

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat (serta kadang-kadang bahan tambah, yang bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bilamana dituangkan dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dengan semen, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya (Tjokrodimulyo, 1992).

Beton dapat mencapai kuat-hancur sampai sekitar 80 N/mm^2 (12.000 lb/in^2), atau lebih, tergantung pada perbandingan air-semen serta tingkat pematatannya. Kuat-hancur antara 20 dan 50 N/mm^2 pada umur 28 hari biasanya diperoleh dari campuran semen : pasir : agregat kasar dengan perbandingan $1 : 2 : 4$ jika pengawasan pekerjaan di lapangan baik (Murdock dan Brook, 1991).

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, diupayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain *workability*, *strength*, *durability*, *permeability* dan sifat-sifat yang lain. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan beton mutu tinggi adalah dengan memperbaiki mutu material pembentuk beton yaitu agregat halus, agregat kasar, air dan semen. Selain itu juga perlu diperhatikan perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton, sehingga diperlukan ketelitian untuk menentukan komposisi bahan penyusun beton. Di samping itu produksi beton mutu tinggi biasanya menggunakan bahan tambah untuk mendapatkan beton dengan mutu dan kualitas yang lebih baik dilihat dari segi kekuatannya. Serat *Polypropylene* atau serat tali tamar plastik merupakan salah satu jenis serat yang dapat digunakan sebagai

bahan tambah yang berfungsi mengurangi retak-retak halus pada beton akibat beban tarik.

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (Salmon, 1994). Semen diperoleh dengan cara membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *caicareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya, kandungan semen Portland adalah kapur, silika, dan alumina. Dari ketiga bahan dasar tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1550 derajat celsius sehingga menjadi klinker. Kemudian dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya ditambahkan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan (Tjokrodimulyo, 1992).

Dalam penelitian ini dipakai semen Portland tipe I merk Gresik. Semen tipe ini dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan, dan tidak membutuhkan persyaratan khusus. Suatu semen jika tidak diaduk dengan air akan membentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Fungsi semen adalah untuk merckatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak atau padat dan untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Adapun komposisi kimia semen tercantum pada Tabel 3.1 (Astanto, 2001).

Tabel 3.1 Susunan Unsur-Unsur Semen

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 - 65
Silika, SiO ₂	17 - 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
Magnesia, MgO	0,5 - 4
Sulfur, SO ₃	1 - 2
Soda/potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 - 1

Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu ikatan dan sifat pengerasan semen adalah (Astanto, 2001) :

1. Trikalsium silikat (C₃S) atau 3CaO.SiO₂
2. Dikalsium silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂
3. Trikalsium aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C₄AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃

Semen Portland di Indonesia menurut SII 0013 - 81 dibagi menjadi lima jenis antara lain :

- Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan - persyaratan khusus.
- Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya.
2. jumlah air, pengikatan semen akan makin cepat bila jumlah air berkurang.
3. temperatur, waktu pengikatan akan makin cepat bila suhu udara di sekelilingnya semakin kecil.
4. penambahan zat kimia tertentu.

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun peranan agregat pada beton sangat penting. Ini karena agregat menempati kira-kira sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Agregat sangatlah berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butiran agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain (Astanto, 2001) :

1. Ukuran maksimal butiran agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
2. Ukuran maksimal butiran agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
3. Ukuran maksimal butiran agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; dan 0,15 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1991-03 (1991), Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam Tabel 3.2

Tabel 3.2 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	85-100	85-100	95-100
1,2	30-70	75-100	75-100	90-100
0,6	15-34	60-79	60-79	80-100
0,3	5-20	12-40	12-40	15-50
1,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir halus

Adapun gradasi kerikil seperti yang tercantum dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Gradasi kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Dalam peraturan ini juga ditetapkan gradasi campuran agregatnya, yaitu campuran pasir dan kerikil dengan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm. Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir yang mempunyai modulus halus butir 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \quad \text{----- (3.1)}$$

Dengan W: Persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K: Modulus halus butir kerikil

P : Modulus halus butir pasir

C : Modulus halus butir campuran

3.2.3 Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimiawi yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, yang kedua sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang diperlukan hanya sekitar 30 % berat semen saja, kandungan air 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*). Selaput tipis akibat dari *bleeding* ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimulyo, 1992).

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garaman, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum (PBI-1971).

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung *khlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain bahan pokok (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama proses pengadukan beton. Tujuannya ialah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras (Tjokrodimulyo, 1992). Serat *polypropylene* atau serat tali tampar plastik merupakan salah satu jenis serat buatan (sintetis). Serat ini kita pilih karena disamping harganya murah juga banyak kita jumpai di pasaran dengan karakteristik adalah sebagai berikut (Tata dan Saito, 1992) :

1. termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer,
2. mempunyai massa jenis (0,9-0,92)
3. massa jenis tinggi titik lunaknya ($176^{\circ}\text{C}, T_m$)
4. terbakar kalau dinyalakan dan menjadi cair, menjadi rata jika dijatuhkan di atas air,
5. sifat - sifat kimianya cukup stabil tahan berbagai bahan kimia kecuali oksida kuat,
6. kekuatan tarik, lentur dan kekakuannya lebih tinggi dibanding serat polimer yang lain,
7. penyusutan pada pencetakan kecil, penampilan dan ketelitian dimensinya lebih baik.

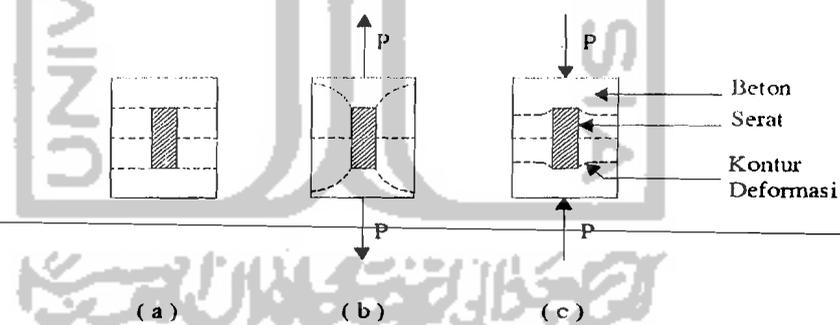
3.3 Beton Serat

Beton serat adalah campuran beton dan penambahan serat dalam konsentrasi tertentu. Serat yang biasa digunakan biasanya berupa serat alami seperti bambu, ijuk, serat tebu, dan sebagainya. Untuk serat buatan biasanya yang digunakan adalah bendrat, plastik, dan bahan-bahan lainnya. Serat yang dicampurkan dengan maksud untuk membantu beton dalam menahan gaya tarik (Bayu dan Jati, 2000)

Interaksi antara serat dengan beton merupakan sifat hal yang pokok, dapat mempengaruhi kinerja dari material komposit beton serat. Pemahaman interaksi ini sangat dibutuhkan untuk mengestimasi kontribusi dari beton serat dan untuk

memperkirakan perilaku dari beton serat. Interaksi serat dengan beton yang tidak mengalami retak terjadi hampir pada semua komposit selama awal langkah pembebanan. Dalam kasus tertentu beton akan retak dalam masa pelayanan, walaupun terjadi dalam komposit. Kebanyakan kasus, beton mengalami retak selama masa pelayanan. Oleh karena itu membatasi Interaksi fiber dengan tidak mengalami retak pada beton sangat penting dalam praktek pengaplikasian. Bagian yang tidak terjadi retak adalah bagian yang mempengaruhi sistem struktur.

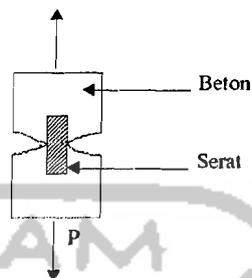
Sistem sederhana serat beton terdiri dari serat tunggal yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1. Dalam tahap tanpa beban tegangan dianggap nol (Gambar 3.1-a). Ketika terjadi pembebanan sebagian besar beban dipindahkan sepanjang permukaan serat. Disebabkan perbedaan kekakuan antara serat dan beton, tegangan geser terjadi sepanjang permukaan serat. Jika serat lebih kaku dibandingkan dengan matrik maka deformasi yang terjadi di sekeliling serat akan lebih kecil. Apabila modulus elastis serat lebih kecil dibandingkan dengan modulus elastis beton maka deformasi disekitar serat akan semakin besar, kondisi seperti ini terjadi pada beton dengan penambahan serat *polyethelene* dan serat alam, yang ditunjukkan dalam (Gambar 3.1-b dan 3.1-c).



Gambar 3.1. Interaksi Antara Serat dan Beton Tidak Retak : (a) Tanpa Beban; (b) Beban Tarik; (c) Beban Desak (Balaguru dan Shah, 1992).

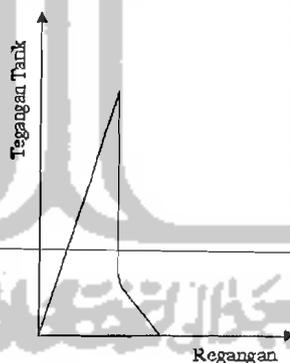
Apabila komposit mengalami pembebanan tarik, maka pada tahap tertentu beton komposit akan mengalami retak yang ditunjukkan dalam

(Gambar.3.2). Bila beton retak, maka serat yang menerima beban melewati retakan akan meneruskan beban dari sisi beton ke sisi beton yang lain. Jika serat masih sanggup menyalurkan beban yang melewati retakan, maka retakan yang lebih besar akan terbentuk. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Interaksi Antara Serat dan Beton Pada Saat Retak (Balaguru dan Shah, 1992).

Pengaruh penambahan serat menentukan terjadinya keruntuhan dan retakan yang terjadi pada komposit. Pada komposit dengan kadar serat rendah, maka komposit akan segera runtuh setelah terjadi retakan pada beton. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.

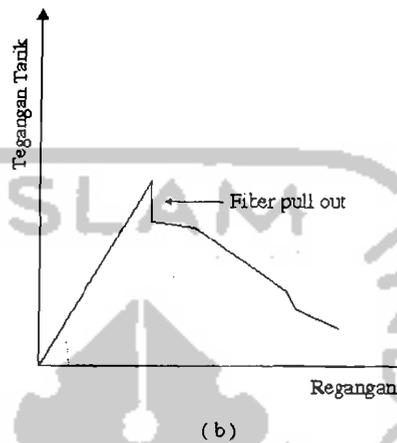


(a)

Gambar 3.3. Kurva Tegangan-Regangan Beton Serat : Volume Serat Rendah (Balaguru dan Shah, 1992).

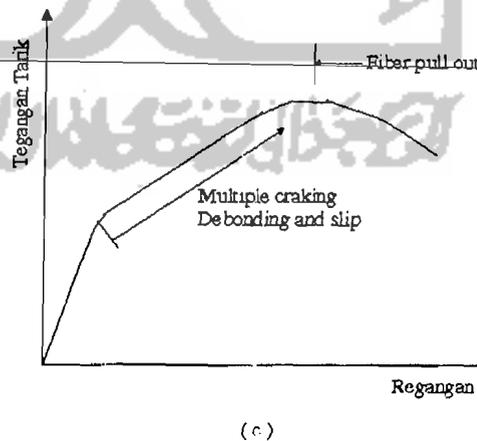
Pada komposit dengan kadar serat yang sedang, maka setelah terjadi keretakan beton, kapasitas komposit menerima pembebanan akan turun tetapi komposit masih dapat menahan beban selama masih dibawah beban puncak.

Ketika beton retak, beban diteruskan dari komposit ke serat sepanjang retakan. Saat deformasi meningkat, maka serat tertarik keluar dari beton dan akibatnya kemampuan komposit menerima pembebanan semakin menurun. Keadaan seperti ini tidak meningkatkan kekuatan akan tetapi menghasilkan perilaku yang daktil. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Kurva Tegangan-Regangan Beton Serat : Volume Serat Sedang (Balaguru dan Shah, 1992).

Untuk komposit dengan kadar serat tinggi setelah mengalami keretakan pada beton, serat akan menahan peningkatan pembebanan maka komposit dapat menerima penambahan beban yang lebih tinggi dari beban retak. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 3.5 (Balaguru dan Shah, 1992).



Gambar 3.5. Kurva Tegangan-Regangan Beton Serat : Volume Serat Tinggi.

Pada beton serat, penambahan serat organik-sintetik seperti nilon dan PP (*polipropilena*) pada semen atau beton akan memperbaiki ketahanan terhadap benturan, namun tidak terlalu berpengaruh terhadap kuat tensile dan tekuknya. Kekuatan beton akan meningkat menyeluruh jika serat organik-sintetik digabung dengan serat anorganik. Berbagai pengaruh jenis dan jumlah serat atas sifat komposit beton dapat kita lihat pada tabel 3.4 (Feldman dan Hartomo, 1995).

Tabel 3.4 Pengaruh Jenis Dan Jumlah Serat Atas Sifat Komposit Beton

Produk	% berat serat	Dampak (Charpy) kering (kJ/m ²)	Modulus patahan/jebol (Mpa)			
			Kering	Basah	Penuangan basah 20° C	Penuangan basah 50° C
Asbes/semen	10	2 - 4	30	25	-	-
Monofilamen PP	0,5 - 2	6	16 - 17,5	16 - 17,5	-	-
Serat Karbon	1,0 - 2,0	2,5 - 4,5	18 - 22	17 - 19	17,5	16,0
Selulosa	3,5	1,5 - 2,5	15 - 18	13 - 15	12 - 14	11,0

3.4 Ketentuan Pembuatan Benda Uji

Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI 1971. Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain :

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji selain silinder sebagai alternatif yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada Tabel 3.5 berikut :

Tabel 3.5 Angka Konversi Benda Uji Beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	0,83

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

3.5 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian yang kami lakukan ini kami menggunakan metode “ *The British Mix Design Method*” atau di Indonesia dikenal dengan nama DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya secara rinci lihat pada lampiran C.1.

3.6 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai slump berarti semakin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi nilai fasnya berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Tjokrodimulyo, 1992).

3.7 Workability

Istilah *workability* sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan Newman mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah (Murdock dan Brook, 1991) :

1. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi agregasi/pemisahan butiran dan bahan lainnya.

Menurut Jackson (1983), workability didasarkan atas rasio agregat dan semen (A/C) dan terbagi atas beberapa tingkatan yaitu : *Low Workability*, *medium Workability*, *Hard Workability*. Tingkat workability dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Tingkat *Workability* Berdasarkan Rasio Agregat - Semen

D maks (mm)	Rasio Agregat - Semen					
	Low Workability		Medium Workability		Hard Workability	
	Batu Alam	Batu Pecah	Batu Alam	Batu Pecah	Batu Alam	Batu Pecah
9.5	5.3	4.8	4.7	4.2	4.4	3.7
19	6.2	5.5	5.4	4.7	4.9	4.4
37.5	7.6	6.4	6.5	5.5	5.9	5.2

Untuk tingkat *workability* yang didasarkan atas nilai slump terbagi atas *Medium Workability*, *Low Workability*, dan *Very Low Workability*. Tingkat *workability* dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tingkat *Workability* Berdasarkan Nilai *Slump*

No	Slump (mm)	Workability
1	25 - 100	Medium
2	10 - 50	Low
3	-	Very Low

3.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban dibagi dengan luasan permukaan beton yang menerima beban tersebut. Menurut SNI 03-1974-1990 untuk mendapatkan kuat tekan beton tersebut dari masing-masing benda uji digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan } f_c = \frac{P}{A} \text{ ----- (3.2)}$$

$$f_{cr} = \frac{\sum_i^N f_c}{N} \text{ ----- (3.3)}$$

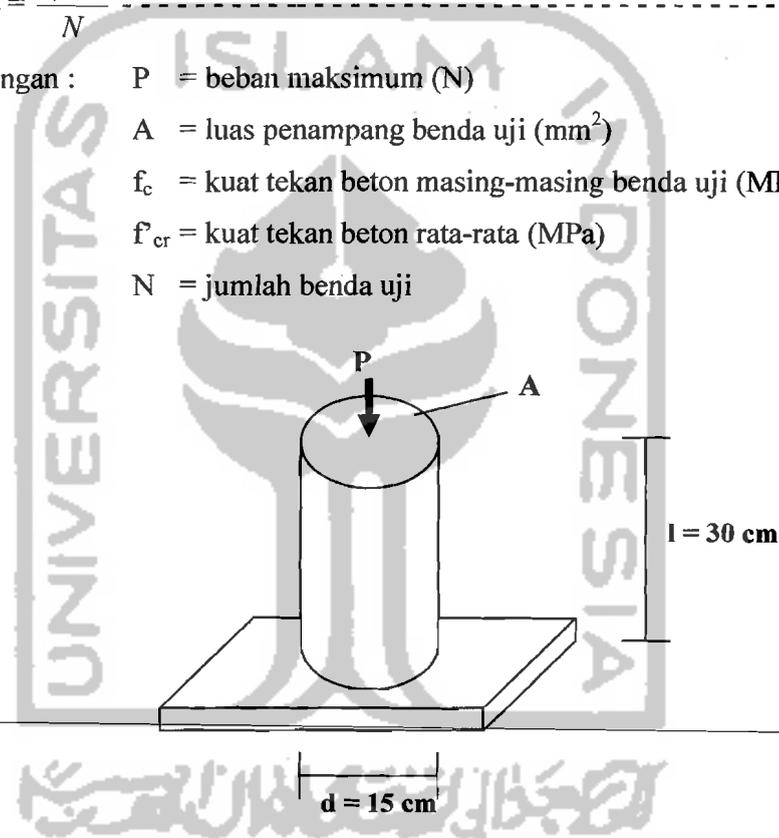
Dengan : P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

f_c = kuat tekan beton masing-masing benda uji (MPa)

f_{cr} = kuat tekan beton rata-rata (MPa)

N = jumlah benda uji



Gambar 3.6 Uji Tekan Beton

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan desak beton antara lain (Peraturan Pedoman Beton Indonesia, 1971) :

- a. faktor air semen (FAS),
- b. kekerasan agregat halus dan kasar,

- c. prosedur pemeriksaan mutu untuk pengecoran dan pengangkutan serta pemadatan di lapangan,
- d. umur beton, dan sifat-sifat tegangan beton juga dipengaruhi oleh kecepatan pembebanan

3.9 Modulus Elastisitas

Menurut **Murdock dan Brook (1999)**, tolok ukur yang umum dari sifat suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan tersebut. Beton adalah bahan yang bukan benar-benar elastis. **Nawy (1998)** mengemukakan kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar $0,4 f'_c$) disebut *modulus elastisitas*; modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversibel penuh). Adapun untuk perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat pada persamaan 3.4.

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ ----- (3.4)}$$

Dengan : σ = Tegangan (sekitar $0,4 f'_c$) kuat tekan uji

ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

Peraturan ACI memberikan persamaan untuk menghitung modulus elastisitas sekan beton E_c untuk beton berbobot normal sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = 4730 \sqrt{f'_c} \text{ ----- (3.5)}$$

Untuk peraturan **SK-SNI-T-15-1991-03 (1991)** nilai modulus elastisitas dinyatakan dengan :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ ----- (3.6)}$$

Dengan : f'_c = Kuat tekan silinder ($\text{N/mm}^2 = \text{Mpa}$)

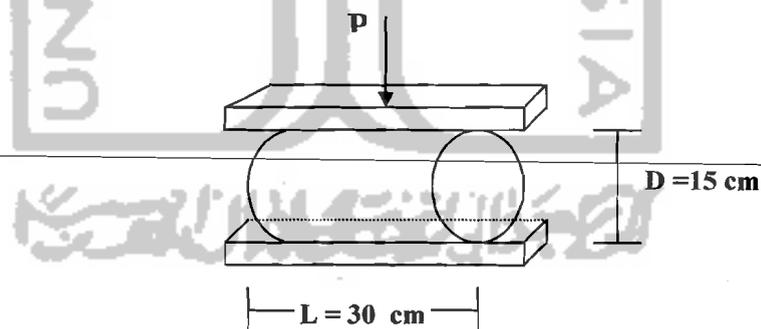
3.10 Kuat Tarik Beton

Kekuatan tarik beton dalam praktek mempengaruhi rambatan terjadinya retak. Menurut SNI-03-2491-2002 kuat tarik beton dapat ditentukan dengan pengujian pecah belah silinder (*Split Cylinder*). Silinder diletakkan pada alat pembebanan dengan posisi rebah. Beban vertikal dikerjakan sepanjang selimut silinder dan secara berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya hingga dicapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal (Gambar 3.7). Kuat tarik beton dapat diketahui dengan membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.7)$$

Dengan :

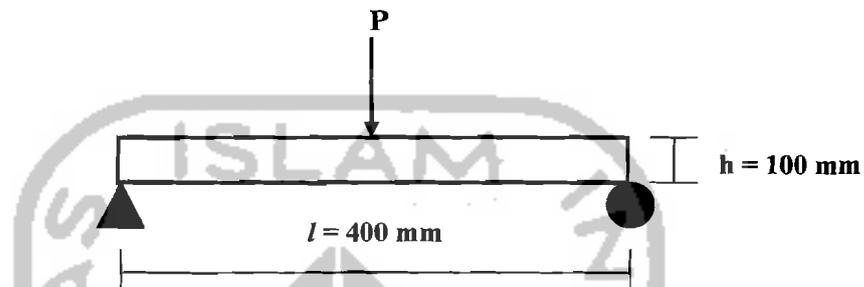
- f_t = kuat tarik
- P = beban
- D = diameter silinder
- L = panjang silinder



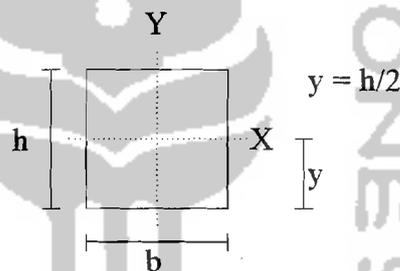
Gambar 3.7 Uji tarik belah

3.11 Kuat Lentur Beton

Kekuatan lentur atau momen tahanan penampang balok adalah kapasitas tegangan-tegangan dalam yang membentuk sebuah momen kopel sebagai perlawanan dari momen lentur luar yang timbul sebagai akibat beban luar (Dipohusodo, 1994). Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur (M) dan momen inersia (I) dari tampang balok.



Gambar 3.8 (a) Uji lentur



Gambar 3.8 (b) Bentuk Penampang Balok

Menurut SNI 03-4154-1996 nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = M \cdot y / I \quad \text{----- (3.8)}$$

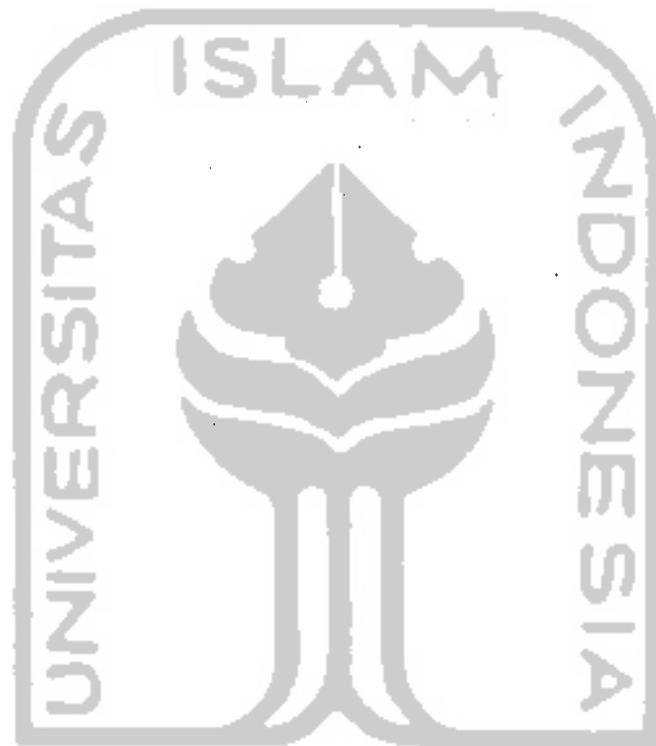
$$\text{dimana : } I = (1/12) b \cdot h^3 \quad \text{----- (3.9)}$$

dengan substitusi persamaan dan kedalam persamaan didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{(1/4Pl) \cdot (1/2h)}{(1/12)b \cdot h^3} \quad \text{----- (3.10)}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3Pl}{2b \cdot h^2} \quad \text{----- (3.11)}$$

dengan : σ_{it} = Kuat lentur
P = beban (gaya)
l = jarak antara tumpuan
b = lebar tampang balok
h = tinggi tampang balok



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA