

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Swamy dan Al-Noori (1974) mengamati bahwa bentuk serat akan berpengaruh pada kuat lekat, yang selanjutnya berpengaruh pula pada sifat-sifat struktural beton. Pada beton serat berkait, kuat lekatnya akan 40 % lebih besar dibanding kuat lekat beton serat polos. Perbedaan kedua jenis serat ini terutama dalam menahan retakan dan keruntuhan benda uji. Retakan dan lenturan balok struktur beton sebagian besar tergantung pada interaksi antara baja tulangan dan beton. Dengan demikian peningkatan lekatan pada beton serat akibat bentuk serat berkait akan menahan kemungkinan retak yang terjadi dan lenturan yang berlebihan, serta meningkatkan kekakuan balok secara keseluruhan.

Swamy dkk (1979), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kehadiran serat pada beton akan menaikkan kekakuan dan mengurangi lendutan (defleksi) yang terjadi. Pada penambahan serat baja dengan berbagai bentuk dan konsentrasi, diperoleh kesimpulan bahwa penambahan serat memungkinkan penggunaan tulangan baja mutu tinggi tanpa adanya bahaya karena retak maupun lendutan yang berlebihan. Swamy juga menyimpulkan bahwa penambahan serat akan meningkatkan keliatan beton, sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan yang tiba-tiba akibat

pembebanan yang berlebihan.

Rahman (1972) dengan memakai serat baja ("steel fibers") dan serat polypropylene, memperoleh hasil bahwa penambahan serat baja akan menghasilkan kuat tarik yang tertinggi diikuti oleh serat polypropylene dan beton tanpa serat.

Penelitian oleh Edgington, dkk (1974) dengan memakai serat baja menghasilkan peningkatan kuat tarik sebesar 30 - 50 % dengan penambahan serat baja sebesar 2 - 3 % dari volume adukan.

Ali, Majumdar, dan Singh (1973) dalam penelitiannya memperlihatkan hasil bahwa kuat tarik beton serat akan meningkat sesuai dengan konsentrasi serat dalam beton. Peningkatan kuat tarik yang optimal didapat pada konsentrasi serat 6 %. Konsentrasi serat yang kurang atau lebih tinggi dari 6 % akan memberi peningkatan kuat tarik yang tidak optimal, meskipun peningkatan kuat tarik tetap ada.

Penelitian yang dilakukan oleh Bambang Suhendro menunjukkan bahwa serat kawat baja memberi penambahan daktilitas yang terbesar, diikuti dengan serat kawat bendrat dan kawat biasa.

Ramakrishnan (1988) mendapatkan hasil bahwa indeks tahanan lentur akan meningkat sesuai dengan konsentrasi serat. Secara umum, indeks tahan lentur bervariasi sekali pada posisi retak, konsentrasi, aspek rasio, distribusi, dan jenis serat. Meski demikian, indeks tahan lentur untuk balok dengan campuran serat berkait akan berkisar dua sampai tiga kali lebih besar dibanding dengan jika memakai serat lurus.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton

Beton adalah suatu komposit yang terbentuk dari beberapa bahan batuan dan direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), dan ditambah dengan pasta semen sebagai bahan pengikat/perekat. Dalam adukan beton, pasta semen dibentuk dari air dan semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara butiran-butiran agregat juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan. Dengan demikian butiran-butiran agregat tersebut saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Keuntungan beton adalah :

1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar lokal, kecuali untuk daerah yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil.
2. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi dan tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton termasuk tahan aus dan kebakaran, sehingga biaya perawatan murah.
4. Karena kuat tekannya yang tinggi, jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat, seperti gedung, jembatan, jalan raya, dan sebagainya.
5. Beton segar mudah diangkut dan dicetak.

6. Beton segar dapat dipompakan untuk dituang ke tempat-tempat yang posisinya sulit.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.

2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang mengandung garam dapat merusak beton.

3. Beton bersifat getas ("brittle") sehingga memungkinkan terjadinya keruntuhan yang mendadak akibat terlampauinya beban batas. Hal ini dapat dihindari dengan pemasangan baja tulangan pada tempatnya sehingga dapat bersifat daktil ("ductile").

2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton. Komposisi agregat kurang lebih 70 % dari volume beton, sehingga sifat-sifat dari beton ini sangat dipengaruhi oleh sifat agregatnya. Agregat dapat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan secara alamiah (agregat alami), atau pemecahan batuan alam (agregat buatan) dengan alat pemecah batu. Agregat kasar harus mempunyai kestabilan kimia, tahan terhadap keausan, dan tahan terhadap pengaruh cuaca. Agregat yang digunakan pada adukan beton ada dua, yaitu :

1. Agregat kasar (kerikil

Agregat kasar mempunyai diameter 5 - 40 mm. Sifat agregat kasar mempunyai pengaruh terhadap kekuatan beton

sehingga harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, kuat, dan gradasinya baik. Agregat kasar ini dapat diperoleh dari batu pecah, kerikil alami, serta agregat buatan.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus mempunyai diameter butiran 0.15- 5 mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, serta bahan-bahan lain yang dapat merusak beton. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam, keras, dan butirannya mempunyai sifat tidak mudah pecah karena pengaruh cuaca. Pasir dapat diambil dari pasir galian tanah dan sungai, sedangkan pasir dari laut tidak boleh digunakan untuk adukan beton.

2.2.4 Semen

Fungsi semen dalam adukan beton adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen akan membentuk pasta semen jika diaduk dengan air, menjadi mortar semen jika diaduk dengan air dan pasir, dan jika ditambah lagi dengan kerikil disebut beton.

Semen merupakan bahan serbuk halus yang diperoleh dengan menghaluskan klinker, yaitu bahan yang didapat dari pembakaran campuran kapur, silika, dan alumina, pada suhu 1550 °C dengan ditambahkan gips. Campuran tersebut bila dicampur dengan air akan menjadi keras dalam waktu tertentu dan dapat digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Tabel 2.1 Bahan dasar penyusun semen

oxid	Cao	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mg O	SO ₃
% rata-rata	63	22	7	3	2	2

Walaupun demikian, pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting dalam semen portland, yaitu :

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Tricalcium Silicate | 3 CaO SiO ₂ |
| 2. Dicalcium Silicate | 2 CaO SiO ₂ |
| 3. Tricalcium Aluminate | 3 CaO Al ₂ O ₃ |
| 4. Tetracassium Aluminaferrite | 4 CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ |

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Walaupun demikian, pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting dalam semen portland, yaitu :

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Tricalcium Silicate | 3 CaO SiO ₂ |
| 2. Dicalcium Silicate | 2 CaO SiO ₂ |
| 3. Tricalcium Aluminate | 3 CaO Al ₂ O ₃ |
| 4. Tetracassium Aluminaferrite | 4 CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ |

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.5 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen, sehingga akan diperoleh pasta semen. Air juga dipergunakan sebagai pelumas antar butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air yang digunakan untuk adukan beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kardiyono) :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lt,
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton misalnya asam, zat organik dan ssebagainya lebih dari 15 gr/lt,
3. Tidak mengandung Chlorida (Cl) lebih dari 0.5 gr/lt,
4. Tidak mengandung senyawa Sulfat lebih dari 1 gr/lt.

Pemakaian air dalam adukan beton tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton yang dihasilkan akan menjadi rendah serta beton akan porous. Kelebihan air akan mengakibatkan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang ("bleeding"), sehingga mengakibatkan berkurangnya kekuatan lekatan beton. Untuk itu, penggunaan air harus diperhitungkan dengan teliti agar kekuatan beton tidak berkurang dan mudah dalam pengerjaan.

2.2.6 Beton Serat

Menurut ACI Committe 544 (1982), beton serat ("fiber reinforced concrete") didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air,

dan sejumlah kecil serat. Inti dari beton serat adalah penambahan serat yang disebar merata secara random untuk mencegah retakan-retakan kecil ("creep") pada beton.

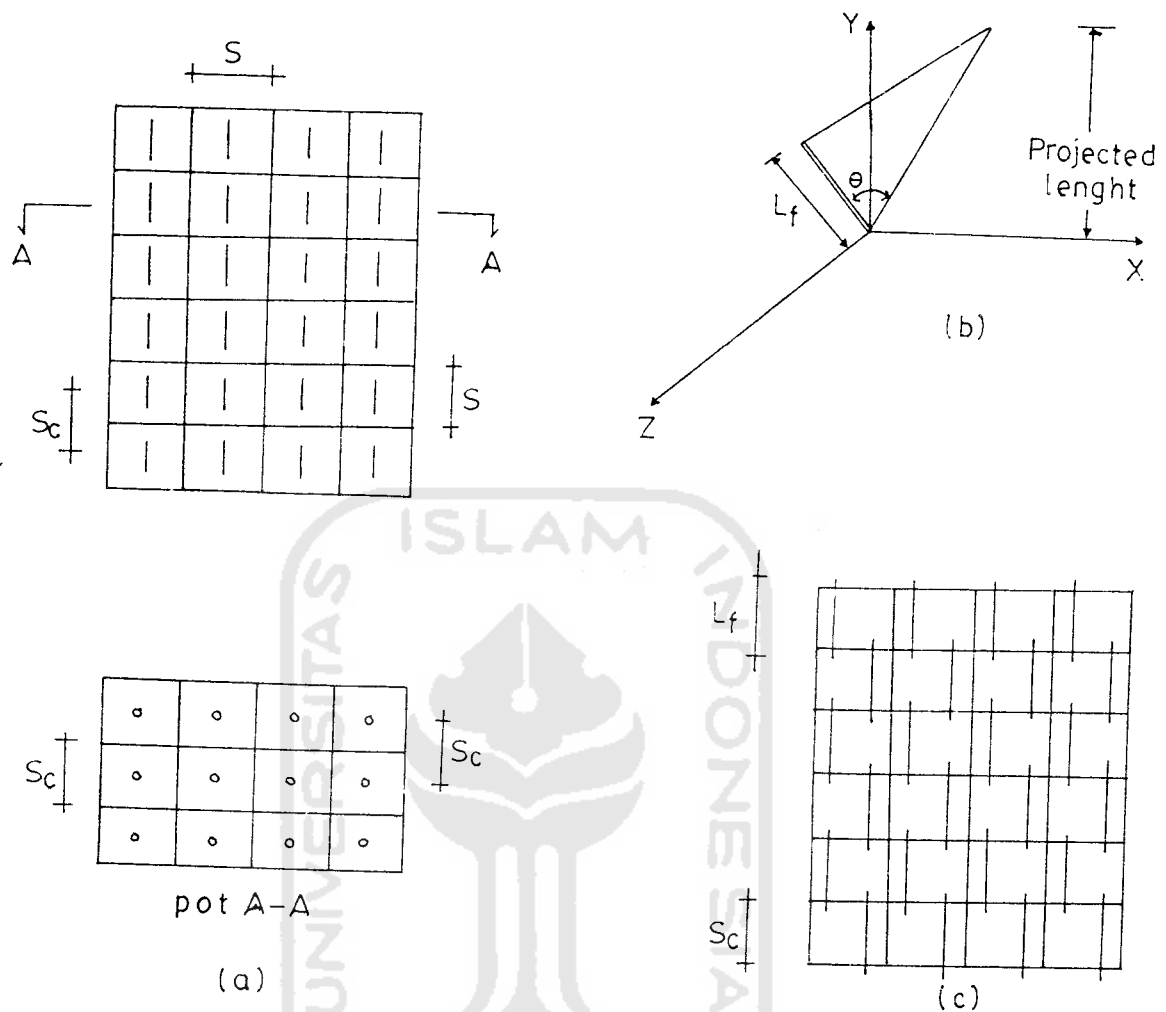
Kelebihan beton serat dalam beberapa sifat strukturalnya dari beton tanpa serat menurut Soroushian adalah :

1. keliatan ("ductility"),
2. ketahan terhadap beban kejut ("impact resistance"),
3. kuat tarik dan kuat lentur ("tensile and flexure strength"),
4. ketahanan terhadap kelelahan ("fatigue life"),
5. ketahanan terhadap pengaruh susutan ("shrinkage"),
6. ketahanan terhadap ausan ("abrasion").

Teori yang pendekatan yang dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme kerja serat ada dua (Soroushian, dkk, 1987) yaitu :

1. Spacing concept

Teori ini menjelaskan bahwa dengan mendekatkan jarak antar serat dalam campuran beton, maka beton akan lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar. Serat dapat bekerja lebih efektif jika berjajar secara urut dan seragam tanpa adanya overlapping. Padahal keadaan sesungguhnya dari susunan serat adalah tidak teratur dan saling overlap (gambar 2.1).



Gambar 2.1 Susunan serat dalam beton menurut spacing concept

- (a) susunan serat yang berurutan
- (b) proyeksi arah serat yang random
- (c) susunan serat yang saling overlap

2. Composite material concept

Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposit pada saat timbul retak pertama ("first crack strength"). Dalam konsep ini diasumsikan bahwa bahan penyusun saling melekat sempurna, bentuk serat menerus

("continuous fiber"), dan angka Poisson dari material komposit dianggap nol. Ilustrasi posisi serat yang tidak teratur ditunjukkan pada gambar 2.2.

Dengan asumsi tersebut diatas, maka kekuatan lentur beton serat menurut Paviz Soroushian, Cha-Don Lee, dan Ziad Bayasi (1987) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad (2.1)$$

dengan σ_c : kekuatan komposit saat retak pertama

σ_f : tegangan tarik serat saat beton hancur

σ_m : kuat tarik beton

V_f : persentase volume serat

Persamaan tersebut harus dikoreksi karena beberapa hal, yaitu orientasi penyebaran serat yang random, tidak sempurnanya lekatan antara serat dan pasta semen, panjang lekatan serat dari bidang retak yang tidak sama, dan juga karena kuat tarik beton tidak sepenuhnya dapat dimanfaatkan.

Arah dan penyebaran serat dalam beton tidak teratur, maka kuat lentur beton harus dikalikan dengan faktor efisiensi penyebaran serat (Ω_θ) yang nilainya sama dengan 0,41. Apabila lekatan serat dengan pasta semen lebih kecil dari kuat tarik serat, maka kuat lentur beton serat ditentukan oleh kuat lekat serat ("bond strength") tersebut. Pada keadaan tersebut, kuat lekat serat disubstitusikan ke dalam persamaan 2.1, atau kuat tarik serat digantikan dengan nilai dibawah ini.

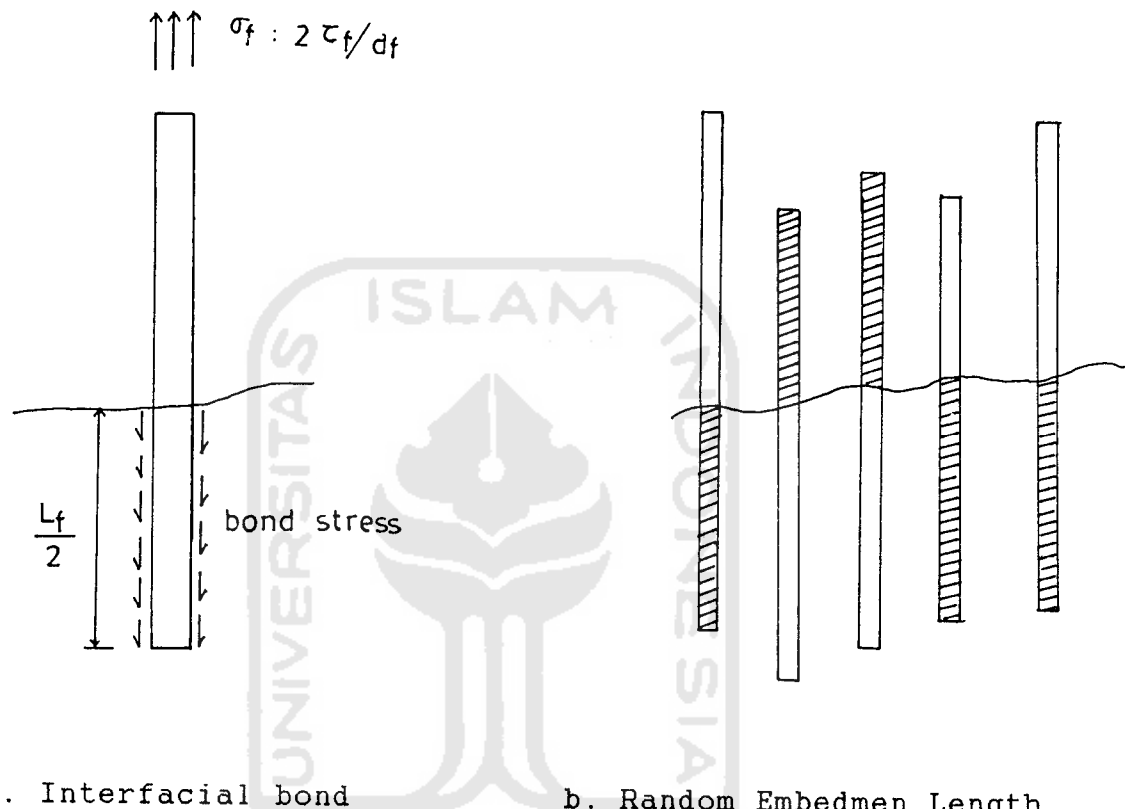
$$\sigma_f = 2 \tau l_f/d_f \quad (2.2)$$

dengan τ : kuat lekat ("bond stress") pada panjang leka-

tan serat yang diperhitungkan ($l_f/2$)

l_f : panjang serat

d_f : diameter serat



a. Interfacial bond b. Random Embedmen Length
Gambar 2.2 Posisi serat yang tidak teratur dalam beton

Pada bidang retak yang terjadi, panjang serat yang tercabut dari pasta semen sangat bervariasi dan tidak seragam, ada yang panjang dan ada yang pendek (gambar 2.2). Hal tersebut disebabkan karena penyebaran serat yang random. Keadaan tersebut menyebabkan hanya 50 % dari setengah panjang serat yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan kuat lekatnya. Dengan demikian, kuat lentur beton serat harus dikoreksi dengan faktor efisiensi panjang serat (η_l).

Setelah diberikan beberapa koreksi maka kuat lentur

beton serat dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$\sigma_c = 2 \Omega_1 \Omega_\theta \tau V_f l_f / d_f + \Gamma \sigma_m (1 - V_f) \quad (2.3)$$

dengan Ω_1 : faktor efisiensi orientasi random dari serat

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= 0,5, \text{ jika } l_f \leq l_e \\ &= 1 - l_c / (2l_f), \text{ jika } l_f > l_e \end{aligned}$$

Ω_θ : faktor efisiensi panjang serat tertanam

$$\Omega_\theta = 0,41$$

l_e : panjang efektif serat

Γ : koefisien tarik beton

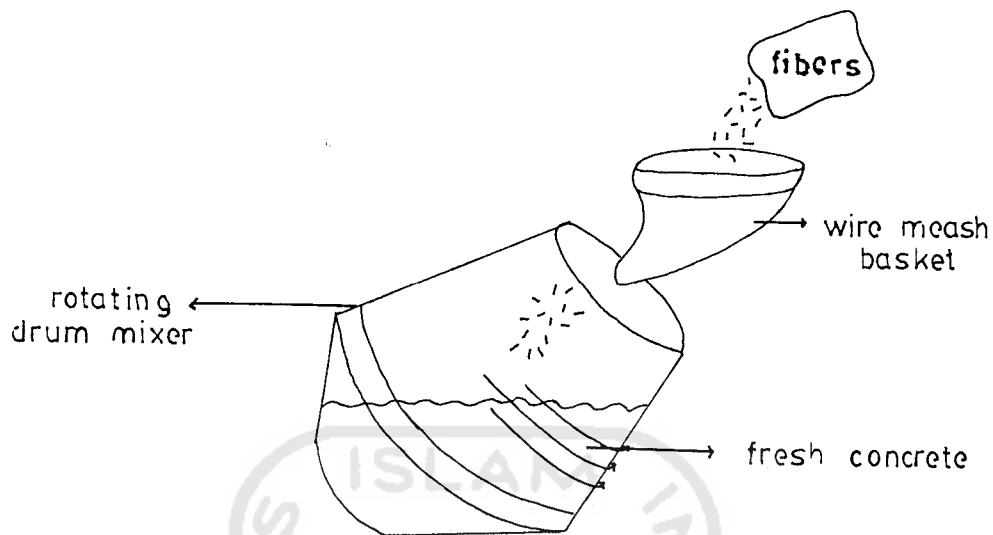
$$\Gamma = 0 \leq \Gamma \leq 1$$

Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton serat adalah :

1. "Fiber dispersion", yaitu teknik pencampuran adukan agar serat yang ditambahkan dapat tersebar merata.
2. "Workability", yaitu kemudahan pengerjaan beton.

Masalah "fiber dispersion" dapat diatasi dengan memperkecil diameter maksimum agregat dan memodifikasi teknik pencampuran adukan. ACI Committe 544 mengisyaratkan ukuran agregat maksimum yang digunakan pada beton serat adalah 3/4" (19 mm), sehingga memudahkan pengadukan dan tersedia ruang bagi serat. Dengan memakai serat beraspek rasio 100, Edgington mendapatkan hasil kelecakan adukan beton serat yang cukup meningkat akibat penurunan diameter agregat dari 20 mm ke 10 mm. Penurunan diameter agregat dari 10 mm ke 5 mm juga menghasilkan peningkatan kelecakan adukan. Untuk teknik pencampuran, serat dimasukkan ke dalam mesin pengaduk beton setelah semen, kerikil, pasir, dan air tercampur merata.

Teknik pencampuran beton dapat dilihat pada gambar 2.3.



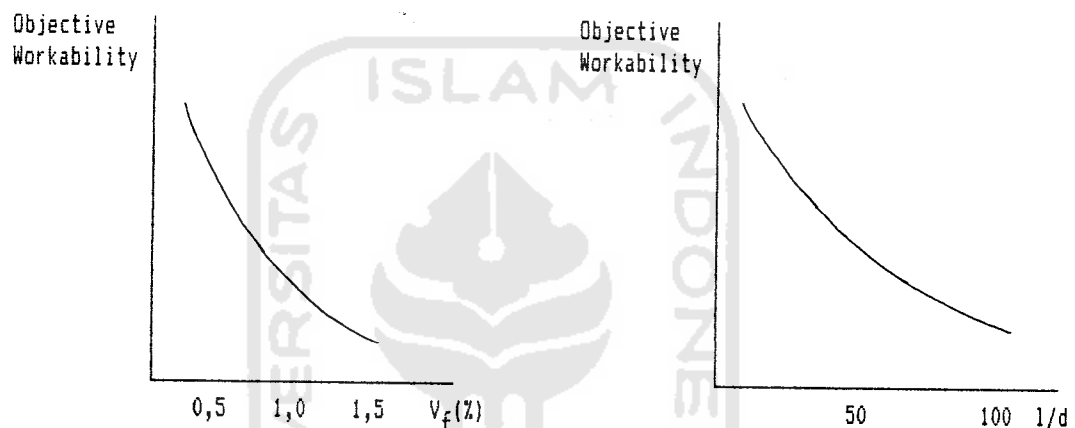
Gambar 2.3 Pencampuran serat pada adukan beton

Faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap kelecakan dan "workability" beton serat adalah :

1. "Fiber aspect ratio", yaitu rasio antara panjang serat (l_f) dengan diameter serat (d_f).
2. "Fiber volume friction", yaitu prosentase volume serat yang ditambahkan pada satuan volume beton.

Penelitian yang dilakukan oleh Briggs, dkk (1974) menunjukkan bahwa penambahan serat ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek ratio serat (nilai banding panjang dan diameter serat). Aspek ratio yang tinggi akan menyebabkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola ("balling effects") yang sangat sulit disebar secara merata dalam proses pengadukan. Batas maksimal aspek ratio serat yang masih memungkinkan pengadukan secara mudah dilakukan adalah $l_f/d_f < 100$, dimana l_f adalah panjang serat dan d_f

adalah diameter serat. Untuk aspek ratio serat yang rendah yaitu $l_f/d_f < 50$, didapat kondisi tidak terjadinya ikatan yang baik antara serat dengan beton. Untuk memperbaiki lekatan antara serat dan beton, dapat digunakan serat dengan berbagai bentuk geometri seperti bentuk berkait dan spiral. Pengaruh prosentase serat yang ditambahkan dan aspek ratio serat terhadap kelecakan adukan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Sumber : Soroushian & Bayasi, 1987

Gambar 2.4 Pengaruh prosentase serat dan aspek ratio serat terhadap kelecakan adukan beton

Penelitian yang dilakukan oleh Edgington, dkk (1974) menunjukkan bahwa kelecakan adukan akan menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi dan aspek ratio serat. Perkiraan konsentrasi serat yang menyebabkan adukan mulai menjadi sulit dan tidak mungkin diaduk adalah :

$$PW_{crit} = 75 \frac{\pi \cdot \Gamma_f}{\Gamma_c} \cdot \frac{d_f}{l_f} \cdot K$$

dengan PW_{crit} : konsentrasi kritis serat (persen berat adukan

Γ_c : berat jenis adukan

d_f/l_f : nilai banding diameter dan panjang serat

dimana
$$K = \frac{W_m}{W_m + W_a}$$

dengan W_m : berat fraksi mortar, yaitu bagian adukan dengan ukuran partikel kurang dari 5 mm

W_a : berat fraksi agregat, yaitu bagian adukan dengan ukuran partikel lebih dari 5 mm

2.2.6 Perencanaan Campuran Adukan Beton

Perhitungan rencana adukan beton yang digunakan adalah perencanaan menurut American Concrete Institute (ACI). ACI menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomis, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Urutan langkah perencanaan menurut ACI (Kardiyono Tjokrodinuljo, UGM) adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak beton yang diisyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin adalah :

$$m = k \cdot s_d$$

Dengan s_d ialah nilai deviasi standar yang diambil dari tabel 2.2, sedangkan faktor k dapat dilihat pada gambar 2.5. Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang diisyaratkan ditambah margin :

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

dengan : f'_{cr} = kuat desak rata-rata (MPa)

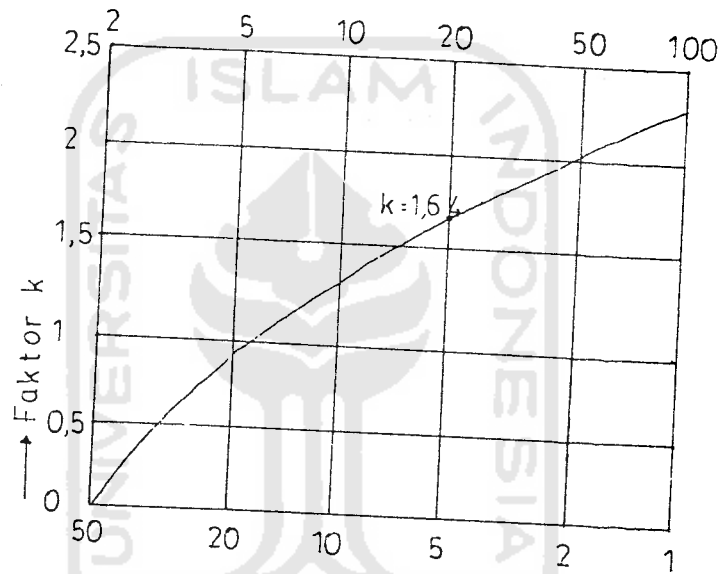
f'_c = kuat desak rencana

m = nilai margin

Tabel 2.2 Nilai Deviasi standar (kg/cm²)

volume pekerjaan		mutu pelaksanaan		
: m ³		: baik sekali	: baik	: cukup
kecil	: < 1000	: 45 < s < 55	: 55 < s < 65	: 65 < s < 85
sedang	: 1000-3000	: 35 < s < 45	: 45 < s < 55	: 55 < s < 75
besar	: > 3000	: 25 < s < 35	: 35 < s < 45	: 45 < s < 65

Jumlah benda uji (N) dengan l diperkirakan jatuh dibawah kekuatan tekan minimum



Bagian pemeriksaan benda uji yang diperkirakan jatuh dibawah kekuatan tekan minimum (%)

Gambar 2.5 Hubungan antara faktor k dan bagian dari hasil pemeriksaan yang diperkirakan jatuh di bawah kekuatan tekan minimum

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (tabel 2.3) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan, (lihat tabel 2.4). Dari dua hasil yang didapatkan dipilih fas yang paling rendah.

Tabel 2.3 Hubungan faktor air semen dan kuat beton silinder beton umur 28 hari

faktor air semen	perkiraan kuat desak (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.4 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uapkorosif	0,52
Beton diluar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (tabel 2.5 dan 2.6).

Tabel 2.5 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maksimum	minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
plat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
pengerasan jalan	7,5	5,0
pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 2.6 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok/kolom	Plat
62,5	12.5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan pada adukan beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (tabel 2.7).

5. Perhitungan semen yang diperlukan yang diperlukan dalam adukan beton, berdasarkan hasil langkah 2 dan 4.

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai Modulus Kehalusan Butir (MHB) dari agregat halusnya (tabel 2.9).

7. Perhitungan volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 2.8), dengan hitungan volume absolut.

Tabel 2.7 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump ukuran maksimum agregat (liter)

slump (mm)	ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m³ beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya (m³)

ukuran maksimum agregat (mm)	modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

2.2.7 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban dibagi dengan luasan permukaan beton yang menerima beban tersebut. Untuk mendapatkan kuat desak dari masing-masing benda uji digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat desak} = \frac{P}{A}$$

dengan : P = beban maksimum

A = luas penampang tertekan

Kuat tekan karakteristik dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{1}^N f_c}{N}$$

$$S_d = \frac{\sum_{1}^N (f_c - f'_{cr})^2}{N-1}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot S_d$$

Keterangan :

Keterangan :

f_c : kekuatan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (MPa)

f'_{cr} : kekuatan tekan beton rata-rata (MPa)

f'_c : kuat tekan beton karakteristik (MPa)

S_d : deviasi standar (MPa)

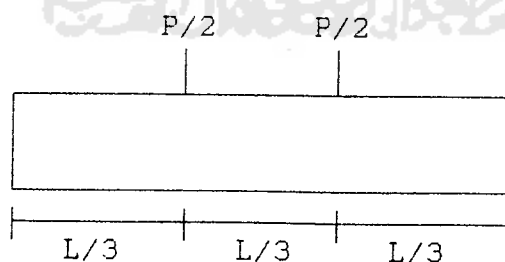
N : jumlah benda uji

Untuk menggambarkan kurva kuat desak beton, maka pada penelitian ini pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

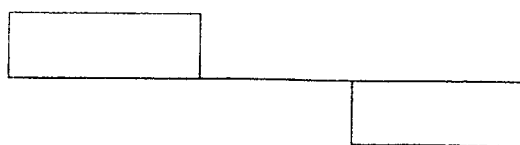
2.2.8 Kuat Lentur Beton

Lentur murni adalah lenturan dari sebuah balok dengan suatu momen lentur konstan, yang dalam hal ini gaya lintangnya sama dengan nol. Untuk mengilustrasikan definisi ini, ditinjau sebuah balok sederhana yang dibebani secara simetris oleh dua buah gaya $P/2$ (gambar 2.6.a). Gaya lintang V dan diagram momen lentur dapat dilihat pada gambar 2.6.b dan 2.6.c.

a.



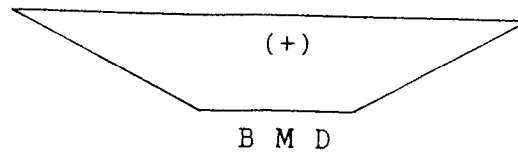
b. $V = P/2$



S F D

$V = P/2$

c.



Gambar 2.3 Balok dengan daerah pusat dalam keadaan lentur murni

- balok dengan dua buah gaya simetris.
- diagram gaya lintang
- diagram momen

Terlihat diantara baban $P/2$ tidak terdapat gaya lintang dan hanya bekerja suatu momen lentur (M) konstan sebesar :

$$M = P/2 \cdot 1/3 L$$

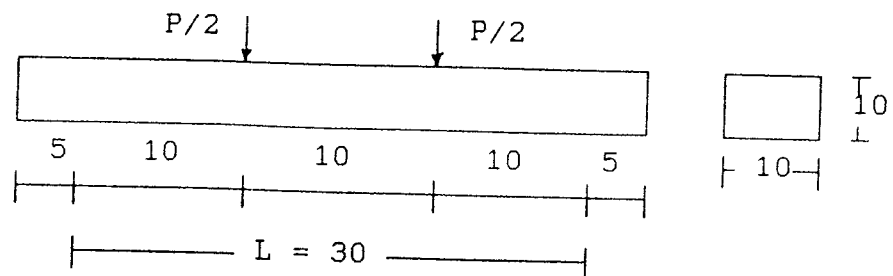
Tegangan lentur yang terjadi pada balok berhubungan dengan tahanan momen (W). Tahanan momen pada balok pada balok tam-pang persegi adalah :

$$W = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

Kekuatan lentur atau tegangan lentur dapat diperoleh dengan rumus :

$$\sigma_{lt} = M/W$$

Benda uji yang dipakai dalam uji lentur pada penelitian ini menggunakan menggunakan prisma beton dengan luas penampang $10 \times 10 \text{ cm}^2$ dan panjang 40 cm.



Gambar 2.4 Pengujian lentur prisma beton

Dengan substitusi persamaan pada momen lentur (M) dan

tahanan momem (W) diperoleh tegangan lentur :

$$\sigma_{lt} = P \cdot L / b \cdot h^2$$

keterangan :

σ_{lt} = tegangan lentur

L = jarak tumpuan

b = lebar tampang balok

h = tinggi tampang balok

