

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Bertulang

Beton didapat dari pencampuran dari bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambah bahan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna sebagai keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar disebut sebagai bahan susun campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pencoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya. (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Agregat biasanya menempati sekitar 75% dari isi total beton, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Oleh karena agregat lebih murah dari semen, maka adalah logis untuk menggunakan dengan prosentasi yang setinggi mungkin. Umumnya untuk kekuatan yang maksimum, ketahanan dan ekonomis, agregat harus dipak dan disemen sepadat mungkin. Dengan demikian agregat biasanya diatur

tingkatannya dengan ukuran dan suatu campuran yang layak telah menyatakan prosentase dari agregat yang halus dan yang kasar. (Chu-Kia Wang, 1993).

Dalam SNI T-15-1993-03 agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan dalam dua bagian yaitu agregat halus diameter 0 – 5 mm, disebut pasir dan Agregat kasar diameter ≥ 5 mm, biasanya berukuran antara 5 mm meter hingga 40 mm disebut kerikil.

Kekuatan beton dipengaruhi oleh kualitas agregat, proporsi campuran serta kebersihan air dan agregatnya. Oleh karena itu, selain harus memiliki kekuatan dan daya tahan baik, butir agregat disyaratkan harus bersih dari lumpur atau material organis lainnya yang dapat mengurangi kekuatan beton. Diameter lumpur atau material organis ini adalah kurang dari 0,063 mm. Bila banyaknya lumpur atau material organis yang dikandung dalam agregat lebih dari 1% berat kering, agregat tersebut harus dicuci.

Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi kimia dengan air, disebut hidrasi, sehingga membentuk material batu padat. Pada umumnya, semen untuk bahan bangunan adalah tipe semen *Portland* tipe I, II, III, V.

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pencoran, tetapi kekuatan hancur beton menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam rasio air-semen (*water cement rasio*), yaitu angka yang

membandingkan antara air (kg) dibagi berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan sangat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu menahan kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja bertugas memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan. Komponen struktur beton dengan kerjasama seperti itu disebut sebagai beton bertulangan baja atau lazim disebut beton bertulang saja. Dalam perkembangannya didasarkan pada tujuan peningkatan kemampuan kekuatan komponen, sering juga dijumpai beton dan tulangan baja bersama-sama ditempatkan pada bagian struktur pada keduanya menahan gaya tekan. (Istimawan Dipohusodo, 1994).

3.1.1 Baja Tulangan

Penempatan *rebar* atau baja tulangan didalam suatu penampang beton terutama untuk menahan gaya tarik yang bekerja pada penampang tersebut. Ada dua jenis baja tulangan, yaitu tulangan polos (*plain bar*) dan tulangan ulir (*deformed bar*). Sebagian besar tulangan yang ada di Indonesia adalah produksi Krakatau Stell, yang umumnya berupa tulangan polos untuk baja lunak dan tulangan ulir untuk baja keras.

Kekuatan tarik beton besarnya hanya kira-kira 10 persen dari kekuatan tekan. Oleh karena itu hampir semua konstruksi beton bertulang direncanakan dengan anggapan bahwa beton sama sekali tidak memikul gaya tarik. Tulanganlah yang direncanakan memikul gaya tarik tersebut, yang dipindahkan oleh pelekatan diantara bidang singgung dari kedua bahan tersebut. Apabila pelekatan ini tidak mencukupi, batang baja tulangan akan tergelincir didalam beton dan disitu tidak akan terjadi aksi komposit. Disamping itu ditempat dimana terjadi tarikan mungkin akan retak-retak pada beton. Akan tetapi retak-retak ini tidak mengurangi keamanan konstruksi yang diperlengkapi dengan pelekatan tulangan yang baik untuk menjamin bahwa retak-retak tersebut tertahan tidak menganga sehingga baja yang terbungkus tetap terlindungi terhadap korosi. (Mosley, 1989).

Tulangan merupakan material yang berkekuatan tinggi. Baja penguat atau baja tulangan memikul tarik maupun tekan, kekuatan lelehnya kurang lebih sepuluh kali dari kekuatan tekan struktur beton yang umum, atau seratus kali dari kekuatan tarik beton, (Winter, 1993)

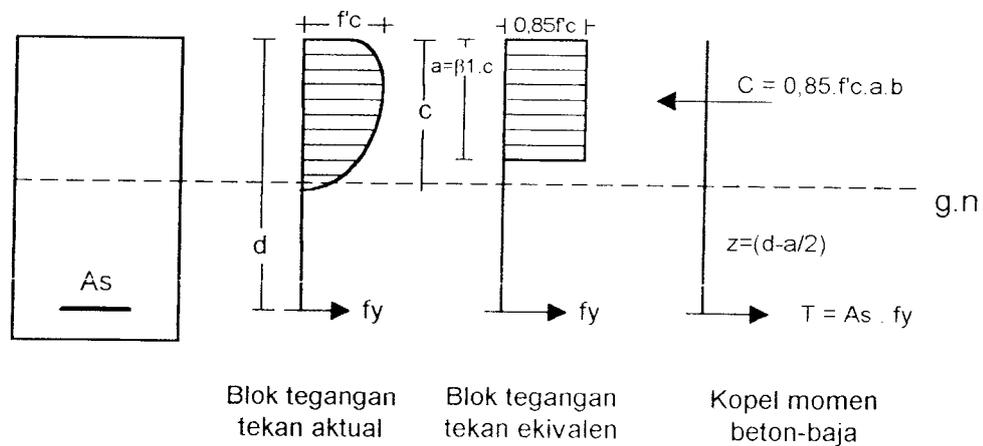
3.1.2 Kuat Lentur Balok Persegi

Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar, Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya atau bertambahnya retak lentur disepanjang bentang balok. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas elemen. Tarap pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Karena itulah perencana harus

mendisain penampang elemen balok sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada saat beban kerja, dan masih mempunyai keamanan yang cukup dan kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan. (Edward G. Nawy, 1990).

Pada setiap penampang terdapat gaya-gaya dalam yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang saling tegak lurus dan menyinggung terhadap penampang tersebut. Komponen-komponen yang tegak lurus terhadap penampang tersebut merupakan tegangan-tegangan lentur (tarik pada satu sisi pada sumbu netral dan tekan pada sisi lainnya). Komponen-komponen yang menyinggung penampang dikenal sebagai tegangan-tegangan geser, dan komponen-komponen tersebut disebut gaya geser atau transversal. (Goerge Winter, 1993).

Kuat lentur balok tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-tegangan dalam yang timbul dalam balok pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam. Seperti terlihat pada gambar 3.1, C adalah resultante gaya tekan dalam, merupakan resultante seluruh gaya tekan pada daerah diatas garis netral, sedangkan T adalah resultante gaya tarik dalam, merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah dibawah garis netral. Kedua gaya ini arah garis kerjanya sejajar, sama besar tetapi berlawanan arah, dan dipisahkan dengan jarak sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam, dimana nilai maksimum disebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.



Gambar 3.1 Blok tegangan *Ekuivalen Whitney*. (Istimawan Dipohusudo, 1994)

3.2 Perilaku Lentur Pada Pembebanan

Beton murni (tanpa tulangan) tidak efisien sebagai batang-batang lentur karena kekuatan tarik pada lentur adalah sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Sebagai akibatnya, beton tersebut mengalami kegagalan pada sisi tariknya pada pembebanan yang rendah, jauh sebelum kekuatan beton pada sisi tekan dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Berdasarkan hal ini, maka dipakai tulangan yang ditempatkan pada sisi tarik didekat serat paling luar, namun tulangan tersebut masih mendapat perlindungan yang cukup baik terhadap api dan karat. Pada balok beton bertulang, tarik yang disebabkan oleh momen lentur terutama sekali dipikul oleh tulangan, sedang beton biasanya hanya dapat memikul tekan yang terjadi. Aksi komposit dari dua material tersebut hanya dapat berjalan dengan baik apabila bisa dicegah terjadinya slip antara beton dan tulangan. Hal ini bisa dicapai antara lain dengan memakai tulangan ulir yang mempunyai daya lekat yang tinggi pada permukaan tulangan beton.

Apabila pembebanan pada balok tersebut ditambah secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai mencapai suatu harga yang dapat menyebabkan hancurnya balok, maka dapat dibedakan dengan jelas adanya beberapa tingkat perilaku yang berbeda.

Pada pembebanan yang kecil, selama tegangan tarik maksimum beton lebih kecil dari modulus kehancuran, maka seluruh beton dapat dikatakan efektif dalam memikul tegangan, tekan pada satu sisi dan tarik pada sisi yang lain. Tulangan juga mengalami deformasi yang sama seperti beton dan mengalami tegangan tarik.

Apabila beban ditambah terus, maka kekuatan tarik beton akan segera tercapai, dan pada tingkatan ini mulai tercapai retak-retak akibat tarik. Retak-retak ini akan menjalar cepat keatas dan bergeser diikuti menjalarnya retak-retak. Retak-retak ini, cukup banyak mempengaruhi perilaku balok yang mengalami pembebanan. Sesungguhnya, pada suatu penampang retak, yaitu suatu penampang yang terletak pada tempat terjadinya retak, beton tidak menyalurkan tegangan-tegangan tarik, dengan demikian seperti juga pada batang-batang tarik maka tulanganlah yang harus memikul semua tarik yang terjadi.

Apabila dipakai jumlah tulangan yang relatif sedikit (*Underreinforced*) pada suatu besar pembebanan tertentu, tulangan akan mencapai tegangan leleh. Pada besar tegangan tersebut tulangan akan meleleh secara tiba-tiba dan akan mengalami deformasi yang besar, dan retak-retak akibat tarik pada beton akan melebar sehingga menjalar keatas, 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 tekan sekunder terjadi pada besar pembebanan yang sedikit lebih besar dari beban yang menyebabkan tulangan meleleh. Dengan demikian, secara efektif tercapainya tegangan leleh berlangsung secara berangsur-angsur dan didahului dengan tanda-tanda yang cukup jelas, seperti melebar dan memanjangnya retak, dan tanda-tanda yang menunjukkan besarnya lendutan yang terjadi.

Sebaliknya apabila dipakai jumlah tulangan yang banyak (*Overreinforced*) atau jumlah tulangan yang normal dari tulangan yang mempunyai kekuatan tinggi, maka kekuatan beton akan dicapai sebelum tulangan mulai meleleh. Beton mengalami regangan yang terjadi menjadi sangat besar sehingga dapat merusak keutuhan beton. (winter, 1993).

3.3 Batasan Daktilitas Suatu Tampang Balok

Pada suatu kondisi balok menahan beban sedemikian sehingga regangan lentur beton maksimum (ϵ_c' max) mencapai harga $\epsilon_c = 0.003$ bersamaan dengan dicapainya regangan luluh baja $\epsilon_s = f_y / E_s$ yang berarti juga tegangan luluhnya. Hal demikian, penampang dinamakan mencapai keadaan berimbang (gambar 3.2. b).

Apabila luas tulangan baja tarik yang ada (A_s) lebih besar dari luas baja tulangan tarik untuk mencapai keadaan berimbang (A_{sb}), maka keseimbangan dari gaya dalam $C = T$ akan mengakibatkan kedalaman blok tegangan tekan ekuivalen α naik (membesar). Dengan naiknya nilai α akan naik pula nilai C melampaui C_b (jarak garis netral dari serat tepi tekan untuk mencapai keseimbangan regangan), sehingga regangan tarik baja ϵ_s lebih kecil dari regangan luluh baja ϵ_{ys} saat $\epsilon_{cu} =$

0,003, atau dengan kata lain bahwa beton mendahului mencapai regangan maksimum $\varepsilon_{cu} = 0,003$ sebelum tulangan baja tarik luluh (gambar 3.2 c). Keadaan demikian akan mengakibatkan getas, yakni kehancuran mendadak yang tidak diawali tanda-tanda melunahnya elemen struktur tersebut.

Kondisi yang lain, yakni A_s lebih kecil dari A_{sb} . Kondisi ini mengakibatkan T mengecil, sehingga keseimbangan gaya dalam akan mengurangi ketinggian atau kedalaman blok tegangan tekan ekuivalen a dan $C_c < C_b$ yang akan memberikan nilai $\varepsilon_s < \varepsilon_y$ sebelum regangan tekan beton mencapai nilai $\varepsilon_{cu} = 0,003$. Keadaan demikian akan memberikan kehancuran liat atau kehancuran daktail, yakni kehancuran yang diawali dengan melendutnya elemen struktur tersebut (gambar 3.2 a)

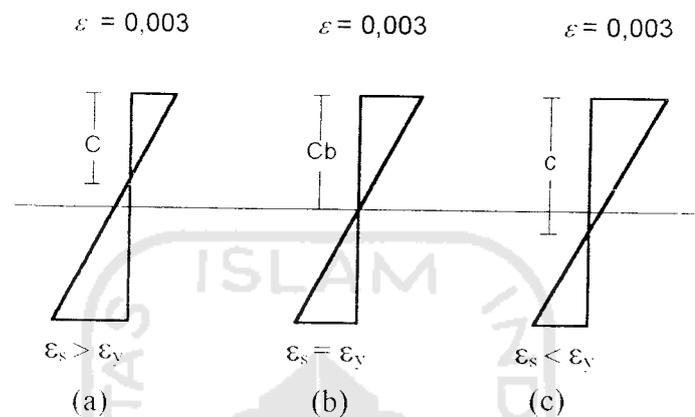
Dua macam kehancuran diatas, adalah kehancuran yang diawali dengan melendutnya elemen struktur (hancur liat atau hancur daktail), dan kehancuran getas yakni kehancuran mendadak tanpa diawali dengan tanda-tanda melendutnya elemen struktur. Untuk menjamin pola kehancuran yang daktail atau liat maka SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3 dan *ACI Building CODE* pasal 10.3.3 membatasi jumlah tulangan tarik A_s tidak boleh melebihi 0,75 dari jumlah baja tarik untuk mencapai keseimbangan regangan A_{sb} .

$$A_s \leq A_s \text{ max dengan } A_s \text{ max} = 0,75 A_{sb} \quad (3.1)$$

Rasio penulangan maksimum $\rho \text{ max} = 0,75 \rho_b$

Persyaratan ini sekaligus sebagai batasan dari daktailitas minimum yang disarankan, atau merupakan level terendah dari daktailitas yang disarankan oleh

kedua standard tersebut. Selain dari daktilitas yang disyaratkan oleh SK SNI T-15-1991-03 dan *ACI Building CODE*, persyaratan lain yang harus dipenuhi dalam mengacu pada sifat kelayanan (*serviceability*) adalah membatasi lendutan yang berlebihan.



Gambar 3.2 Distribusi regangan saat runtuh

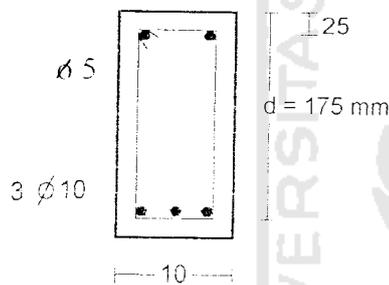
- (a). Keruntuhan tarik.
- (b). Keruntuhanimbang.
- (c). Keruntuhan tekan.

3.4 Perencanaan Balok Terlentur Bertulangan Sebelah

Dalam proses perencanaan balok persegi penampang terlentur untuk f_y dan f_c' tertentu, yang harus ditetapkan lebih lanjut adalah dimensi lebar balok, tinggi balok dan luas penampang tulangan. Perlu diketahui bahwa tiga besaran perencanaan tersebut didapatkan banyak sekali kemungkinan kombinasi antar ketiganya yang dapat memenuhi kebutuhan kapasitas momen (M_R) Untuk penggunaan tertentu. Secara teoritis dapat dikatakan bahwa balok lebar tetapi pendek kemungkinan mempunyai M_R yang sama dengan balok sempit tapi tinggi.

Perhitungan benda uji yang dipakai pada penelitian ini adalah balok persegi dengan lebar (b) = 100 mm, tinggi efektif (d) = 175 mm dan panjang (L) = 2000 mm. Dari hasil pengujian kuat tarik baja tulangan didapat tegangan luluh rata-rata = 3452,35 kg/cm² (dikonversikan menjadi f_y = 345,235 MPa), dan mutu beton f_c' = 17,5 MPa. Perencanaan didasarkan pada tulangan sebelah. Perhitungan momen nominal dan beban yang mampu ditahan oleh balok dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. *Underreinforced.*



$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{235,619}{100 \times 175} = 0,0135$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1 600}{f_y (600 + f_y)} = \frac{0,85 \times 17,5 \times 0,85 \times 600}{345,235 (600 + 345,235)} = 0,0233$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0174$$

$\rho = 0,0135 < \rho_{\max}$, maka keruntuhan diawali oleh pelepasan tulangan tarik.

$$\text{Tinggi blok tekan } a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{235,619 \cdot 345,235}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 100} = 54,685 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 f_c' ab \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 17,5 \times 54,685 \times 100 \left(175 - \frac{54,685}{2} \right) \\ &= 12,0111 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_R = \phi M_n = 0,8 \cdot 12,0111 = 9,6089 \text{ kNm}$$

$$M_R = M_U = \frac{1}{2} P_U \cdot 0,67 + \frac{1}{8} W_U \cdot L^2$$

dengan,

$$W_D = 100.200.10^{-6}.24 = 0,48 \frac{KN}{m}$$

$$W_L = 1,2.0,48 = 0,576 \frac{KN}{m}$$

$$9,6089 = 0,5.Pu.0,67 + \frac{0,576}{8}.2^2$$

$$Pu = 27,8236KN = 2,7824Ton$$

Terhadap geser, kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan geser adalah

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} . b w . d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{17,5} . 100 . 175 . 10^{-3} = 12,2013KN$$

Gaya geser pada muka perletakan adalah :

$$V_u = \frac{27,8236}{2} = 13,9118KN$$

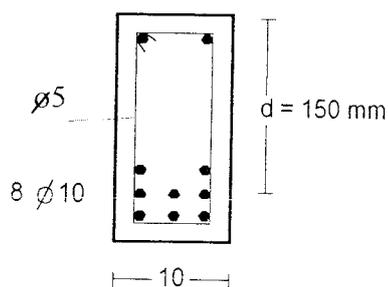
Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d=17,5$ cm dari muka perletakan balok (setengah bentang = 100 cm).

V_u pada d adalah :

$$\frac{100 - 17,5}{100} . 13,9118 = 11,477KN$$

$$\phi . V_c = 0,6 . 12,2013 = 7,3208KN < V_u = 11,477KN$$

2. Overreinforced



$$\rho = \frac{628,32}{100 \times 150} = 0,0419$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1 600}{f_y (600 + f_y)} = \frac{0,85 \times 17,5 \times 0,85 \times 600}{345,235(600 + 345,235)} = 0,0233$$

$$\rho > \rho_b$$

$$\text{Tinggi blok tekan } a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' c b} = \frac{628,32 \cdot 345,235}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 100} = 145,83 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 f_c' a b \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 17,5 \times 145,83 \times 100 \left(175 - \frac{145,83}{2} \right) \\ &= 16,72 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_R = \phi M_n = 0,8 \cdot 16,72 = 13,377 \text{ kNm}$$

$$M_R = M_U = \frac{1}{2} P_U \cdot 0,67 + \frac{1}{8} W_U \cdot L^2$$

$$13,377 = 0,335 P_U + 0,288$$

$$P_U = 39,0716 \text{ kN} = 3,9072 \text{ Ton}$$

Terhadap geser, kapasitas kemampuan beton (tanpa tulangan geser) untuk menahan geser adalah :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{17,5} \cdot 100 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 10,4583 \text{ kN}$$

Gaya geser pada muka perletakan (beban analitis) adalah

$$V_u = \frac{39,07}{2} = 19,535 \text{ kN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d=15$ cm dari muka perletakan balok (setengah bentang = 100 cm).

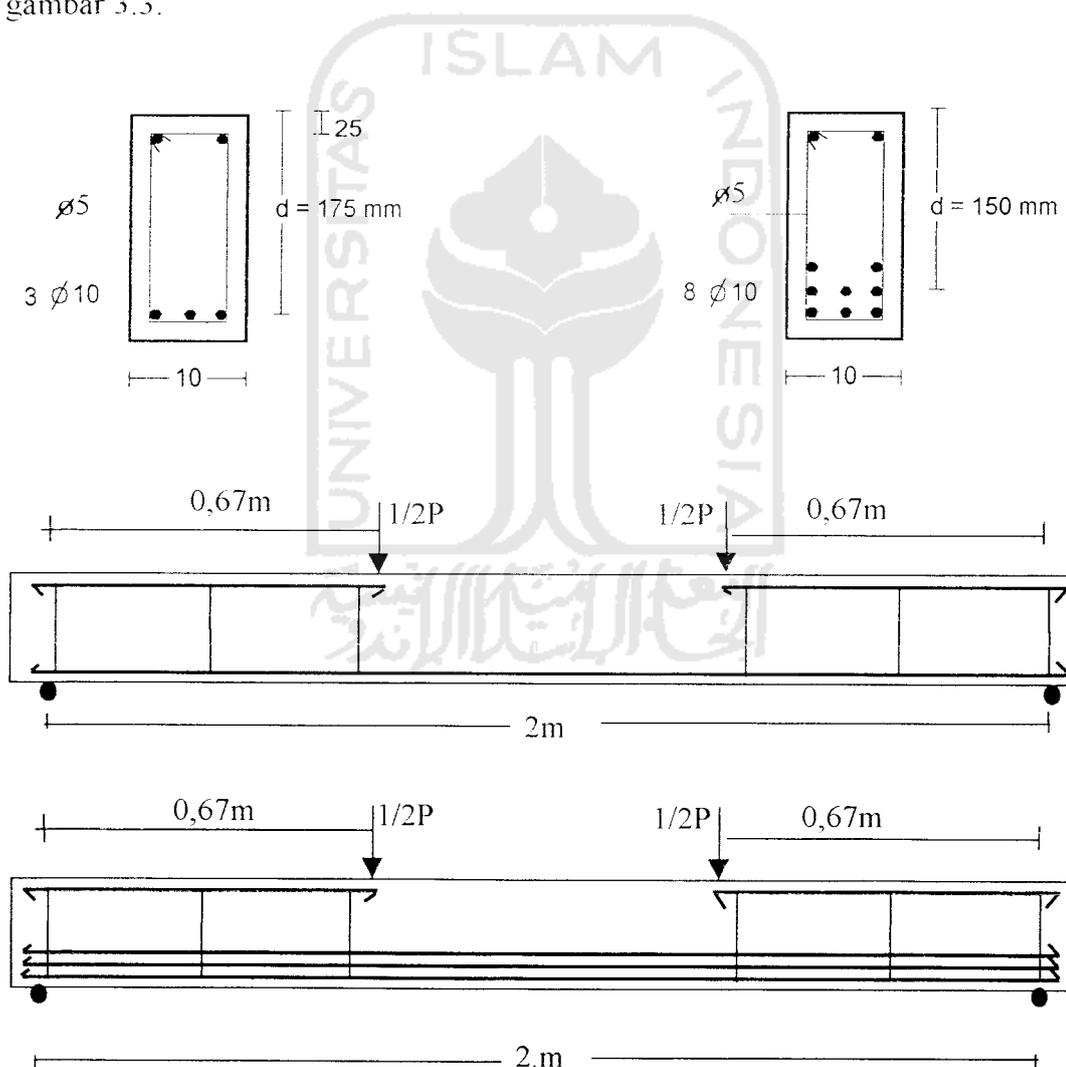
V_u pada d adalah :

$$\frac{100 - 15}{100} \cdot 19,535 = 16,6048 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 10,4583 = 6,275 \text{ kN} < V_u = 16,6048 \text{ kN}$$

Semua balok diberi penulangan baja dengan diameter 10 mm, pada balok yang mengalami lentur murni ($1/3$ bagian tengah) tulangan baja hanya diberikan pada sisi bawah saja. Maksud dari penulangan yang demikian supaya kemungkinan patah yang nantinya terjadi, benar-benar pada daerah lentur murni sehingga tidak terjadi kegagalan percobaan karena patah pada bagian lain.

Potongan melintang dan pembebanan pada pengujian dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Potongan melintang dan memanjang benda uji

3.5 Perilaku Beton Bertulang Tanpa Tulangan Geser

Bertambahnya pembebanan pada balok akan terbentuk retak tarik di daerah dimana nilai tegangan tariknya terbesar dan segera akan menyebabkan runtuhnya gelagar. Kecuali untuk balok-balok yang mempunyai proporsi $a/d > 6$ (dengan $a = MV$, $d =$ tinggi efektif balok), tegangan tarik terbesar paling luar disebabkan oleh lentur, pada penampang dengan momen lentur maksimum. Dalam kasus ini walaupun ada geser hanya mempunyai pengaruh yang kecil terhadap kekuatan balok. Namun demikian, apabila dipakai tulangan tarik situasi tersebut menjadi berubah sama sekali, walaupun terbentuk retak-retak tarik pada beton, kekuatan tarik lentur yang dibutuhkan bisa diberikan oleh tulangan, sehingga balok tersebut dapat memikul beban yang jauh lebih besar. Besar tegangan geser bertambah berbanding lurus dengan besar beban. Sebagai akibatnya, terbentuklah tegangan-tegangan tarik diagonal dan bekerjanya gaya geser yang besar, terutama di daerah perletakan.

Tulangan tersebut membantu beton yang tidak dapat memikul tarik, memikul tegangan tarik diagonal yang terjadi dimana-mana, yang disebabkan baik hanya oleh gaya-gaya geser saja maupun oleh efek kombinasi dari geser dan lentur. Tegangan-tegangan ini pada akhirnya akan cukup besar untuk menimbulkan retak tarik dalam arah tegak lurus terhadap tegangan tarik setempat. Retak ini dikenal sebagai retak diagonal untuk membedakannya dengan retak lentur vertikal. Retak lentur vertikal terjadi pada daerah-daerah dimana bekerja gaya geser yang besar. Pada balok-balok yang tidak dilengkapi dengan tulangan

yang dapat mengatasi terbentuknya retak tarik diagonal yang besar, terjadinya retak ini umumnya dapat membawa akibat yang luas dan sangat merugikan.

Berkenaan dengan persoalan tarik lentur, yang berbeda dengan tarik diagonal, bahwa retak-retak yang terjadi pada sisi tarik suatu balok dapat diizinkan karena ternyata tidak menimbulkan kerugian terhadap kekuatan batang. Berdasarkan hal ini ternyata tidaklah sesederhana ini. Retak tarik lentur menjadi tidak berbahaya karena adanya tulangan memanjang yang cukup, yang telah disediakan untuk memikul tegangan tarik lentur yang tidak lagi dapat disalurkan oleh beton yang telah mengalami retak-retak. Berlawanan dengan hal tersebut, pada gelagar yang dilengkapi dengan tulangan memanjang, tetapi tidak dilengkapi dengan tulangan lainnya yang dapat mengatasi retak diagonal, hal ini membuat retak-retak diagonal jauh lebih banyak berpengaruh terhadap kinerja dan kekuatan balok dibanding dengan pengaruh yang ditimbulkan oleh retak-retak lentur.

3.6 Rawatan Beton

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, maka setelah beton dikeluarkan dari cetakan harus segera dilakukan rawatan dengan menggunakan salah satu metode berikut ini.

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air
- b. Beton direndam didalam air lingkungan sekitar $23^{\circ} \pm 27^{\circ}$ celcius, sehari sebelum pengujian, beton tersebut diangkat dari dalam air dan ditiriskan.
- c. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastik, atau kertas perawatan tahan air.

3.7 Pengujian Kuat Desak Beton

Kuat desak dipengaruhi oleh kuat ikat pasta semen, homogenitas campuran, perbandingan campuran, dan kemampatan.

Kuat ikat pasta semen ditentukan oleh bahan ikat dan kualitas air. Dengan digunakannya mutu bahan ikat yang tinggi dan kualitas air yang memenuhi syarat, maka akan dihasilkan beton dengan kuat desak yang tinggi.

Homogenitas campuran dalam adukan beton yaitu saling mengisi antara bahan-bahan pembentuk beton secara merata, sehingga diperoleh beton yang mampat dan tidak terjadi pengelompokan bahan pembentuk beton yang tidak menyebabkan rongga-rongga.

Perbandingan jumlah bahan pembentuk beton pada campuran yang proporsional dapat menghasilkan beton yang lebih mampat dan homogen, yaitu apabila bahan-bahan tersebut saling mengisi.

Kemampatan beton dapat dipengaruhi oleh penggunaan jumlah bahan pembentuk beton yang proporsional dan pengadukan yang merata sehingga terjadi pencampuran yang baik dan homogen. Makin mampat beton, maka makin sedikit rongga atau keropos sehingga menghasilkan kuat tekan yang tinggi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian kuat desak beton terhadap mutu beton dengan benda uji balok silinder ukuran 15 x 30 cm dan diuji pada umur 28 hari.

Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sigma'_c = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

Dengan :

σ' =Kuat desak beton (kg/cm^2)

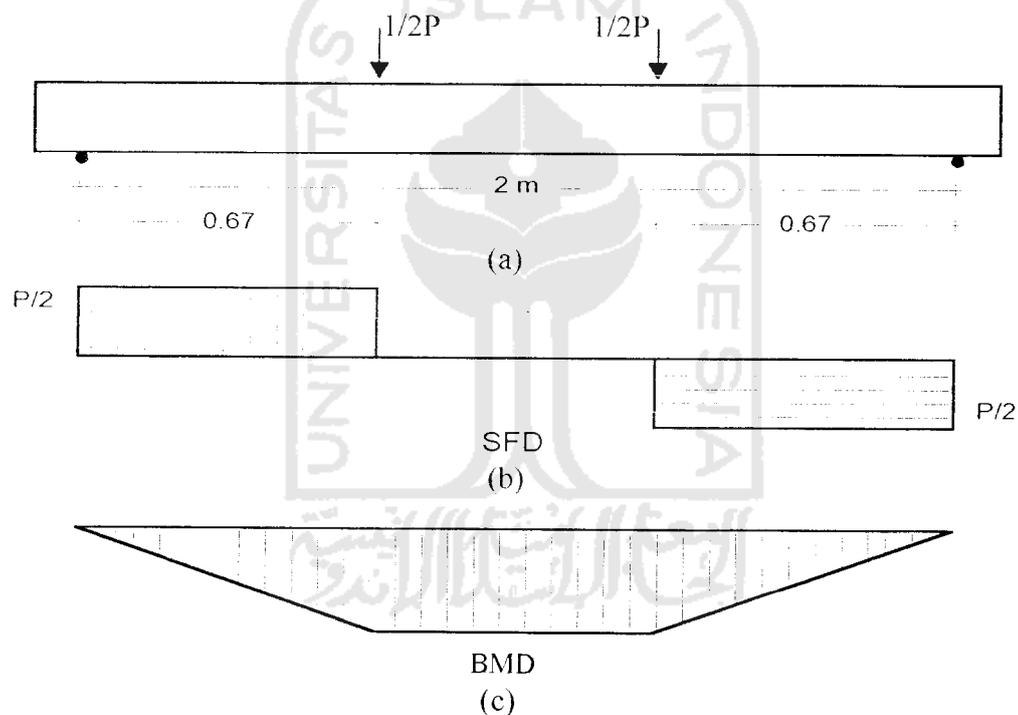
P=Beban ultimit (k/g)

A=Luas penampang benda uji (cm^2)

3.8 Pengujian Kuat Lentur Beton

Lentur murni adalah lenturan dari sebuah balok dengan suatu momen lentur *bending moment constant*, yang dalam hal ini gaya lintangnya sama dengan nol.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.4. Balok dengan beban terpusat dalam keadaan lentur murni-

(a) Balok dengan dua buah gaya simetris ($P/2$)

(b) Diagram gaya lintang.

(c) Diagram momen.

Terlihat diantara beban $P/2$ tidak terdapat gaya lintang dan hanya bekerja suatu momen lentur (m) Konstan yang besarnya :

$$M = 1/2 P \cdot 0,67$$