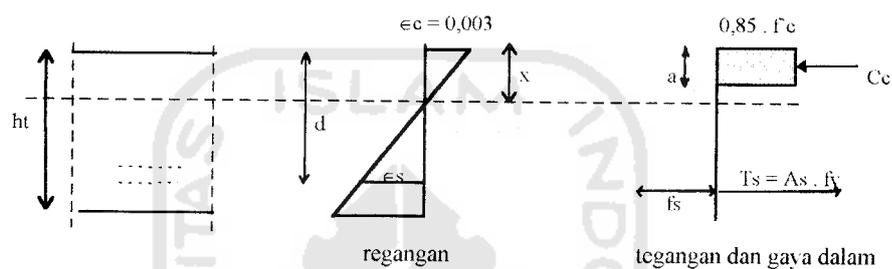
a.6. Distribusi gaya untuk pelat yang ditumpu dua arah atau pada ke empat sisinya adalah merupakan struktur statis tak tentu. Untuk mempermudah

analisis, maka dalam tabel 4 berikut ini diberikan ringkasan koefisien momen lentur yang bekerja pada arah x dan y. Pemakaian tabel ini harus menggunakan beban terbagi rata. Panjang bentang ditentukan dari as ke as.

b. Penentuan tebal pelat

Tebal pelat ketentuannya dapat lihat pada sub-bab 3.2.5-3.

c. Analisis tampang



Gambar 3.1. Diagram tegangan-regangan pada pelat

Dari diagram regangan :

$$\begin{aligned} x / d &= \epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_y) = 0,003 / (0,003 + (f_y / 200000)) \\ &= 600 / (600 + f_y) \end{aligned}$$

$$a = \beta_1 \cdot x$$

Dari diagram gaya dalam :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot f_c \cdot x \cdot \beta_1 \cdot b \end{aligned}$$

Jika : $f_c < 30 \text{ Mpa}$, maka $\beta_1 = 0,85$

$f_c > 30 \text{ Mpa}$, maka $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \geq 0,65$

$$T_s = A_s \cdot f_y = r_b \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

Persamaan kesetimbangan : $\Sigma H = 0$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot x \cdot \beta_1 \cdot b = r_b \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$r_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{x}{d}$$

$$r_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

Harga r_{min} dan r_{max} dapat dicari menurut ketentuan dalam sub-bab 3.3.5 sehingga batasan untuk r_{perlu} bisa di dapat.

$$m = f_y / (0,85 \cdot f'_c)$$

$$R_n = M_{max} / (b \cdot d^2)$$

$$r_{perlu} = 1/m \{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}\}$$

$$\text{Syarat : } r_{min} < r_{perlu} < r_{max}$$

d. Perhitungan tulangan pokok

$$A_s = r_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$\text{Jarak tulangan} = A_\phi \cdot 100 / A_s$$

e. Perhitungan tulangan susut

Menurut subbab 3.16.12 :

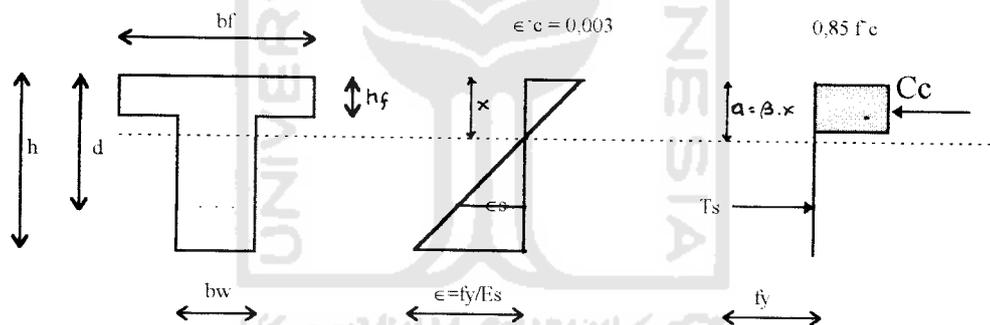
$$A_{sb} = (0,0018 \cdot 400 \cdot b \cdot h) / f_y$$

$$\text{Jarak tulangan} = A_\phi \cdot 100 / f_y$$

3.7.4. Perencanaan Balok

Dalam pelaksanaan di lapangan pada umumnya pengecoran balok dilakukan secara monolit dengan pelat, sehingga lendutan yang terjadi pada balok akan didistribusikan pula pada pelat. Dengan demikian tegangan tekan akan terjadi di kedua belah pihak. Untuk itu perlu diketahui berapa bagian dari lebar pelat yang ikut menerima distribusi lendutan dari gaya-gaya balok.

Ketentuan untuk menentukan lebar efektif balok T telah ditetapkan menurut pasal 3.1.10. Total lebar efektif balok - T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok dan lebar efektif dari sayap (flens) yang membentang pada tiap sisi badan balok yang bersebelahan.



Gambar 3.2. Diagram tegangan-regangan balok T

Keterangan : (1) Penampang balok T dalam keadaan tarik

(2) Diagram regangan

(3) Diagram tegangan

Bila $c < h_f$, maka balok boleh diperhitungkan sebagai balok T yang berarti seluruh daerah tekan akan terjadi di daerah sayap dengan lebar balok

menjadi b_f sebagai pengganti b_w dan tinggi efektif d ($b_f \cdot d$). Penampang balok di bawah garis netral dianggap retak sehingga diabaikan.

Bila $c > h_f$, maka daerah tekan tidak hanya terbatas pada sayap saja sehingga perlu diperhitungkan kapasitas tampang dengan ukuran ($b_w \cdot h$).

a. Penentuan syarat batas

a.1. Spesifikasi bahan ditentukan :

a. Mutu beton $f'_c =$ (Mpa)

b. Mutu baja $f_y =$ (Mpa)

a.2. Spasi tulangan (subbab 3.16.6) :

b. Penentuan tinggi minimum

Menurut SK SNI T-15-1991-03 tinggi minimum ditentukan sebagai berikut :

$$h_{min} = L/18,8 < \text{tinggi balok}$$

c. Kontrol dimensi

Pada umumnya dalam perencanaan struktur terlebih dulu ditentukan dimensinya, sehingga dimensi tersebut harus dikontrol untuk mengetahui keamanannya.

d. Menentukan momen rencana

MD = momen akibat beban mati

ML = momen akibat beban hidup

$$M_u = 1,2 \cdot MD + 1,6 \cdot ML$$

$$M_n = M_u / \phi$$

Kontrol kapasitas tampang :

$$M_{ntot} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot hf \cdot (d - 0,5 hf) > M_n$$

e. Perencanaan tulangan pokok :

Dalam perencanaan tulangan pokok pada balok menurut SK SNI T-15-1991-03 pada sub-bab 3.3.5 harga r_{min} , r_{max} dan r_{perlu} dapat dicari sehingga dengan dimensi yang sudah ditentukan sebelumnya bisa diketahui apakah memakai tulangan tunggal atau tulangan rangkap.

Kontrol kapasitas :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b_w \cdot a$$

$$T_s = A_s b \cdot f_y$$

Syarat : $C_c = T_s$ didapatkan nilai a

Jika :

$M_{ntot} = T_s \cdot (d - 1/2 a) > M_n$ maka tulangan desak diabaikan

Kontrol : $c = a/\beta_1 < hf$, maka pemisalan sebagai balok T benar

$> hf$, maka pemisalan salah maka b_w diganti b_f

Kontrol f'_s :

$$x = \frac{\epsilon'_{cu} \cdot d}{\epsilon_s (1 + \epsilon'_{cu}/\epsilon_s)} \quad \text{maka } \epsilon'_{cu} = 0,003$$

$$\epsilon_s = f_y/E_s$$

$$\epsilon'_s = \epsilon'_{cu} \cdot (x - d')/x$$

jika $f'_s = \epsilon'_s \cdot E_s < f_y$, maka jumlah tulangan harus dikoreksi

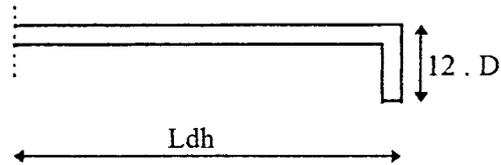
$$A_{s2} = (f_y/f'_s) \cdot A_{s1}$$

Sehingga tulangan yang berlaku adalah :

$$A_s = A_{s1}' + A_{s2}'$$

$$A_s' = A_{s2}'$$

f. Panjang pengankuran :



Gambar 3.3. Panjang pengankuran

Digunakan kait standar 90° untuk ujung penghabisan.

$$L_{dh} = (100 \cdot D) / \sqrt{f_c}$$

$$\text{panjang pembengkokan} = 12 \cdot D$$

Faktor-faktor reduksi :

1. kuat leleh (k_1) = 1

2. tulangan lebih (k_2) = $A_s \text{ perlu} / A_s \text{ ada}$

maka : $L_{dh} = L_{dh} \cdot (k_1) \cdot (k_2) > L_{dhmin} = 8 \cdot D$

g. Sambungan lewatan

Sambungan lewatan digunakan untuk lewatan tulangan atas menerus pada daerah desak.

$$L_{db} = (D \cdot f_y) / (4 \cdot \sqrt{f_c}) > 0,04 \cdot D \cdot f_y$$

3.7.5. Perencanaan Kolom (SK SNI T-15-1991-03)

Dalam perencanaan struktur suatu kolom kita dapat meninjau dalam dua bentuk keadaan, yaitu :

1. Kolom sentris yaitu kolom yang hanya mengalami gaya normal (gaya aksial tekan) dan bersendi pada satu ujung saja.
2. Kolom eksentris yaitu kolom yang dipengaruhi oleh dua gaya momen lentur dan aksial, hal ini disebabkan karena kolom merupakan bagian struktural yang berhubungan kaku dengan komponen horisontal (balok).

Dasar-dasar perhitungan kolom yang diberi beban aksial dan momen lentur pada prinsipnya sama dengan dasar anggapan dalam perencanaan terhadap lentur murni. Dasar-dasar itu antara lain :

1. beton tidak dapat menahan gaya tarik,
2. perpanjangan serta perpendekan yang terjadi pada beton serta tulangan dianggap berbanding lurus dengan jaraknya terhadap garis netral.

Langkah-langkah dalam perencanaan kolom sebagai berikut :

a. Penentuan syarat batas :

a.1. Penentuan spesifikasi bahan ditentukan

a. Mutu beton $f'c =$ (Mpa)

b. Mutu baja $f_y =$ (Mpa)

a.2. Spasi tulangan sesuai subbab 3.16.6 SK SNI T-15-1991-03

b. Penentuan spesifikasi :

b1. Menentukan beban kerja kolom berupa momen, gaya lintang maupun gaya normal.

b2. Menentukan ukuran balok dan kolom lainnya

c.1. Menentukan inersia (balok dan kolom), kekakuan kolom, dan kekakuan relatif, ketentuan dan rumusnya dapat dilihat pada bab 8 subbab 8.1 SK SNI T-15-1991-03.

Cara lain menentukan kekakuan adalah dengan memakai monogram.

c.2. Menentukan nilai kelangsingan kolom dan faktor pembesaran momen dapat dilihat pada bab 8 sub-bab 8.2 dan sub-bab 8.3.

c.3. Menentukan jumlah tulangan

$$m = f_y / (0,85 \cdot f'_c)$$

$$R_n = M_{max} / (b \cdot d^2), \text{ dimana harga } M_{max} \text{ dipakai :}$$

$$M_{max} = M_u = 1,2 MD + 1,6 ML, \text{ jika kolom tidak langsing}$$

$$\text{atau } M_{max} = M_n, \text{ jika kolom langsing.}$$

$$r_{perlu} = 1/m \{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}\}$$

$$A_s = r_{perlu} \cdot b \cdot d \text{ dengan : } d = p_b - \frac{1}{2}D - D_s$$

$$D = \text{diameter tulangan pokok}$$

$$D_s = \text{diameter sengkang}$$

$$N = A_s / A_\phi \text{ dengan } A_\phi = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_{sb} = N \cdot A_\phi \text{ dengan } N \text{ untuk satu sisi}$$

$$r_b = A_{sb} / (b \cdot d)$$

Syarat : $0,01 < r_b < 0,04$ dan jika $r_b < 0,01$ maka jumlah tulangan diperbanyak.

Cara yang lain dalam menentukan jumlah tulangan dengan diagram interaksi (Gideon Kusuma)

c.4. Menentukan kapasitas tampang

$$\begin{aligned} C_b &= \epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_y) = 0,003 / (0,003 + (f_y / 200000)) \\ &= 600 / (600 + f_y) \cdot d \end{aligned}$$

$$a = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f'_{sb} = 600 \cdot (C_b - d') / C_b$$

Jika $f'_{sb} < f_y$, maka :

$$P_{nb} = (0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + (A'_s \cdot f'_{sb}) - (A_s \cdot f_y)$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}a) + A'_s \cdot f'_{sb} \cdot (\frac{1}{2}h - d') + A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2}h)$$

Jika $f'_{sb} \geq f_y$, maka :

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

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}a) + A'_s \cdot f_y \cdot (\frac{1}{2}h - d') + A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2}h)$$

$$\text{Tentukan } e_b = M_{nb} / P_{nb}$$

c.5. Menentukan jenis keruntuhan dengan rumus Whitney

Jika $e > e_b$, terjadi **keruntuhan tarik**

Dan jika $e < e_b$, terjadi **keruntuhan desak**

d. Kontrol tulangan

d.1. Kontrol jarak vertikal

$$y = h_k - 2 \cdot D_s - 2 \cdot D < 30 \text{ cm}$$

d.2. Kontrol jarak horisontal

$$x = (b - 2 \cdot p_b - 2 \cdot D_s - N \cdot D) / (N - 1) > 2,5 \text{ cm}$$

d.3. Desain sengkang

$$x_1 = h_k \text{ dan } x_2 = 16 \cdot D \text{ diambil yang 'x' terbesar sebagai jarak.}$$