BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton ringan menurut SNI: 03-3449-1994 merupakan beton dengan berat jenis dibawah 1860 kg/m3 dan kuat tekan di bawah 41,36 MPa.

Beton biasa merupakan campuran dari bahan yang cukup berat, dengan berat jenis 2400 kg/m3 dan dapat menghantarkan panas. Beton ringan dengan menggunakan agregat ringan biasanya dapat mengurangi sifat penghantar panasnya (Tjokrodimuljo, 1996).

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen *Portland*

Semen Portland terutama mengandung kalsium dan almunia silica dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO), dan lempung yang mengandung silica dioksida (SiO2) serta almunium oksida (Al2O3). Setelah melalui suatu proses industri, semen dipasarkan dalam bentuk bubuk dan dikemas dalam kantung.

Semen berfungsi sebagai bahan perekat untuk menyatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi. Semen akan berfungsi sebagai perekat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristlisasi dalam bentuk *interlocking-crystals* sehingga

membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras. Table 3.1 memperlihatkan kontribusi relatif massing-masing komponen semen dalam mencapai kekuatannya. Kekuatan awal semen *portland* semakin tinggi apabila semakin banyak persentase C3S. Jika perawatan kelembaban terus berlangsung, kekuatan akhirnya akan lebih besar apabila persentase C2S semakin besar. C3A mempunyai kontribusi terhadap kekuatan selama beberapa hari sesudah pengecoran beton karena bahan ini yang terdahulu mengalami hidrasi.

Tabel 3.1 Sifat-sifat semen

Komponen	Kelajuan reaksi	Pelepasan panas	Besar Penyemenan Batas
Trikalsium silikat C3S	Sedang	Sedang	Baik
Dikalsium silikat C2S	Lambat	Kecil	Baik
Trikalsium aluminat C3A	Cepat	Besar	Buruk
Tetrakalsium aluminoferrat C4AF	lambat	Kecil	Buruk

Sumber : Beton Bertulang, Edward G. Nawy (1990)

Jika semen *portland* dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawanya, banyaknya kapur yang dilepaskan ini sekitar 20 % dari berat semen. Kondisi terburuknya ialah mungkin terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini harus dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silica seperti pozolan. Mineral yang ditambahkan bereaksi dengan kapur bila ada uap membentuk bahan yang kuat, yaitu kalsium silikat.

Zat kapur adalah proporsi terbesar dalam pembentukan semen sehingga berperan menentukan sifat semen. Kelebihan zat kapur berdampak

kurang baik untuk semen, serta menyebabkan disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tapi tidak berlebihan cenderung memperlahan perkerasan tetapi menghasilkan semen yang lemah dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat.

Karena berbagai jenis semen menghasilkan panas yang berbeda-beda, juga dengan kelajuan pelepasan panas yang berbeda, maka sangat perlu dikaetahui untuk struktur apakah semen tersebut digunakan. Semakin besar dan berat penampang struktur beton, semakin sedikit panas hidrasi yang diinginkan.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% - 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Bentuk, teksture, dan gradasi agregat mempengaruhi sifat pengikatan dan pengerasan beton segar. Untuk mencapai kuat beton baik, perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan semakin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Sedangkan sifat fisik, kimia, dan mineral mempengaruhi kekuatan, kekerasan dan ketahanan dari beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

Maksud penggunaan agregat di dalam campuran beton adalah :

a) Menghemat penggunaan semen *portland*.
b) Menghasilkan beton dengan kekuatan besar.
c) Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.
d) Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton padat.

e) Sifat mudah dikerjakan (*workabilitas*) dapat diperiksa pada adukan beton dengan gradasi yang baik.

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak presentase agregat dalam campuraan akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut (Edward G. Nawy, 1990). Sifat yang terpenting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang mempunyai pengaruh terhadap ikatan dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap penyusutan. Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Kardiyono, 1996).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Secara umum, air yang dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air

suling. Air yang mengandung kotoran akan memperlambat waktu ikatan awal adukan beton dan mengakibatkan lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan daya tahannya menurun (Triono Budi Astanto, 2001). Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

a) Tidak mengandung lumur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter,
b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
c) Tidak mengandung khlorida (CI) lebih dari 0,5 gram/liter,
d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
   (Kardiyono, 1996) .

3.2.4 Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen merupakan rasio perbandingan antara berat air dengan berat semen. Semakin rendah perbandingan air dengan semen, semakin tinggi kuat tekan beton. Kenaikan fas mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya dan cuaca, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan kuat desak.

Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5X}} \quad \text{.....(3.1)}$$

dengan: $f'c$ = Kuat tekan beton
x = fas (semula dalam proporsi volume)
A,B = Konstanta

Dengan demikian, hubungan antara air-semen (fas) adalah semakin besar faktor air semennya maka akan semakin rendah kuat tekan betonnya. Jika dilihat dari persamaan di atas, semakin kecil factor air semennya maka semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan

menyulitkan dalam proses pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat (Tjokrodimulyo 1995).

3.3 Daya Lekat Bambu Pada Beton

Pemakaian bambu sebagai tulangan pengganti baja dinilai cukup layak, minimal untuk struktur ringan dan sedang. Permasalahannya adalah, bambu merupakan jenis kayu yang bersifat higroskopis yang kembang susutnya cukup besar. Akibat menyusut, lekatannya dengan beton menjadi sangat berkurang sehingga berakibat pada daya dukung struktur yang tentunya menjadi menurun.

Menurut Fang dan Metha 1978, (dalam Situmorang, 2003) interaksi yang saling mempengaruhi antara bambu dengan pasta semen pada beton

a. Tahap pertama, adalah pengerasan awal dimana beton yang mulai mengeras dan sebagian air pada bambu diserap oleh beton. Proses penyerapan ini mengakibatkan penyusutan pada tulangan bambu, sehingga ikatan antara bambu dengan beton tersebut menjadi longgar.
b. Tahap kedua, adalah tahap akhir dimana pasta semen sudah mengeras dan beton tidak dapat menyerap air lagi sehingga bambu akan menyusut, proses ini menimbulkan rongga-rongga udara disekeliling tulangan bambu dan pasta semen yang berpengaruh terhadap daya lekat bambu.

Menurut penelitian Siregar (2001), membuktikan bahwa pemberian lapisan vernis pada tulangan bambu dapat memperbaiki kuat lekat sampai 7,53% pada umur 28 hari. Cara pemilinan tulangan bambu menjadi satu untaian (seperti tali tampar) juga dapat menambah kuat lekat tulangan karena dapat menambah bidang lekat akibat adanya tekukan-tekukan antar untaian. Kedua cara tersebut diharapkan dapat memperbaiki kuat lekat tulangan bambu dan meningkatkan kinerjanya dalam mempertinggi daya dukung struktur.

3.4 Tegangan Lentur

Pada umumnya balok merupakan bagian konstruksi bangunan yang digunakan untuk mengalihkan beban-beban vertikal menjalar ke arah horizontal yang menimbulkan lentur, dan mengakibatkan balok mengalami lendutan, yang akhirnya akan menyebabkan timbulnya tegangan lentur pada penampang balok. Persamaan yang dipakai untuk mengetahui tegangan lentur adalah sebagai berikut :

$$\sigma maks = \frac{M.y}{I} \quad \text{.....(3.2)}$$

$\sigma maks$ = Kuat lentur benda uji (MPa)

M = momen maksimum yang terjadi pada balok (Nmm)

I = momen inersia pada penampang (mm^4)

y = jarak dari sumbu netral ke tegangan normal (mm)

Pengujian dimana patahnya benda uji ada didaerah 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan :

$$M = \frac{1}{6}.P.L + \frac{1}{8}.q.L^2 \quad \text{.....(3.3)}$$

$$y = \frac{1}{2}H \quad \text{.....(3.4)}$$

$$I = \frac{1}{12}B.H^3 \quad \text{.....(3.5)}$$

Dengan mensubtitusikan ketiga persamaan diatas maka didapatkan persamaan tegangan lentur maksimum menjadi :

$$\sigma maks = \frac{P.L + \frac{3}{4}.q.L^2}{B.H^2} \quad \text{.....(3.6)}$$

Dengan :

P = beban tertinggi yang ditunjukan mesin penguji (N)

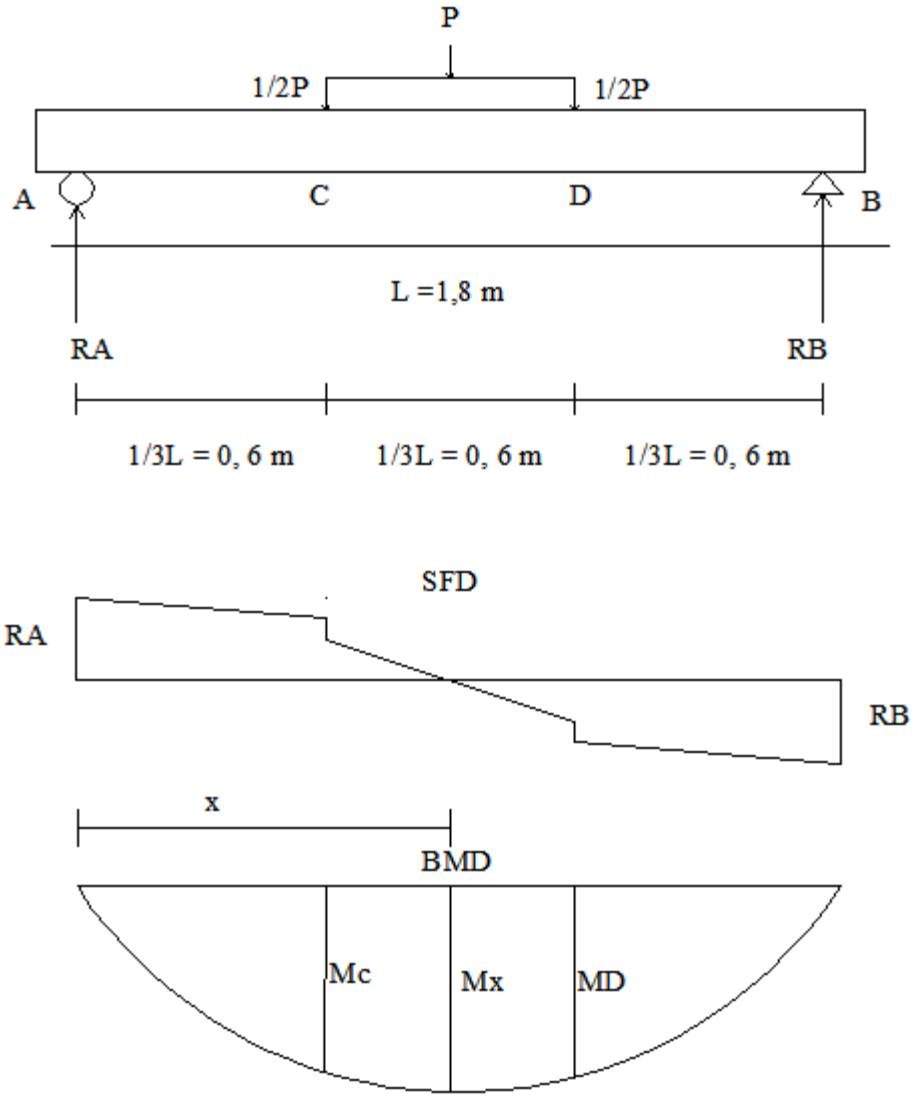
q = beban terbagi merata atau berat sendiri yang dipikul balok (N/mm)

L = panjang bentang pada perletakan balok (mm)

B = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

H = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

Untuk lebih lengkap pengujiannya, rencana perletakan pada penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Rencana Perletakan Benda Uji

3.5 Momen Retak

Momen retak merupakan momen yang terjadi pada saat retak pertama pada balok beton, dimana belum ada andil dari tulangan dalam menerima beban yang ditangung oleh balok dan berat balok itu sendiri.

Momen retak secara teoritis berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.2.3, momen retak balok ditentukan dengan persamaan :

$$M_{cr} = \frac{f_r . I_g}{y_t} \quad \text{.....(3.7)}$$

dan untuk beton normal,

$$f_r = 0{,}7\sqrt{f_c'} \quad \text{.....(3.8)}$$

Dengan :

M_{cr} = momen retak, N-m
f_r = modulus keruntuhan lentur beton, MPa
fc' = mutu beton, MPa
I_g = momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya, dengan mengabaikan tulangan, mm^4
y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, ke serat tarik terluar (mm).

3.6 Metode Perancangan Campuran Beton

Dalam penelitian ini metode perancangan campuran beton menggunakan metode DOE (*Department Of Environment*) atau lebih dikenal cara inggris. Perencanaan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuay dalam buku SK SNI T-15-1990-03. Dalam perencanaan cara ini digunakan tabel-tabel dan grafik.

3.7 Kapasitas Lentur Balok Persegi Dan Metode Perencanaan Kekuatan

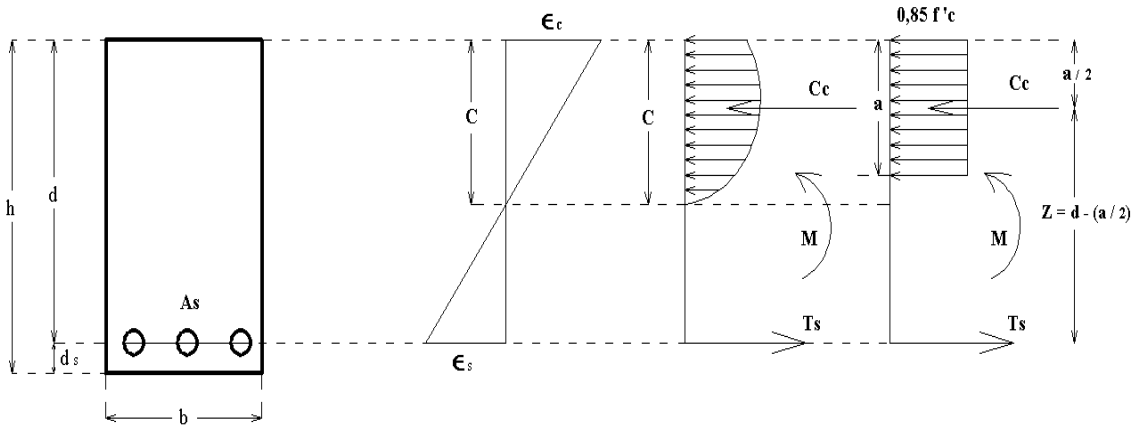
Suatu balok yang dibebani oleh beban gravitasi, akan menyebabkan balok melentur. Akibat lentur (flexure) maka akan terjadi perlawanan oleh kekuatan bahan yang ditunjukan oleh kopel gaya desak C dan gaya tarik T sebagai mana tampak pada gambar 3.2 pada dasarnya distribusi tegangan desak beton adalah non-linier, Kesulitan pertama adalah dalam menentukan besarnya gaya desak beton Cc, karena tegangan desak beton bervariasi mulai dari nol di garis netral (n.a) sampai tegangan desak maksimum. Oleh karena itu, untuk mempermudah hitungan *Whitney* pada tahun 1930 melakukan penyederhanaan balok tegangan desak beton non-linier menjadi balok tegangan desak terbagi rata atau sama berupa blok persegi yang seterusnya dinamakan "*equivalent concrete stress block Whitney*" (1930).

Apabila kekuatan tarik beton telah terlampaui, maka beton mengalami retak rambut. Oleh karena itu beton tidak dapat meneruskan gaya tarik pada daerah retak, sehingga seluruh gaya tarik yang timbul ditahan oleh baja tulangan. Pada kondisi tersebut, distribusi tegangan beton tekan masih dianggap sebanding dengan nilai regangannya.

Distribusi regangan dan tegangan pada batas beton dan baja tulangan mencapai luluh, yaitu disaat balok beton mengalami kehancuran. Pada tahap kapasitas ultimit atau terlampauinya kapasitas batas kuat beton ini merupakan proses yang tidak dapat terulang. Untuk memperhitungkan terjadinya keadaan ultimit, digunakan faktor reduksi dengan angka aman. Hal ini serupa dengan sistem pembebanan, yakni beban kerja (*service load*) yang diperbesar dengan suatu beban yang disebut beban berfaktor (*factor load*). Dari analisa keseimbangan statis dan kesesuian tegangan yang tidak linier pada suatu penampang elemen struktur didapat suatu kuat teoritis atau kuat nominal (*nominal strength*). Suatu faktor reduksi Φ yang dikalikan dengan nilai kuat nominal tersebut akan menghasilkan kuat rencana (*design strength*).

Berdasarkan penjelasan yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dilakukan perhitungan regangan, tegangan maupun gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang menahan momen batas, yakni momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat balok hancur. Momen ini menggambarkan kekuatan dan lazim disebut kuat lentur ultimit balok.

Kuat lentur nominal adalah nilai maksimum yang diperoleh dari gaya-gaya dalam Cc (resultante gaya tekan - dalam) dan T (resultante gaya tarik - dalam) yang membentuk suatu kopel momen tahanan dalam dengan jarak $Z = d - a/2$, dengan d adalah tinggi efektif balok seperti terlihat dalam Gambar 3.2 dibawah ini.



a. Potongan balok b. Diagram regangan c. Kopel momen d. Blok tegangan whitney

Gambar 3.2. Distribusi tegangan persegi ekivalen dari Whithney

Gambar 3.2.a adalah gambar potongan balok persegi dengan tulangan sebelah, dengan luas tulangan As. Gambar 3.2.b adalah diagram regangan, dengan regangan desak ultimit beton εc' dan regangan baja tarik εs. Distribusi tegangan desak beton yang berbangun parabolic kemudian disederhanakan menjadi ekivalent blok tegangan persegi dengan tegangan maksimum sebesar 0,85f'c seperti tampak pada gambar 3.2.d.

Keseimbangan gaya-gaya pada potongan balok,

$$Cc = Ts \quad \text{.....(3.9)}$$

Gaya desak beton Cc adalah volume tegangan desak sehingga persamaan untuk gaya desak beton adalah

$$Cc = (0{,}85f'c.a).b \quad \text{..... (3.10)}$$

Gaya tarik tulangan adalah perkalian antara luasan tulangan dengan tegangan leleh baja sehingga

$$Ts = As.fy \quad \text{.....(3.11)}$$

Tebal beton desak, didapat dari keseimbangan gaya-gaya dalam yaitu dengan mensubstitusikan persamaan 3.10 dan 3.11 kedalam persamaan 3.9 sehingga

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

$$a = \frac{A_s . f_y}{0{,}85 . f_c^{'} . b} \quad \text{.....(3.12)}$$

Hubungan antara tebal beton desak, dengan jarak antara tepi beton desak ke garis netral c, adalah

$a = \beta_1.c$

$c = a/\beta_1$

Nilai β_1 adalah konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton. Menurut SK SNI T-15-1991-03

Untuk $f'c < 30$ MPa dipakai $\beta_1 = 0{,}85$
Untuk $f'c < 30$ MPa dipakai $\beta_1 = 0{,}85 - 0{,}008\ (f'c - 30) > 0{,}65$

Setelah nilai a diperoleh, maka momen yang dapat dikerahkan oleh potongan balok adalah,

$Mn = Cc\ (d - a/2)$

$= 0{,}85f'c.a.b\ (d - a/2)$

3.8 Kuat geser beton pada balok

Semua komponen struktur, baik struktur baja maupun struktur beton-bertulang akan menerima gaya geser yang disebabkan oleh beban-beban yang bekerja. Umumnya gaya geser tidak bekerja sendiri, tetapi merupakan kombinasi dengan lentur, torsi, atau gaya normal oleh karena itu, pemahaman setiap interaksi gaya geser dengan gaya-gaya lainnya sangat penting terutama pada struktur beton bertulang.

Untuk memastikan bahwa balok itu aman atas geser yang terjadi, maka :

$Vu \leq \Phi.Vn$ karena $Vn = Vc + Vs$

maka $Vu \leq \Phi.Vc + \Phi.Vs$

Dimana, Vs = kuat geser nominal baja tulangan geser

Apabila gaya geser terfaktor yang bekerja :

a. Vu ≤ Φ.Vc , tidak diperlukan tulangan geser karena beton mampu menahan geser yang bekerja, sedang bila

b. Vu > Φ.Vc tetapi Vu ≤ Φ.Vc + Φ.Vs, maka diperlukan penyediaan baja tulangan geser untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal, sehingga mampu mencegah bukaan retak lebih lanjut, dan jika

c. Vu > Φ.Vc + Φ.Vs , maka penampang dengan tulangan geser tidak mampu memikul gaya geser yang bekerja, sehingga dimensi penampang harus diperbesar.

Untuk komponen struktur yang menahan geser dan lentur, besarnya kapasitas / kemampuan beton (tanpa tulangan geser) untuk menahan geser, agar dapat mengetahui kuat geser yang terjadi pada balok tersebut menurut SK SNI T-15-1991-03 :

Tegangan geser itu sendiri diwakili dengan rumus :

$$vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \quad \text{.....(3.13)}$$

Serta kuat geser itu sendiri dapat diketahui dengan :

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw.d \quad \text{.....(3.14)}$$

Keterangan ;

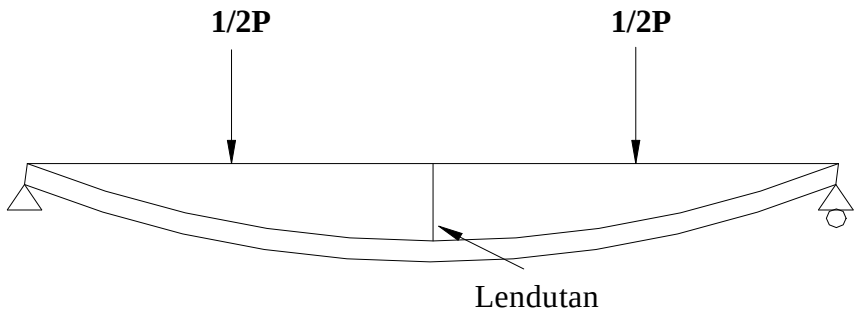
vc = tegangan geser
Vc = kuat geser nominal beton
fc' = kuat desak beton (MPa)
bw = lebar tampang pada balok (mm)
d = tinggi efektif balok (mm)
Vn = kuat geser nominal

Φ = faktor reduksi kekuatan untuk geser = 0,6

Vu = gaya geser terfaktor

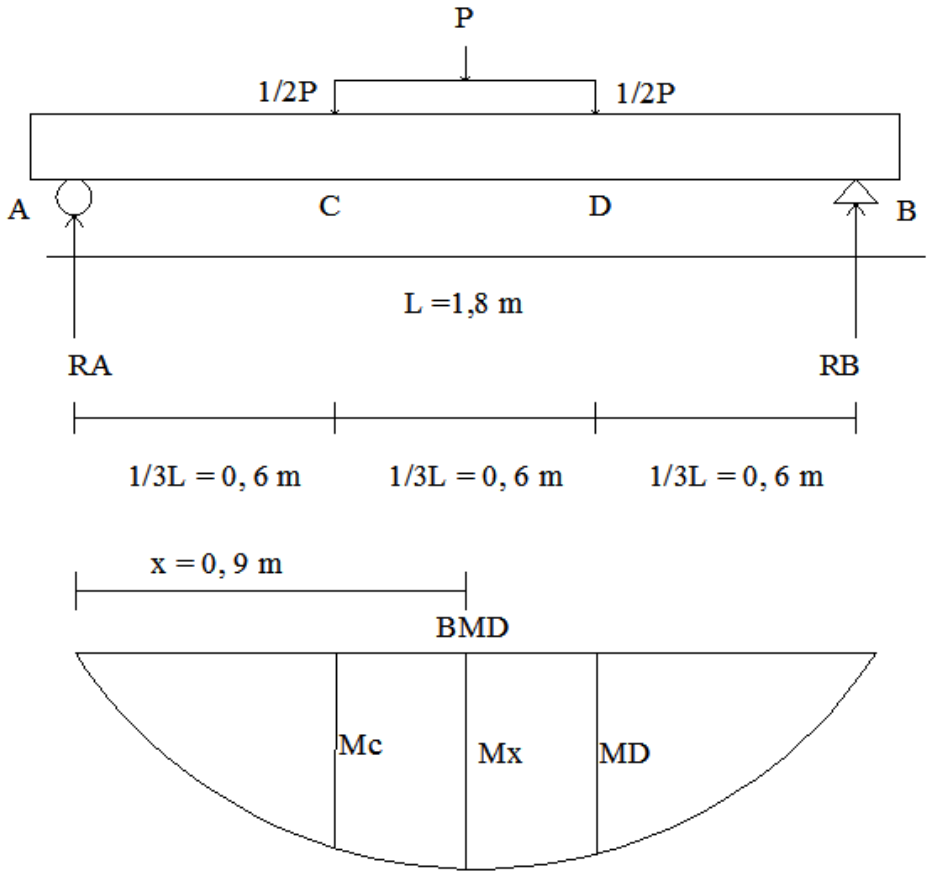
3.9 Hubungan Beban dan Lendutan

Apabila suatu beban menyebabkan timbulnya lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan seperti terlihat pada gambar 3.3 meskipun sudah dicek aman terhadap lentur dan geser, suatu balok bisa tidak layak apabila terlalu fleksibel. Dengan demikian tinjauan defleksi balok merupakan salah satu bagian dari proses desain (Spiegel dan linbrunner, 1991).



Gambar 3.3 Lendutan balok

Menurut Dipohusodo (1996), lendutan komponen struktur merupakan fungsi dari panjang batang, perletakan dan kondisi ujung batang (batang sederhana, menerus atau jepit), jenis beban (terpusat,merata) dan kekakuan lentur komponen (EI).



Gambar 3.4 Momen pada tampang memanjang balok

Dari persamaan umum lendutan maksimum ymax Mekanika Bahan Edisi Keempat, J.M. Gere & S.P. Timoshenko - Structural Engineer's Pocket Book, F. Cobb untuk perhitungan beban terbagi merata dan beban 2 titik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{ymax} = \frac{5\times(q\times L^4)}{384\times E\times I} + \frac{(0{,}5)P}{E\times I}\left(\frac{L^2}{8} - \frac{a^2}{6}\right) \quad \text{.....(3.15)}$$

Keterangan :

q = beban terbagi rata (N/mm)

L = panjang bentang (mm)

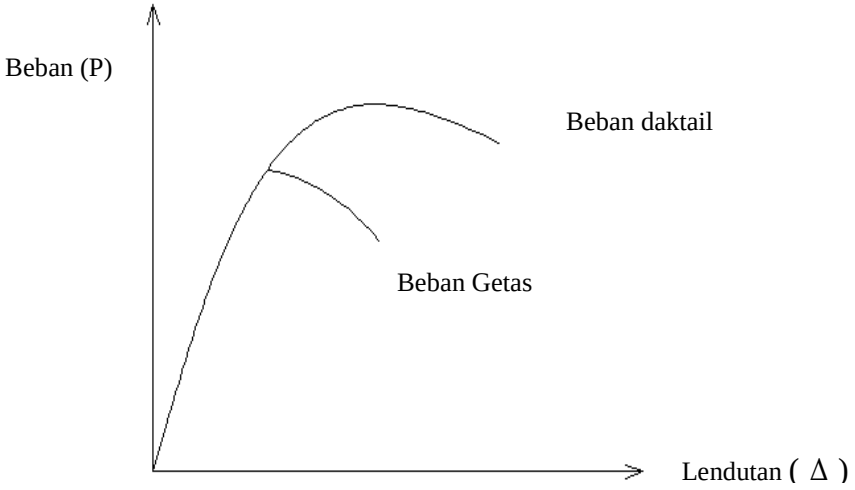
E = modulus elastisitas beton (MPa)

I = momen inersia (mm^4)

a = panjang 1/3 bentang

P = beban terpusat (N)

Park dan Paulay (1975) mengemukakan hubungan beban dan lendutan akibat beban seperti ditunjukan pada gambar 3.5

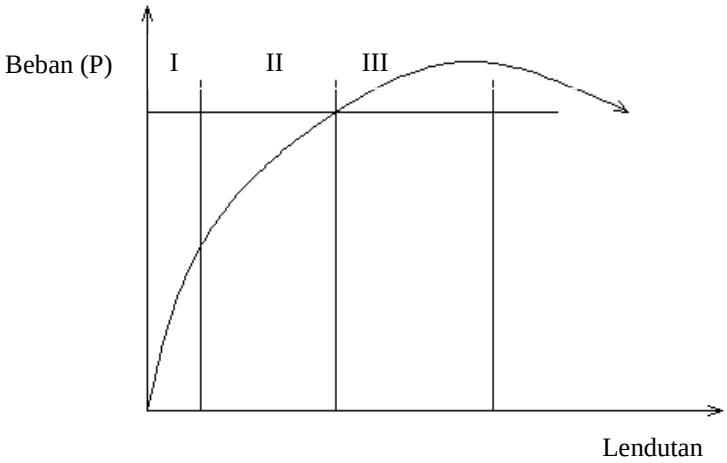


Gambar 3.5 hubungan beban dan lendutan

Dari hubungan antara beban (P) dan lendutan (Δ) pada gambar 3.5 didapat kekakuan balok (k) sebagai berikut :

$$K = \frac{P}{\Delta}$$

Hubungan beban-lendutan balok beton bertulang pada dasarnya dapat diidialisasikan menjadi bentuk trilinier seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Grafik hubungan beban-lendutan pada balok

Daerah I : taraf praretak, (batang-batang structural bebas retak)

Daerah II : taraf pascaretak, (batang-batang structural mengalami retak-retak terkontrol yang masih dapat diterima,baik distribusinya maupun lebarnya).

Daerah III : taraf pasca-servicebility, (tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya)

3.10 Kuat Tarik Bambu

Kuat tarik atau keteguhan tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya, yang cenderung menyebabkan bambu itu putus (Pathurahman, 1998).

$$\sigma \text{ maks} = \frac{Pmaks}{A} \quad \text{.....(3.16)}$$

dengan:

σ maks = kekuatan/tegangan tarik pada batas maksimum (kg/cm^2)

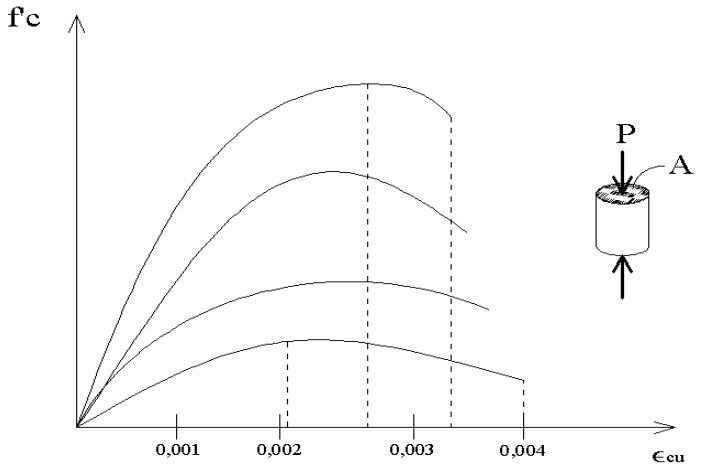
A = luas penampang melintang pada bagian paling kecil di tengah-tengah batang benda uji (cm^2)

P maks = beban tarik maksimum (kg).

Janssen (1980) menyatakan bahwa kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kadar air, kekuatan tarik maksimum bagian luar bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain. Di dalam internodia sel-selnya berorientasi kearah sumbu aksial, sedang pada nodia sel-selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu bagian batang yang bernodia mempunyai kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah daripada bagian batang yang tidak bernodia.

3.11 Hubungan Tegangan – Regangan

Beton adalah suatu bahan yang sangat bervariasi, mempunyai perkisaran luas dari kekuatan dan kurve tegangan-regangan. Sebuah kurve dari beberapa percobaan kuat tekan beton dengan berbagai tipe kuat tekan beton ditunjukan oleh diagram hubungan tegangan-regangan saat beban dipasang, terlihat hampir semua diagram perbandingan antara tegangan-regangan menunjukan bahwa mula-mula diagram hampir linier dan prilaku beton hampir seperti suatu bahan yang elastic dengan benar-benar pemulihan kembali perubahan bentuk seutuhnya apabila beban ditiadakan. Selanjutnya kurve tidak linier lebih jauh lagi dan prilaku beton menjadi suatu bahan yang bersifat plastis. Apabila beban ditiadakan pada tahap plastis ini, pemulihan kembali tidak akan sempurna lebih jauh lagi dan akan tertinggal suatu deformasi permanen. Gambar 3.7 juga menunjukan bahwa pada tipikan diagram tegangan akan bersifat semakin tinggi f'c, regangan pada tegangan maks ε_{co} akan semakin besar dan semakin tinggi f'c menyebabkan regangan desak beton ultimit, ε_{cu} akan semakin kecil. Dari beberapa penelitian nilai ε_{co} berkisar antara 0,0015-0,0025 sedangkan nilai ε_{cu} berkisar antara 0,003-0,008. Namun demikian, nilai ε_{cu} yang dipakai sebagai dasar hitungan umumnya antara 0,003-0,004.



Gambar 3.7 Hubungan tegangan-regangan pada beton