

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Jansen (1988) bambu mempunyai beberapa keuntungan sebagai bahan bangunan yaitu :

1. Bambu tumbuh dengan cepat dan dapat diusahakan penduduk setempat.
2. Bambu memiliki sifat- sifat mekanika yang cukup baik.
3. Penanganannya hanya membutuhkan alat-alat yang sederhana.

Bambu mempunyai beberapa kekurangan yaitu :

1. Bambu membutuhkan perawatan dan pengawetan untuk memperpanjang umur pakainya.
2. Bentuk batang bambu tidak silindris sempurna tapi sedikit meruncing.
3. Bambu mudah terbakar.

Batang bambu menjadi rusak karena disebabkan oleh serangan rayap, jamur serta pengaruh cuaca. Dengan metode pengawetan yang baik umur pakai bambu dapat mencapai 10 sampai 15 tahun pada struktur terbuka dan 15 sampai 25 tahun pada struktur tertutup (Liese 1980)

Menurut Masani dan Damani (1962) penggunaan bambu yang telah diawetkan dengan jalan direndam dengan cairan kimia "White Lead" dan "Vernish" sebagai perkuatan beton, maka usia pakainya mampu mencapai 60 tahun.

Batang bambu pada umumnya berbentuk tabung silinder dengan diameter bervariasi dari 1 sampai 25 cm dan panjang batang antar ruas dapat mencapai 40 cm. Diameter bambu dari ujung bawah sampai ujung atas semakin kecil. Silinder batang

bambu tersebut dipisahkan oleh ruas yang sekat-sekat yang arahnya transversal. Pada ruas terjadi diskontinuitas, karena serat-serat tersebut sebagian terpisah dan mengarah ke dalam yaitu ke arah dinding penyekat.

2.1. Sifat-sifat bambu

2.1.1. Sifat fisika bambu

1. Kandungan air

Bambu seperti halnya kayu yang merupakan zat higroskopis yang artinya memiliki affinitas terhadap air baik dalam bentuk uap maupun cairan.

Menurut Liese (1980) kandungan air didalam bambu bervariasi baik arah melintang maupun arah memanjang yang bergantung pada umur waktu penebangan dan jenis bambu. Kandungan air bagian ruas lebih rendah dibanding pada bagian antar ruas, dan pada dinding bagian dalam lebih tinggi dibanding bagian luar, demikian juga pada bagian pangkal lebih tinggi dibanding pada bagian ujung.

Kandungan air berpengaruh pada kekuatan bambu, dengan naiknya kadar air mengakibatkan kekuatan menurun (Jansen, 1980). Rerata kadar air bambu petung disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rerata kadar air bambu petung (N/mm²)

Pangkal	Tengah	Ujung	Rerata
15,0%	12,8%	11,7%	13,2%

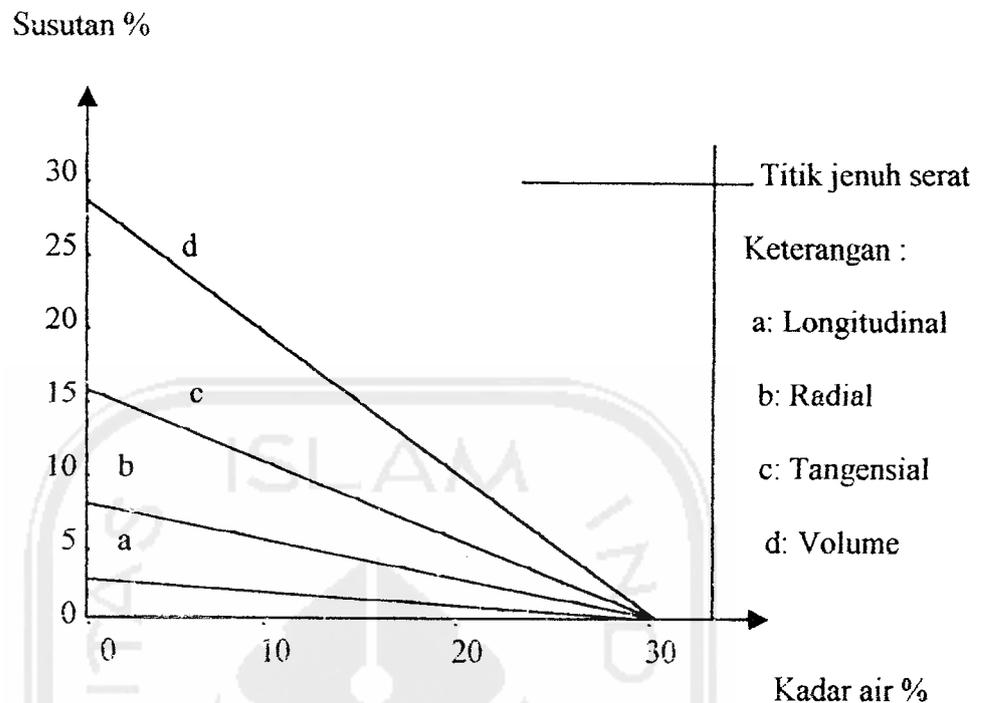
2. Susutan

Liese (1980) berpendapat bahwa bambu dan kayu secara anatomi dan kimiawi hampir sama, dan Soenardi (1988) menyatakan bahwa perilaku fisik dan mekanika bambu hampir sama dengan kayu. Data yang spesifik tentang susutan bambu belum tersedia, maka penelitian tentang bambu mengacu pada perilaku yang dimiliki oleh kayu. Menurut Tjokrodimulyo (1992) kayu yang besar kekuatannya apabila kadar airnya berkurang dan pengurangan kadar air itu masih diatas titik jenuh serat maka, tidak menyebabkan susutan volume kayu akan tetapi bila pengurangan kadar air itu melewati titik jenuh serat maka akan terjadi susutan.

Air didalam kayu sebagian terdapat didalam rongga sel yang disebut sebagai air bebas, sebagian lain terdapat didalam dinding sel. Saat air bebas habis dan air dari dalam dinding sel mulai keluar, keadaan ini disebut titik jenuh serat.

Besar penyusutan kayu akibat pengurangan kadar air sampai dibawah titik jenuh serat tidak sama untuk semua jenis kayu susutan ini juga tidak sama untuk arah yang berbeda, yaitu seperti berikut ini :

1. Pada arah serat (axial) susutan kecil.
2. Pada arah radial susutan agak besar.
3. Pada arah tangensial susutan itu paling besar



Gambar 2.1. Grafik hubungan penyusutan batang kayu dan kadar air

Sumber, Tjokrodimulyo (1992)

3. Berat jenis bambu

Liese (1980) menyatakan bahwa berat jenis bambu berkisar antara 0,5 - 0,9 gr/cm³. Berat jenis bervariasi, yaitu arah vertikal dan horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada bagian dalam.

Dalam arah memanjang terjadi peningkatan dari pangkal ke ujung. Berat jenis mempunyai hubungan terbalik dengan kadar air, semakin tinggi berat jenis maka kadar air semakin rendah, yang berarti kekuatannya semakin tinggi.

2.1.2. Sifat mekanika bambu

Bambu sebagai pengganti kayu dalam konstruksi bangunan adalah penting, oleh karena itu sifat-sifat bambu dalam kaitannya sebagai bahan konstruksi bangunan perlu dipelajari agar penggunaannya dapat efisien dan optimal (Epsiloy, 1985).

Sifat-sifat mekanika bambu dipengaruhi oleh kadar air, ukuran benda uji, kecepatan, pembebanan dan kondisi pertumbuhan serta cacat-cacat yang dialaminya (Ghavami, 1986).

1. Kekuatan tarik bambu

Bambu yang digunakan sebagai bahan jembatan sederhana dan penguat beton struktur ringan harus mempunyai sifat penting, yaitu modulus elastisitas dan kekuatan tarik. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas sangat berkaitan dengan struktur anatomi yang didapat dari prosentase serat-serat sclerenchyma dan prosentase cellulose (Jansen 1981).

Menurut Limaye (1952) kekuatan tarik bambu sangat bervariasi, akan tetapi berkisar antara $10.000 - 50.000 \text{ K/in}^2$ ($= 68,948 - 344,738 \text{ N/mm}^2$).

Menurut Liese (1980), faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bambu adalah sebagai berikut :

- Kandungan air,
Dengan meningkatnya kandungan air maka kekuatan tarik akan semakin kecil.
- Bagian arah melintang batang
Kuat tarik maksimum bagian luar batang paling besar diantara bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum bagian luar batang lebih besar dari tebal keseluruhan dinding batang. Kekuatan tarik maksimum yang besar diiringi oleh prosentase serabut sclerenchyma yang besar pula.
- Ada tidaknya ruas.
Sel-sel pada bagian antar ruas berorientasi ke arah sumbu aksial, sedang dalam ruas sel-selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu batang yang

beruas mempunyai kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah dari pada batang antar ruas.

2. Sifat khusus bambu

Sifat khusus bambu adalah adanya ruas, yang dapat ditinjau dari beberapa segi yaitu :

- ◆ Kuat tarik batang ber-ruas.

Hasil rerata kekuatan tarik bambu ber-ruas pada kondisi segar dan kering tungku disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Rerata kekuatan tarik bambu ber-ruas pada kondisi segar dan kering (N/mm^2)

Jenis bambu	Kondisi		
	Segar		
	pangkal	Tengah	Ujung
Petung	70,44	119,913	111,825

Kering tungku			Rata-rata
Pangkal	tengah	Ujung	
47,28	130,059	122,060	108,572

Sumber, Pengajab, 1994

- Susunan serat-serat

Batang mengalami diskontinuitas karena serat-serat tersebut sebagian terpisah dan mengarah ke dalam yaitu ke arah dinding penyekat.

- Kadar air.

Bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang, yang bergantung pada umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Kandungan air bagian ruas lebih rendah dibanding pada bagian antar ruas (Liese, 1980).

2.1.3. Perilaku mekanika bambu petung

Semua benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu petung. Berdasarkan hasil penelitian Pangajab (1994), sifat mekanika bambu petung disajikan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kekuatan bambu petung (N/mm^2)

Kekuatan rerata	Keadaan segar		Kering, oven	
	Ruas	Antar ruas	Ruas	Antar ruas
Desak		34,2		49,8
Lentur		154,8		190,2
Tarik	100,7	291,5	116,5	285,1
Geser \perp		27,3		28,3
Geser //		13,4		10,2

Sumber, Pengajab, 1994

2.1.4 Persyaratan bambu, berdasarkan PUBI – 1982

Bambu yang dimaksud didalam peraturan ini adalah jenis bambu yang digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan, dengan persyaratan seperti berikut ini :

1. Bambu harus berumur tua, berwarna kuning jernih, hitam pekat, hijau, dalam hal terakhir berbintik putih pada pangkalnya, berserat padat dengan permukaan yang mengkilap ditempat bukannya.
2. Jenis bambu tahan lama adalah seperti berikut ini :
 - a. Jenis besar : bambu petung dan bambu gombang.

- b. Jenis sedang : bambu andong dan bambu temen.
 - c. Jenis kecil : bambu apus dan bambu tali.
3. Jenis-jenis bambu tahan lama, umumnya termasuk kelas awet III sehingga perlu diawetkan terlebih dahulu.

2.2. Lekatan

Kuat lekat antara baja tulangan dan beton adalah susunan yang khas dan kompleks dari adhesi, tahanan geser dan aksi penguncian mekanis dari perubahan permukaan baja tulangan. Ini mempunyai pengaruh penting pada keretakan dan perubahan bentuk bahan struktur beton bertulang.

Kekuatan lekatan tergantung pada besarnya perikatan baja tulangan didalam beton. Campuran beton yang kurang baik dapat mengakibatkan tulangan selip sehingga adhesi hilang, yaitu pada tempat yang berdekatan langsung dengan retak, maka pergeseran antara tulangan dengan beton sekelilingnya hanya ditahan oleh gesekan disepanjang daerah selip.

Jika digunakan tulangan dengan ukuran lebih kecil dan selimut beton lebih tebal, atau jika kantong-kantong udara terbentuk dibawah tulangan yang diletakkan disebelah atas dari balok, maka hilangnya reaksi tahanan terhadap beton dapat menghancurkan beton tersebut dan mengakibatkan keruntuhan akibat tulangan terlepas keluar tanpa terbelahnya beton.

Peristiwa pembelahan yang menerus adalah suatu tanda pertama dari hilangnya tegangan lekat dan dapat dianggap sebagai penyebab umum dari keruntuhan didalam lekatan.

Penelitian tentang kekuatan lekatan pada mulanya dilakukan dengan percobaan tarik dari baja polos yang ditanamkan dalam beton, kemudian batang bajanya ditarik keluar yang mengakibatkan retakan pada beton. Hasil percobaan tarik dari batang tulangan berprofil termasuk data tentang hubungan antara beban dan selip, memberikan dasar dari cara perencanaan ACI yang sekarang untuk panjang penjangkaran tulangan.

Disebabkan hal yang rumit antara lekat, geser, dan momen, untuk perencanaan sebagian besar menggunakan percobaan penyelidikan. Umumnya, kekuatan lekatan adalah berbanding lurus dengan $\sqrt{f_c}$ (berbanding lurus dengan kuat tarik beton) dan berbanding terbalik dengan garis tengah tulangan.

Untuk mendapatkan lekatan antara bambu dan beton, dilakukan percobaan tarik (pull out) pada silinder beton. Model standard pull out dikenalkan oleh Ghavami dan Hombeck (1981).

2.3 Metode perancangan campuran beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen *hidrolik* yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Pada penelitian ini metode perancangan beton yang digunakan adalah metode **ACI** (*American Concrete Institute*), karena cara ini merupakan suatu cara perancangan campuran beton yang memperhatikan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara **ACI** ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat kekentalan (*slump*) adukan ini.

2.4 Analisa balok persegi terlentur

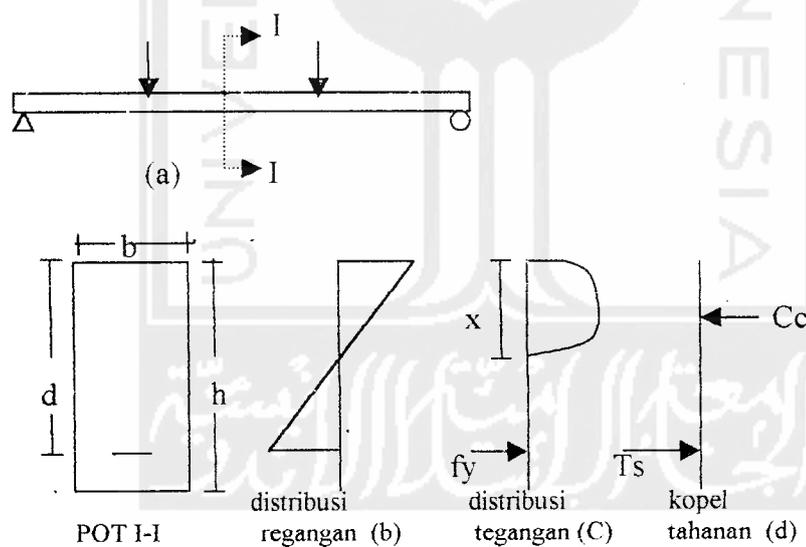
Pada pembahasan lentur pada balok dianggap bahwa beban-beban pada balok yang bekerja dalam bidang gambar. Anggapan ini mensyaratkan bahwa vektor-vektor dari semua gaya terletak pada bidang gambar dan vektor-vektor momen dari semua kopel tegak lurus bidang gambar.

Secara teoritis, pada analisa balok beton bertulang, tegangan lentur yang terjadi pada balok dapat dilihat seperti pada penurunan rumus:

$$F_b = M.Y / I \text{ atau } F_b = M/W, \text{ dimana } W = I/Y$$

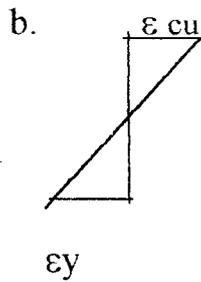
Didasarkan atas prinsip dasar bahwa gaya internal yang timbul di dalam balok harus dapat menjamin keseimbangan sebagai akibat gaya eksternal yang bekerja.

Perhatikan pada balok yang terlihat pada gambar 2.2.

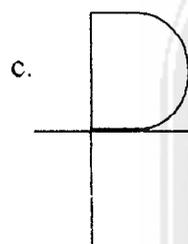


Gambar 2.2 Distribusi tegangan dan regangan

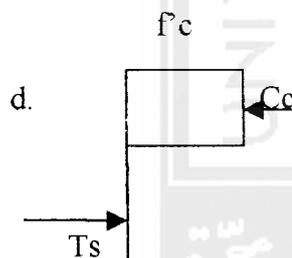
- a. Balok beton bertulang di atas tumpuan sederhana.



Analisis regangan (distribusi regangan beton dianggap Linier, beban layan (serviceload) dipakai dalam perhitungan)



Tegangan pada bagian beton diatas sumbu netral adalah Tegangan tekan yang terdistribusi secara tidak linier. Daerah dibawah sumbu netral dianggap telah retak dan gaya tarik yang ada harus dipikul oleh tulangan yang ada.

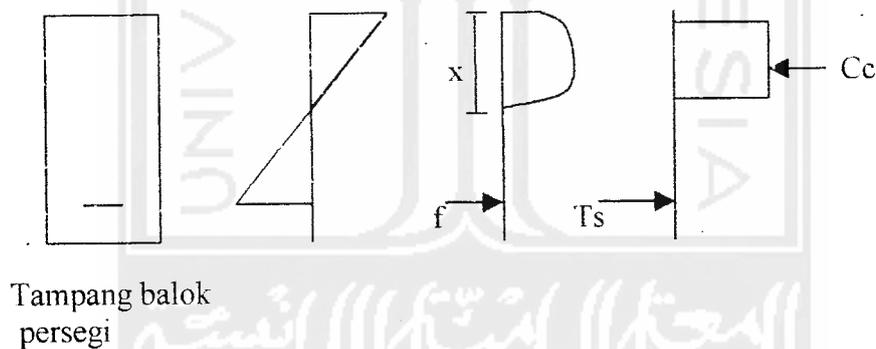


Untuk penyederhanaan, Whitney mengusulkan blok diagram beton tekan berbentuk persegi. Digunakan untuk mengidealisasi distribusi tegangan aktual (Analisis kekuatan batas).

Dari gambar 2.2.a. dapat dilihat balok beton bertulang yang ditumpu oleh tumpuan sederhana, karena dibebani maka terjadi lentur pada balok dan juga deformasi seperti pada gambar yang menunjukkan bahwa daerah dibawah garis netral mengalami tarik. Sesuai perilaku bahwa beton tidak dapat memikul tarik, diletakkan tulangan bambu di daerah garis netral, sehingga memikul gaya tarik yang ada.

Perhatikan bahwa beton dianggap telah retak di seluruh daerah yang tertarik. Secara aktual, retak memang terjadi dan umumnya menjalar ke atas sampai ke tepi daerah tekan.

Perhitungan yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan model idealisasi yang didasarkan pada asumsi bahwa beton yang tertekan berperilaku secara elastis linier. Sebenarnya pendekatan ini kurang realistis, karena tegangan aktual pada beban kerja sesuai yang terlihat pada gambar 2.2.c. Model lain yang lebih realistis adalah didasarkan atas perilaku beton bertulang yang telah diperoleh secara eksperimental, yaitu pada saat beban runtuh (bukan beban kerja). Model ini diperlihatkan pada gambar 2.2.d. Dan sering di sebut analisis kekuatan batas (ultimate strength analysis), dengan idealisir sebagai berikut :



Gambar 2.3 Distribusi tegangan
Rectangular Whitney

Perhitungan dari kekuatan lentur M_n yang didasarkan pada distribusi tegangan yang mendekati bentuk parabola didalam gambar 2.2. Whitney menyarankan penggunaan dari distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi. Seperti yang diperlihatkan di dalam gambar 2.3. Dipakai suatu tegangan persegi dengan besar rata-rata $0,85 \cdot f_c$ dan tinggi $a = \beta_1 \cdot x$. Faktor β_1 diambil sebesar

0,85 untuk kuat tekan f'_c hingga atau sama dengan 30 Mpa. Sedangkan untuk kekuatan di atas 30 Mpa dipakai persamaan :

$$\beta_1 = 0,85 - (f'_c - 30) \cdot 0,008 \quad (2.1)$$

Tetapi harga β_1 tidak boleh kurang dari 0,65

Dengan menggunakan tegangan persegi ekivalen, kekuatan lentur M_n dapat diperoleh dengan menggunakan gambar 2.3. sebagai berikut :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (2.2)$$

$$T = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.2) dan (2.3) menghasilkan :

$$a = A_s \cdot f_{\text{bambu}} / (0,85 f'_c \cdot b) \quad (2.4)$$

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - \frac{1}{2} a) \quad (2.5)$$

Dengan memasukkan persamaan 2.4 ke persamaan 2.5 didapat :

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot \left[d - \frac{1}{2} \cdot (A_s \cdot f_{\text{bambu}}) / (0,85 \cdot f'_c \cdot b) \right]$$

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot \left[d - 0,59 \cdot (A_s \cdot f_{\text{bambu}}) / (f'_c \cdot b) \right] \quad (2.6)$$

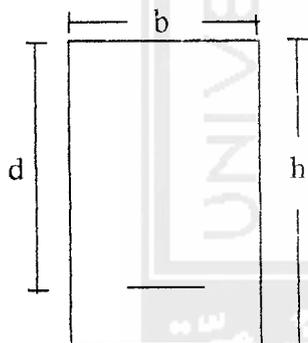
Pada keadaan regangan berimbang, regangan maksimum Ecu pada saat tekan maksimum beton mencapai harga 0,003 bersamaan dengan dicapainya regangan tulangan tarik.

Sejumlah luas tulangan tarik A_{sb} akan memberikan jarak garis netral x_b untuk keadaan regangan berimbang ini. Jika sekiranya A_s yang agak lebih besar dari A_{sb} , maka keseimbangan dari gaya - gaya dalam ($C = T$) akan mengakibatkan kenaikan di dalam tinggi (a) dari blok tegangan tekan (yang juga akan membuat x lebih besar dari x_b), dengan demikian regangan ϵ_s akan menjadi lebih kecil dari ϵ_y untuk $\epsilon_{cu} = 0,003$. Keruntuhan dari balok ini akan terjadi dengan tiba-tiba pada saat

regangan beton mencapai 0,003 sekalipun balok mengalami deformasi yang masih kecil (tulangan belum putus) di dalam memberi aba-aba yang cukup untuk keruntuhan . Di lain pihak bila A_s yang ada lebih kecil dari A_{sb} , maka gaya tarik akan mengecil maka keseimbangan gaya dalam akan mengurangi ketinggian (a) dari balok tegangan tekan (sehingga membuat x lebih kecil dari x_b) dan memberikan ϵ_s yang melebihi ϵ_y . Di dalam hal ini, dengan tulangan yang hampir putus, balok akan memperlihatkan lendutan yang dapat terlihat sebelum beton mencapai tegangan runtuh sebesar 0,003.

2.5 Analisa lentur pada balok tampang persegi

Analisa balok tampang persegi dengan tulangan bambu adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4. Balok tampang persegi.

Perhitungannya :

$$a = \frac{A_s \cdot f_{\text{bambu}}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 100}$$

$$a = 61,412 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2) \\ &= C \cdot (d - a/2) = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_1 &= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375 \cdot (d - a/2) \\
 &= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375 \cdot (175 - 61,412 / 2) \\
 &= 13181,2569 \text{ KNmm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_2 &= 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,85 \cdot 17,5 \cdot 61,412 \cdot 100 \cdot (175 - 61,412 / 2) \\
 &= 13181,3074 \text{ KNmm.}
 \end{aligned}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi dengan dimensi 100 /200 mm , luas tampang 20000 mm² dan luas tulangan bambu 400 mm² adalah 13181,3074 KNmm.

2.6 Metode perawatan beton

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

1. Beton dibasahi terus – menerus dengan air.
2. Beton direndam didalam air dengan temperatur lingkungan 23 – 27⁰ C.
3. Beton dilindungi dengan karung basah.

2.7 Metode pengujian kuat desak beton.

Kuat desak dipengaruhi oleh kuat ikat pasta semen, *homoginitas* campuran, perbandingan campuran dan kepadatan beton. Kuat ikat pasta semen ditentukan oleh mutu 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 tinggi.

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

Perbandingan jumlah bahan pembentuk beton secara proporsional dapat menghasilkan beton yang lebih padat dan *homogen*, yaitu apabila bahan-bahan tersebut saling mengisi. Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban *Ultimit* yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak sebagai berikut :

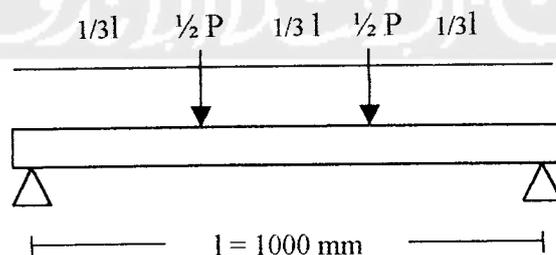
$$\sigma'_{b} = P/A$$

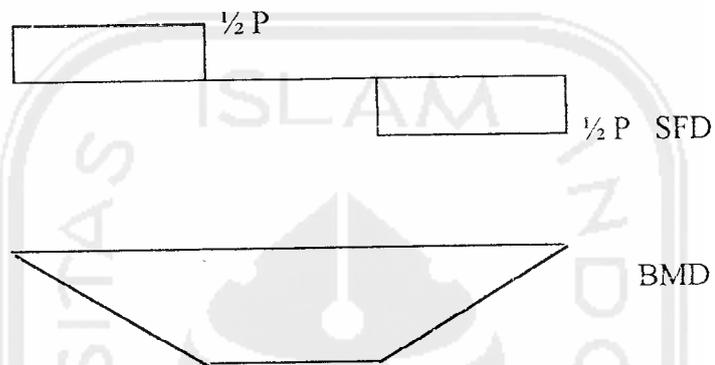
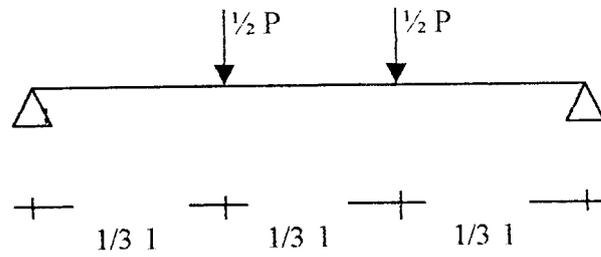
Dalam penelitian ini dilakukan kuat desak beton terhadap mutu beton dengan benda uji balok silinder ukuran 15x30, dan diuji pada umur 28 hari.

2.8 Metode pengujian kuat lentur beton.

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

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :





Ket :

- Balok dengan dua buah gaya simetris ($P/2$)
- Diagram gaya lintang
- Diagram momen