

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH CAMPURAN PLASTIK PADA BETON**



**Disusun Oleh :**

***Agung Nugroho Premi Yudono***

No. Mhs : 84310009  
N I R M : 844330009

**&**

***Muhammad Noor Aswan***

No. Mhs : 84310010  
N I R M : 844330010

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**1994**

untuk,

istriku, dra. nurmalasari,  
ica, adit, dan adik-adiknya,  
ibu, bapak, kedua mertuaku,

tugas akhir ini dipersembahkan.

agung nugroho py

untuk yang tercinta,

Mama dan Bapak,  
Ita, Ichsan, Dedy serta Yudi,  
dinda Rosmawati,

tugas akhir ini dipersembahkan.

M. Noor Aswan

## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim.  
Assalaamu 'alaikum wr. wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan nikmat yang begitu besar terutama nikmat Iman dan Islam. Atas ijin yang diberikan Allahlah laporan penelitian sebagai tugas akhir dapat diselesaikan.

Sesuai dengan kurikulum pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, maka setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan jenjang strata satu (S1) diwajibkan membuat tugas akhir sebagai salah satu persyaratan.

Penyusunan laporan ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan penyusun di laboratorium bahan konstruksi teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penyusun menghaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS., selaku dosen pembimbing dan Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Harsoyo, MSC., selaku Asisten Dosen Pembimbing pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,

3. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE., selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Staff Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
5. Rekan-rekan yang telah banyak membantu dan tak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga kebaikan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT, Amien.

Billaahittaufiq wal hidayah.  
Wassalaamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Mei 1994.  
Penyusun,

1. Agung Nugroho PY
2. M. Noor Aswan

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul tabel	Halaman
1.1.	Penerapan fiber reinforced concrete	4
1.2.	Spesifikasi fiber yang sering digunakan	7
2.1.	Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar	28
3.1.	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari	39
3.2.	Faktor air semen maksimum	39
3.3.	Nilai slump	40
3.4.	Ukuran maksimum agregat	40
3.5.	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat	41
3.6.	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m <sup>3</sup> beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya	41
3.7.	Kebutuhan bahan susun beton	44
4.1.	Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar	50
4.2.	Hasil pengujian kuat tekan karakteristik pada benda uji kubus umur 28 hari	50
4.3.	Hasil pengujian kuat lentur balok umur 28 hari	52

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul gambar	Halaman
1.1.	Cara penambahan fiber pada adukan beton	2
1.2.	Orientasi fiber yang random	3
1.3.	Beberapa variasi jenis fiber	5
1.4.	Peningkatan daktilitas beton fiber	8
1.5.	Peningkatan daktilitas pada perilaku joint beton fiber	9
1.6.	Perilaku bahan akibat beban tarik	10
1.7.	Susut kering beton biasa dan beton fiber	11
2.1.	Posisi fiber yang tidak teratur dalam beton	21
2.2.	Susunan fiber dalam beton menurut "spacing concept"	23
2.3.	Hasil "static uniaxial compression test" untuk benda uji mortar dan "fiber reinforced concrete"	25

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
ABSTRAK .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	13
1.3. Rumusan Masalah .....	13
1.4. Tujuan Penelitian .....	13
1.5. Manfaat Penelitian .....	14
1.6. Hipotesa .....	15
1.7. Metode Penelitian .....	15
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka .....	16
2.2. Landasan Teori .....	27
BAB III. CARA PENELITIAN	
3.1. Bahan Penelitian .....	31
3.2. Peralatan Penelitian .....	32
3.3. Pelaksanaan Penelitian .....	34



BAB	IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	4.1. Workability .....	48
	4.2. Kuat tekan .....	49
	4.3. Kuat lentur .....	51
BAB	V. KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1. Kesimpulan .....	53
	5.2. Saran .....	54
PENUTUP	.....	55
DAFTAR PUSTAKA	.....	56
LAMPIRAN		

## ABSTRAK

Beton memiliki sifat yang praktis tidak mampu menahan tarik, dan akan segera retak bila terdapat tegangan tarik maupun lentur yang tidak begitu besar. Meskipun memiliki kekuatan mendukung tegangan desak yang tinggi dan kelebihan terhadap sifat-sifat non-struktural yang lain, namun kuat tarik beton sering diabaikan dalam perencanaan struktur beton bertulang.

Untuk memperbaiki sifat kurang baik beton, dilakukan penambahan bahan fiber ke dalam adukan beton yang disebarakan secara merata dengan orientasi random.

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah fiber yang berasal dari tas plastik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan fiber plastik dengan prosentase 1% volume mampu meningkatkan kuat lentur beton, namun pada penambahan fiber dengan prosentase 2% atau lebih, kuat lentur beton turun, begitu pula kuat desak beton turun sejalan dengan prosentase penambahan fiber ke dalam adukan beton. Kelecekan adukan turun sebagai akibat penambahan fiber, sehingga adukan beton sulit untuk dikerjakan.

## BAB I PENDAHULUAN

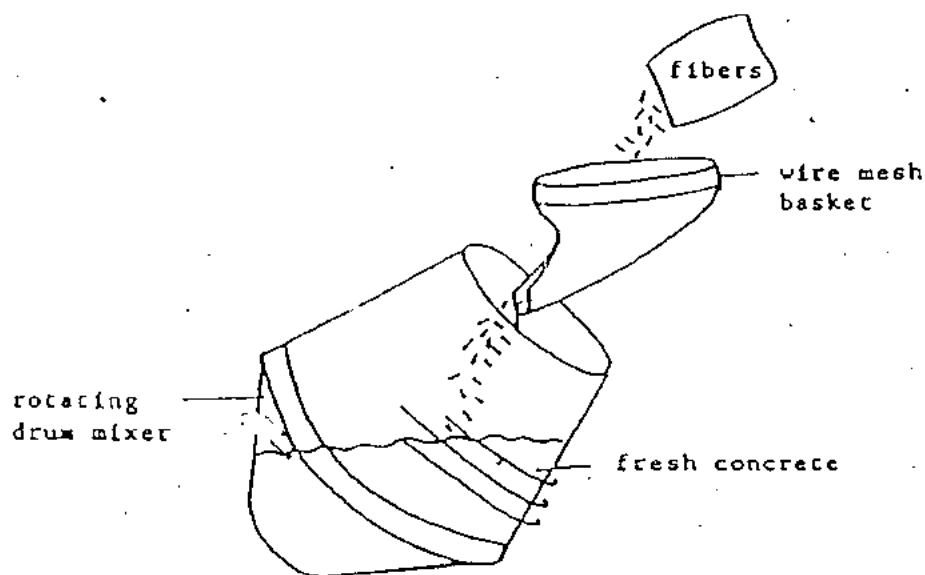
### 1.1. Latar Belakang

Beton telah lama dikenal dan sangat populer dalam pekerjaan sipil karena mempunyai beberapa keunggulan dibanding bahan lain. Bahan susun beton tersedia cukup banyak. Disamping itu beton hampir tidak memerlukan perawatan dalam pemakaiannya. Hal tersebut sangat cocok untuk negara berkembang seperti Indonesia, karena perawatan belum begitu banyak mendapat perhatian begitu besar.

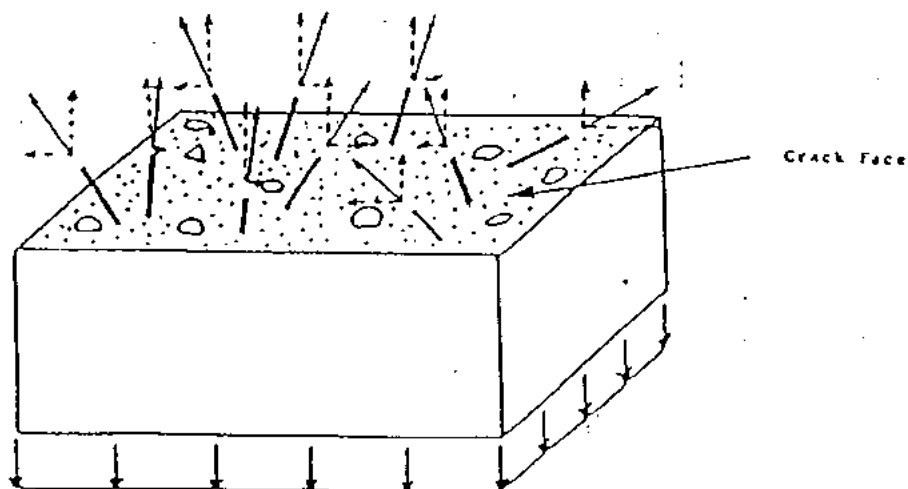
Kelebihan lain adalah sifat-sifatnya yang tahan terhadap api, mudah dibentuk, tahan cuaca, tidak berkarat serta mampu mendukung tegangan desak yang cukup tinggi. Meski demikian, karena sifatnya yang getas ("brittle") dan tidak mampu menahan tegangan tarik, bahan tersebut punya keterbatasan dalam penggunaannya. Dalam praktek, sifat kurang baik tersebut dapat ditanggulangi dengan pemakaian tulangan baja. Dalam perancangan struktur, tegangan tarik tidak diperhitungkan dan beton dianggap hanya mampu menahan tegangan desak. Pada struktur yang didominasi tarik dan lentur lebih besar (balok misalnya), bagian tarik beton akan segera retak bila mendapat tegangan. Secara struktural kondisi ini tidak membahayakan karena tegangan tarik telah ditahan sepenuhnya oleh tulangan. Namun retak-retak yang timbul memungkinkan terjadinya kontak antara

tulangan dan oksigen yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan, sehingga luas tampang tulangan baja menjadi berkurang.

Para peneliti terdahulu telah melakukan percobaan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton dengan cara penambahan berbagai bahan tambah, baik bahan tambah yang bersifat kimiawi maupun fisikal pada adukan beton. Salah satu bahan tambah tersebut adalah fiber. Ide dasar penambahan fiber tersebut adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarakan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random (acak), sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987), seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 dan 1.2.

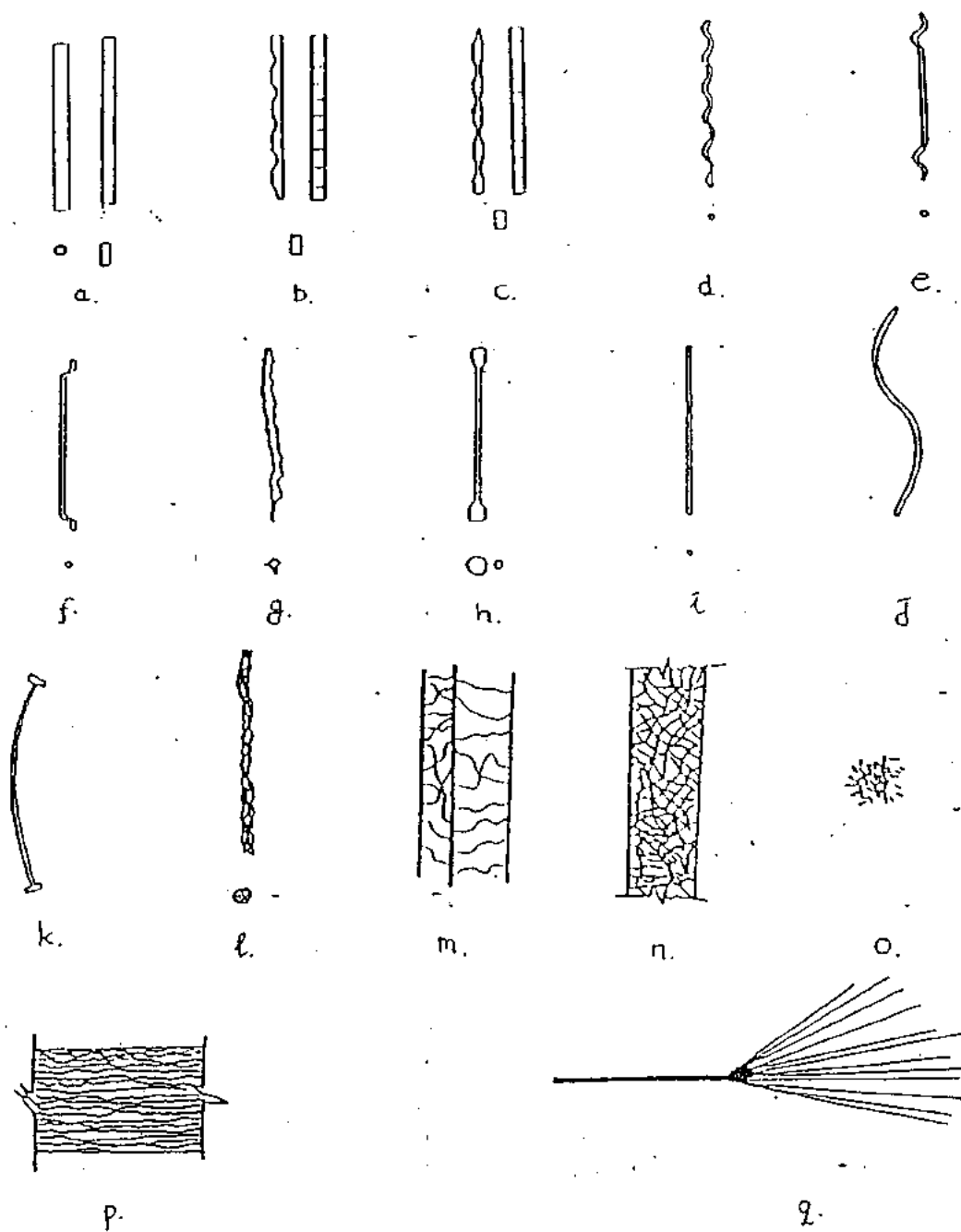


Gambar 1.1. Cara penambahan fiber pada adukan beton



Gambar 1.2. Orientasi fiber yang random.

Beberapa macam bahan fiber yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik beton telah dilaporkan oleh ACI Committe 544, 1982 serta Soroushian dan Bayasi, 1987. Bahan fiber tersebut antara lain baja ("steel"), gelas ("glass"), plastik ("plastic"), dan karbon ("carbon") seperti pada gambar 1.3. Untuk keperluan non-struktur, fiber dari bahan alamiah ("natural fiber") seperti ijuk atau serat tumbuh-tumbuhan yang lainnya juga dapat digunakan. Bahan-bahan fiber tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan dalam memperbaiki "performance" beton. Dengan demikian pemilihan jenis bahan fiber perlu disesuaikan dengan sifat yang akan diperbaiki dalam aplikasinya. Beberapa sifat tambahan yang dimiliki fiber, seperti kemudahan sewaktu pencampuran, tahan terhadap korosi, dan kemudahan dibuat atau didapatkan di pasaran adalah merupakan bahan pertimbangan dalam penentuan jenis fiber yang akan digunakan.



Gambar 1.3. Beberapa variasi jenis fiber

(a) - (h) "steel fibers"

(i) "glass fibers"

(j) - (n) "plastic fibers"

(o) - (q) "carbon fibers"

"Steel fibers" memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi, sehingga daktilitas beton dapat ditingkatkan. Disamping itu "steel fibers" tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen. Ikatan dalam komposisi campuran dapat meningkat karena pengangkuran secara mekanikal. Kelemahan yang dimiliki adalah, bila "steel fibers" tidak dalam posisi terlindung dalam beton, maka resiko terjadinya korosi dapat timbul. Hal lain adalah menyangkut berat "steel fibers" yang jelas akan menambah berat betonnya. Sifat kohesi yang tinggi dari "steel fibers" juga akan mengakibatkan terjadinya "balling effect", yaitu fiber tidak tersebar secara merata pada saat dicampur tetapi menggumpal seperti bola, sehingga perlu diusahakan cara penyebaran "steel fibers" secara merata pada adukan.

"Glass fibers" dalam hal kekuatan hampir menyamai "steel fibers", tetapi berat jenisnya lebih rendah dan modulus elastisitasnya hanya sepertiga dari "steel fiber", sehingga beton fiber yang dihasilkan memiliki bobot yang lebih ringan dibanding beton "steel fibers". Kekurangan yang paling menonjol adalah kurang tahan terhadap pengaruh alkali semen sehingga dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan kerusakan pada fibernya.

Jenis "plastic fiber" yang sering digunakan untuk keperluan penulangan beton adalah jenis "polypropylene". Sifat-sifat "polypropylene" adalah tidak menyerap air semen, modulus elastisitas yang rendah, ikatan dengan

semen kurang baik, mudah terbakar serta titik lelehnya rendah, sehingga jenis plastic fiber ini mudah sekali mengalami slip, kurang tahan lama karena bisa menjadi getas dan tidak tahan suhu yang tinggi yang menyebabkan perubahan sifat kimianya.

Ikatan dalam beton perlu ditingkatkan dengan memperbaiki bentuk permukaan serta ujung "plastic fibers". Cara yang dapat ditempuh yaitu dengan menggabungkan beberapa fiber dan dibuat simpul pada ujungnya agar dihasilkan "pull out resistance" yang lebih besar.

Bahan fiber yang lain adalah "carbon fibers". Meskipun harga "carbon fibers" lebih murah, stabil pada suhu tinggi, mempunyai ketahanan terhadap abrasi, relatif kaku dan tahan lama, namun penyebaran fiber pada adukan beton lebih sulit bila dibanding jenis fiber yang lain (Ohama dkk, 1985).

Sifat-sifat dasar ("basic properties") berbagai macam fiber yang telah diuraikan diatas telah diuji di luar negeri, disajikan secara ringkas pada tabel 1.2. berikut.

Tabel 1.2. Spesifikasi fiber yang sering digunakan  
(sumber : Soroushian dan Bayasi, 1987)

fiber	berat jenis	kuat tarik Ksi	modulus youngs $10^3$ Ksi	volume fract %	diameter in	panjang in
Baja	7,86	100 - 300	30	0,75-3	0,0005 - 0,04	0,5-1,5
Kaca	2,70	up to 100	11	2 - 8	0,004 - 0,03	0,5-1,5
Plastik	0,91	up to 100	0,14 - 1,20	1 - 3	up to 0,10	0,5-1,5
Karbon	1,60	up to 100	up to 7,20	1 - 5	0,0004 - 0,0008	0,02 - 0,50

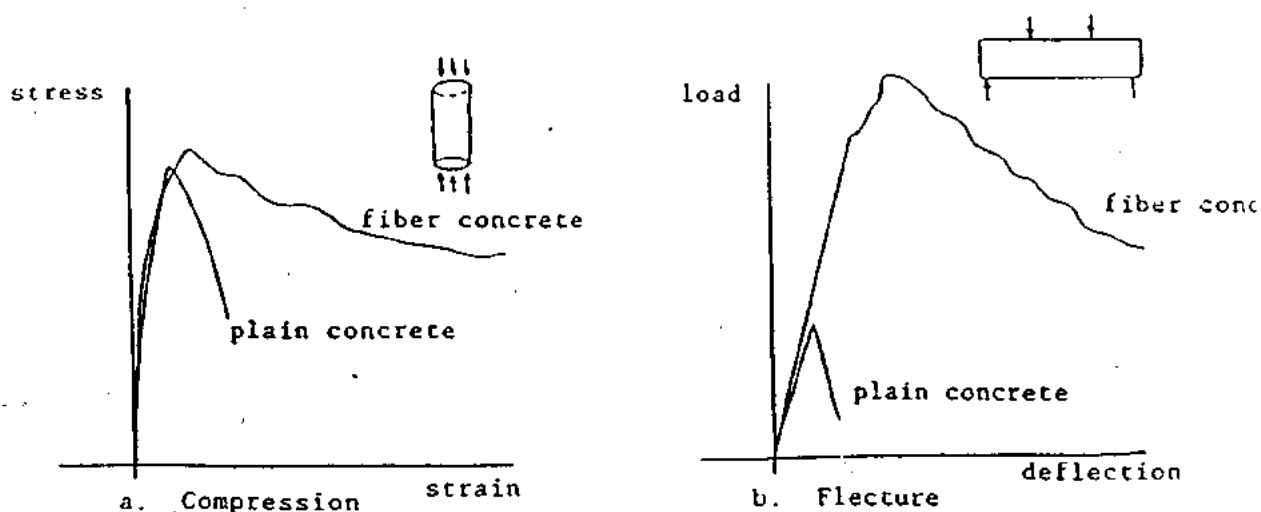


Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki adalah :

- a. daktilitas ("ductility"), kemampuan bahan menyerap energi ("energy absorption"),
- b. ketahanan terhadap beban kejut ("impact resistance"),
- c. ketahanan terhadap beban tarik dan lentur ("tensile and flexural strength"),
- d. ketahanan terhadap kelelahan ("fatigue life"),
- e. ketahanan terhadap pengaruh susut ("shrinkage"),

#### a. Daktilitas

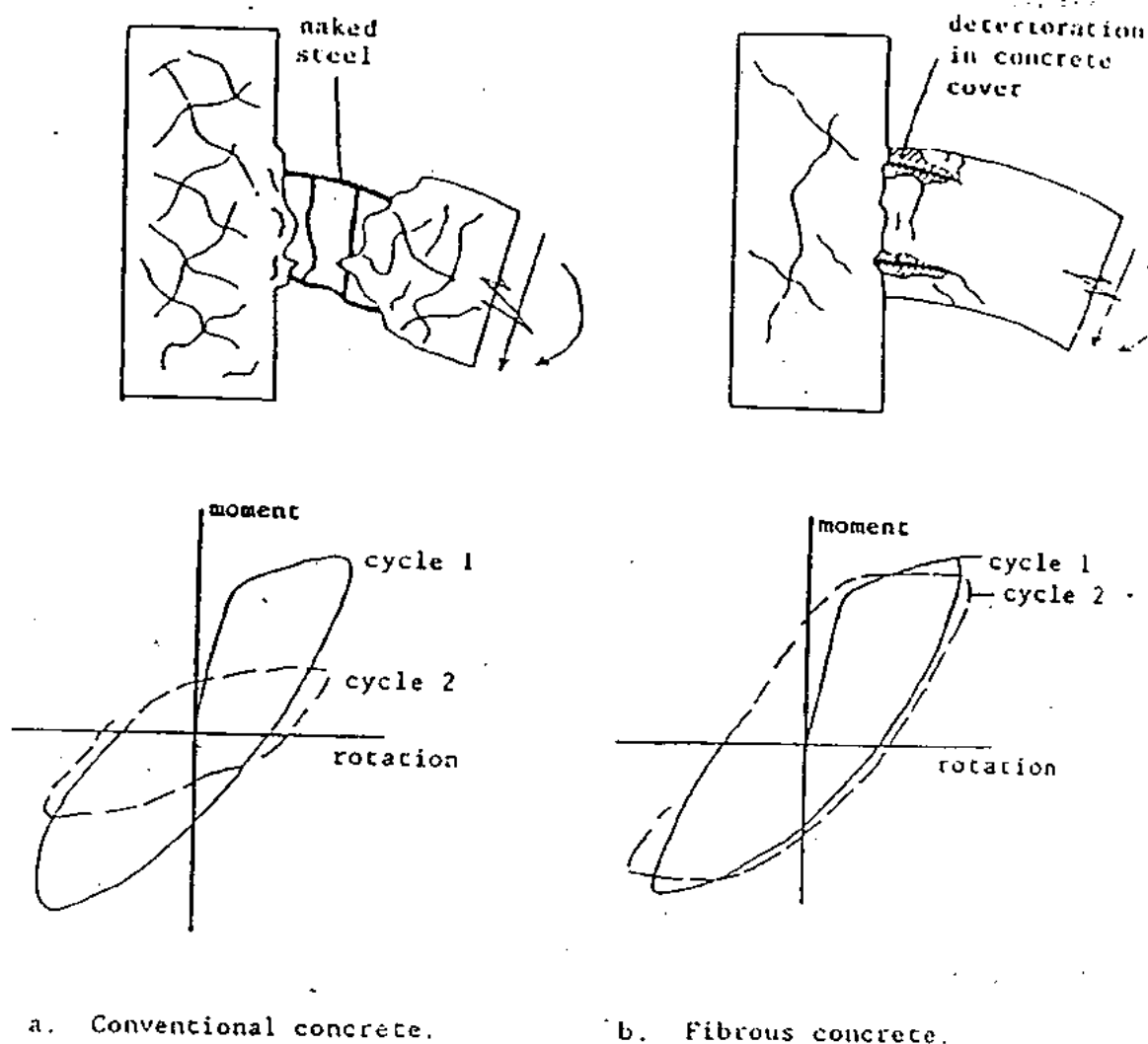
Salah satu problem mendasar beton adalah sifat getasnya. Dengan adanya fiber energi yang timbul akibat beban luar akan diserap oleh fiber tersebut, sehingga bahan menjadi lebih daktil (liat). Gambar 1.4a dan 1.4b memperlihatkan perbandingan diagram tegangan regangan beban desak dan beban lendutan pada beton biasa dan beton fiber. Kegagalan pada beton adalah pada sifat getasnya, sedangkan beton fiber mampu menahan deformasi yang cukup besar.



Gambar 1.4. Peningkatan daktilitas beton fiber.

Peningkatan daktilitas sebagai hasil penambahan fiber terlihat jelas pada struktur tahan gempa. Struktur tersebut mampu menyerap energi yang besar yang menyebabkan terjadinya sendi plastis tanpa terjadi atau mengalami keruntuhan.

Gambar 1.5. memperlihatkan perbedaan perilaku struktur pada pertemuan balok dan kolom dengan pembebanan berulang-ulang antara beton konvensional dan beton fiber.



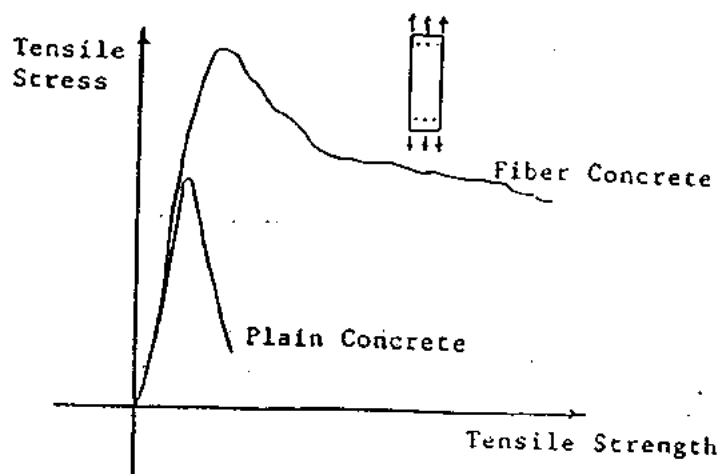
Gambar 1.5. Peningkatan daktilitas pada perilaku joint beton fiber.

b. Ketahanan terhadap beban kejut

Material dasar semen tidak memiliki ketahanan terhadap beban kejut. Peningkatan ketahanan secara menyolok terhadap beban kejut ("impact resistance") diperoleh dengan penambahan fiber ke dalam adukan beton. Keuntungan peningkatan ini sering diterapkan pada perkerasan landasan udara dan struktur-struktur pelindung.

c. Ketahanan terhadap beban tarik dan lentur

Kecilnya kuat tarik merupakan kelemahan utama beton. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan penambahan fiber. Gambar 1.6. memperlihatkan perbandingan diagram tegangan regangan antara beton biasa dengan beton fiber pada pengujian beton. Perbandingan serupa dapat dilihat pada gambar 1.4b untuk pengujian lentur. Pengaruh utama beton fiber terlihat pada peningkatan daktilitas/keliatan bahan. Kuat tarik dan kuat lentur juga diamati untuk meningkatkan penggunaan fiber.



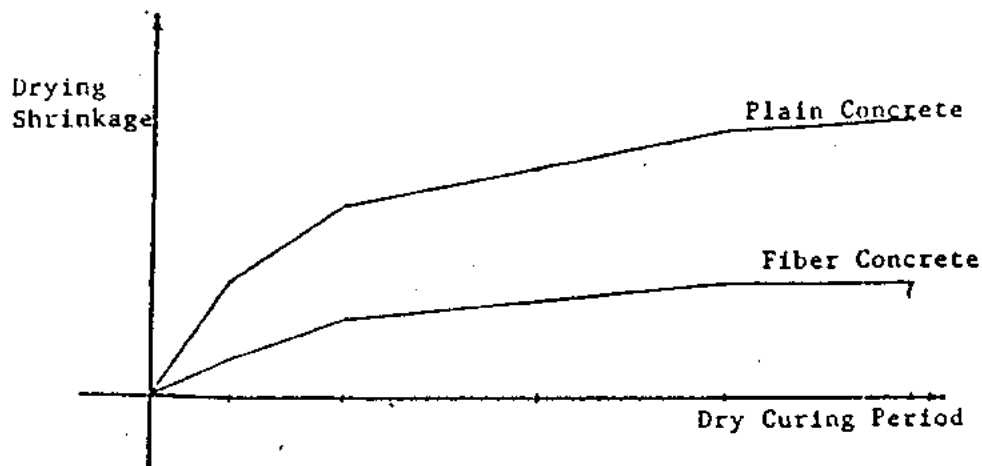
Gambar 1.6. Perilaku bahan akibat beban tarik

d. Ketahanan terhadap kelelahan

Hasil tes menunjukkan bahwa peningkatan kuat lelah sejalan dengan penambahan prosentase fiber. Penambahan fiber juga mengurangi lebarnya retakan dan defleksi yang terjadi dibawah beban lelah. Peningkatan kekuatan terhadap kelelahan pada beton fiber mendorong konstruktor menerapkannya untuk kepentingan perkerasan jalan dan jembatan. Dengan beton fiber, tebal perkerasan jalan dapat dikurangi hingga 50% perkerasan beton konvensional.

e. Ketahanan terhadap pengaruh susutan

Keretakan pada beton dapat di hindari dengan cara pengekangan oleh fiber untuk menghilangkan pengaruh susut pada struktur. Penelitian beton fiber menunjukkan bahwa penambahan fiber dapat mengurangi susut dan retak akibat susut tersebut. Gambar 1.7. menunjukkan perbedaan susut kering antara beton biasa dengan beton fiber.



Gambar 1.7. Susut kering beton biasa dan beton fiber

Akhir-akhir ini penerapan "fiber reinforced concrete" meliputi beberapa sifat struktur. Tabel 1.1. menunjukkan beberapa aplikasi dari "fiber reinforced concrete" serta perbaikan sifat yang diperoleh dengan adanya penambahan fiber tersebut.

Di Indonesia bahan fiber belum banyak dikenal dalam pemakaian untuk bangunan struktur maupun non-struktur, hal ini dikarenakan belum tersedianya bahan fiber di pasaran dan penggunaannya belum memasyarakat, oleh karena itu penggunaan bahan-bahan lokal dapat dimodifikasi menjadi bahan fiber sebagai penelitian awal.

Mengingat penambahan fiber ke dalam adukan beton berakibat mempermahal harga satuan betonnya, maka dicari suatu alternatif, antara lain penggunaan bahan limbah tas plastik sebagai bahan fiber. Alasan pemilihan tas plastik sebagai bahan fiber antara lain :

- a. bahan tersebut murah dan mudah didapat,
- b. sebagai limbah, tas plastik tersebut tidak mudah untuk dimusnahkan,
- c. mencari kemungkinan limbah tas plastik dapat dimanfaatkan untuk kepentingan konstruksi,
- d. membantu mengatasi masalah lingkungan, dalam hal ini masalah limbah plastik.

Diharapkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan sehingga memberikan nilai tambah yang sebesar-besarnya bagi kepentingan konstruksi maupun bagi lingkungan hidup.



## 1.2. Batasan Masalah

Ketidakmampuan beton dalam menahan beban tarik merupakan persoalan pokok dan menjadi tantangan bagi para ahli konstruksi untuk memecahkan masalah tersebut. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan suatu bahan tambah yang dapat memberikan kekuatan untuk menahan beban tarik.

Salah satu cara yang dipilih untuk meningkatkan tegangan tarik adalah dengan penambahan "fiber" ke dalam adukan beton. Retak-retak kecil yang terjadi diharapkan akan dapat ditahan oleh "fiber", sebelum terjadi retak yang cukup besar karena beban yang bekerja melebihi kapasitas tampangnya, sehingga beton mengalami keruntuhan.

## 1.3. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini yang menjadi permasalahan adalah apakah beton fiber plastik mampu menghasilkan daya dukung lentur yang lebih besar dengan tidak menurunkan kekuatan desaknya.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disamping untuk mencari alternatif bagi pemecahan masalah limbah plastik, juga dimaksudkan agar limbah plastik tersebut dapat dimanfaatkan bagi kepentingan konstruksi, khususnya beton.

Untuk melihat pengaruh yang ditimbulkan akibat penambahan serat ("fiber") plastik dalam campuran adukan beton serta perilakunya dalam menahan beban dengan kondisi seperti keadaan sesungguhnya, dilakukan pengujian terhadap

sampel balok berukuran  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$  untuk beban lentur dan sampel kubus berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  untuk beban desak.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi :

#### 1. Lingkungan Hidup

Dengan diadakannya penelitian ini akan menjadikan banyak orang menyadari, bahwa barang-barang yang dianggap sepele dan hanya menjadikan tambahan masalah pencemaran dapat dimanfaatkan menjadi suatu bahan yang berguna dengan ilmu pengetahuan yang cukup sederhana.

#### 2. Lapangan Kerja

Pada penelitian ini bahan fiber yang digunakan adalah kantong plastik (plastik HDPE) yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sehingga apabila kelak bahan tersebut dapat digunakan secara luas, maka kantong-kantong plastik yang biasanya setelah dipakai langsung dibuang, dapat dimanfaatkan bagi kepentingan konstruksi, sehingga suatu saat nanti akan banyak orang yang berprofesi sebagai pengumpul plastik tersebut. Dalam jumlah besar akan memungkinkan didirikannya pabrik pengolahan plastik yang khusus disediakan untuk kebutuhan bahan campuran beton. Dengan demikian diharapkan akan dapat menampung banyak tenaga kerja.

#### 3. Fakultas

Hasil penelitian ini selain sebagai bahan bacaan, juga dapat menjadi suatu langkah awal bagi penelitian selanjutnya, khususnya mengenai beton fiber.



### **1.6. Hipotesa**

Sebagai penuntun kerja dalam penelitian ini adalah :  
Beton fiber dengan plastik sebagai bahan fiber akan meningkatkan daya lentur dan mengurangi kuat desak beton.

### **1.7. Metode penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan kuat tegangan desak dan lentur antara sampel beton standar (tanpa serat) dengan beton "fibre" yang memiliki konsentrasi penambahan serat plastik berturut-turut sebesar 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% pada umur beton 28 hari untuk uji kuat lentur dan 7 hari untuk kuat desak beton.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Karakteristik beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Pendekatan praktis yang paling baik untuk mengusahakan perbaikan sifat beton, akan berarti suatu pemberosan bila ditinjau dari segi ekonomi. Yang paling diharapkan dari suatu konstruksi adalah dapat memenuhi harapan secara maksimal, dan tidak hanya terpancang pada satu tinjauan saja, misalnya kekuatannya harus semaksimal mungkin.

Meskipun usaha untuk mendapatkan beton dengan kekuatan yang maksimum bukan satu-satunya tujuan, sifat beton yang kurang menguntungkanpun perlu dimengerti oleh para perencana dan konstruktor, agar dikemudian hari dapat terhindar dari kesulitan-kesulitan dalam segi pembiayaan bangunan, dan juga terhadap retak-retak maupun kelemahan konstruksi lain yang mengganggu pemandangan, perawatan dan umur dari bangunan itu sendiri. (L.J. Murdock, dkk, 1988)

Kekurangan-kekurangan dan hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

#### 1. Kekuatan tarik yang rendah.

Kuat tarik beton berkisar  $1/18$  kuat desak pada waktu umur beton muda, dan berkisar  $1/20$  sesudahnya. Karena

rendahnya kuat tarik beton tersebut, maka pada perencanaan bangunan beton biasanya kuat tarik tidak diperhitungkan, bahkan dalam perkembangan rekayasa beton gaya tarik tersebut justru dihilangkan, contohnya pada beton prategang. Dan pada konstruksi beton yang bukan prategang, untuk menahan kuat tarik tersebut beton diperkuat dengan tulangan baja, sebagai pengganti tegangan tarik beton yang dianggap nol.

## 2. Rambatan suhu.

Selama terjadinya proses pengikatan dan pengerasan suhu beton akan naik. Naik dan turunnya suhu tidak selalu seragam pada seluruh masa beton. Kombinasi kimiawi dari semen dan air diikuti dengan pelepasan sejumlah panas yang cukup banyak, dan panas tersebut hanya dapat dilepas dengan cara konduksi pada permukaan luar beton. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin besar masa beton maka semakin besar suhu dalam beton yang masih muda umurnya, dibandingkan dengan suhu pada permukaan luar. Satu hal yang menjadi perhatian adalah bilamana masa beton itu menjadi dingin, sehingga terjadi perbedaan penyusutan yang mendorong terjadinya tegangan tarik yang disertai retak-retak. Tindakan yang dilakukan adalah dengan membasahi permukaan luarbeton. Karena beton yang mengering secara perlahan-lahan lebih mampu mereduksi retak-retak dibandingkan dengan beton yang mengering dengan cepat.

## 3. Perubahan kadar air.

Beton menyusut bilamana kering dan bahkan ketika ter-

jadi pengerasan. Penyusutan terjadi karena proses hidrasi air pada beton. Untuk mengurangi efek ini, yang perlu diperhatikan adalah gradasi bahan penyusun beton dan menghindarkan penguapan air pada waktu proses pengerasan beton secara cepat.

#### 4. Rayapan.

Beton akan mengalami perubahan bentuk secara berangsur-angsur apabila mengalami pembebanan. Perubahan bentuk yang terjadi akibat rayapan beton ini tidak dapat kembali seperti semula apabila beban tersebut dihilangkan.

#### 5. Kerapatan terhadap air.

Beton yang paling baik sekalipun tidak dapat secara sempurna kedap terhadap air dan kelembaban. Hal ini disebabkan adanya retak rambut yang terjadi karena terjadinya perbedaan penyusutan pada waktu beton mulai mengeras. Retak-retak ini perlu mendapatkan perhatian secara khusus apabila digunakan pada konstruksi-konstruksi yang banyak berhubungan dengan air dan kelembaban berkaitan dengan perlindungan terhadap karat pada baja tulangan.

Dengan memperhatikan uraian diatas, maka perlu diadakan suatu tindakan untuk memperbaiki atau paling tidak dapat mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut. Salah satu tindakan yang dimungkinkan adalah dengan memberikan suatu bahan tambahan yang berupa serat atau fiber ke dalam adukan beton. Pemberian tambahan fiber ini dimaksudkan untuk

mengurangi efek dari proses pengeringan yang berupa retak-retak rambut. Dengan anggapan bahwa fiber mempunyai kelen-turan yang lebih besar dibandingkan bahan pengikat beton yang berupa semen, sehingga retak-retak kecil yang terjadi diharapkan dapat ditahan oleh bahan fiber sebelum retak-retak yang cukup besar terjadi.

Menurut ACI Committee 544 (1982), "fiber reinforced concrete" didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus (yang digunakan adalah pasir alam), agregat kasar, dan sejumlah kecil fiber.

Teori yang dipakai sebagai pendekatan untuk dapat menjelaskan mekanisme kerja fiber sehingga dapat memperbaiki sifat beton, ada dua (Soroushian, dkk, 1987) yaitu : spacing concept dan composite material concept.

#### **2.1.1. Spacing concept**

Dalam teori pertama ini, cara penempatan fiber adalah berjajar secara urut dan seragam. Karena dengan berjajar secara urut dan seragam tanpa adanya overlapping, fiber dapat bekerja lebih efektif. Dan dengan mendekatkan jarak antar fiber dalam campuran beton, maka beton akan dapat lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar.

Jika fiber diatur dalam penempatannya, seragam, tanpa ada yang saling menindih atau overlapping, maka jarak rata-rata dari titik tengah antar fiber ( $S_c$ ) adalah (Parvis Soroushian, dkk. 1986) :

$$S_c = \sqrt[3]{\frac{V}{N}} \quad (2.1)$$

$$= \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_f}} \quad (2.2)$$

dengan :  $V$  = Volume total dari beton fiber

$V_1$  = Volume sebuah fiber

$V_f$  = Volume pecahan fiber dalam acuan

$N$  = Jumlah total fiber.

Pada kondisi yang sebenarnya penyebaran fiber tidak beraturan, dan saling menindih atau overlap. Mengingat kondisi ini, dapat diambil satu asumsi bahwa perbandingan rata-rata dari panjang proyeksi pada satu arah terhadap panjang total ( $\theta$ ) adalah suatu koreksi yang layak untuk orientasi random pada fiber.

$$\theta = \frac{N \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} \cos\theta \cos\phi \, d\theta \, d\phi}{N (\pi/2)^2 l_f} \quad (2.3)$$

$$= 0,41$$

Oleh karena itu volume efektif dari potongan fiber hanya 41% dari volume yang sebenarnya, dan rata-rata jarak fiber setelah dikoreksi didapatkan :

$$S_{ce} = \sqrt[3]{\frac{V}{0,41 N}} \quad (2.4)$$

$$= \sqrt[3]{\frac{V_1}{0,41 V_f}} \quad (2.5)$$

### 2.1.2. Composite material concept

Konsep material komposit merupakan salah satu pendekatan yang cukup populer untuk memperkirakan kuat tarik ataupun lentur dari fiber reinforced concrete. Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposit pada saat timbul retak pertama. Dalam konsep ini diasumsikan bahwa bahan penyusun saling melekat sempurna, bentuk fiber adalah menerus dan angka poisson dari material dianggap nol.

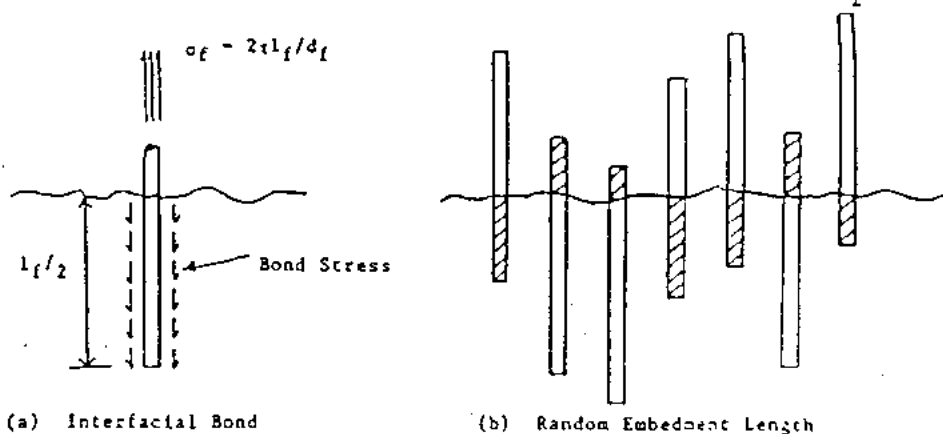
Dengan asumsi tersebut diatas, maka kekuatan bahan komposit pada saat retak pertama dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1-V_f) \quad (2.6)$$

dengan  $\sigma_c$  : kekuatan komposit saat retak pertama  
 $\sigma_f$  : tegangan tarik fiber saat beton hancur  
 $\sigma_m$  : kuat tarik beton  
 $V_f$  : persentase volume fiber

$$\text{dengan, } \sigma_f = 2 \Gamma l_f/d_f \quad (2.7)$$

dan,  $\Gamma$  : tegangan lekat pada panjang lekatan fiber yang diperhitungkan ( $l_f/2$ ).



Gambar 2.1. Posisi fiber yang tidak teratur dalam beton

Karena fiber yang digunakan dalam fiber reinforced concrete adalah ukuran pendek dan bukan continuous fiber, maka perlu dikoreksi berdasarkan pertimbangan :

1. Orientasi dari short fiber yang random akan mengurangi efisiensi penulangan fiber terhadap material komposit.
2. Lekatan yang tidak sempurna serta ukuran fiber yang pendek dapat menyebabkan adanya alur retakan yang tidak melewati fiber.
3. Distribusi alur retak yang sembarang menyebabkan alur retak tidak selalu memotong fiber tepat di tengah-tengah.
4. Efektifitas beton dalam menahan tarik pada saat timbul retak.

Dengan demikian persamaan (2.6) menjadi :

$$\sigma_c = 2 \eta_1 \eta_\theta \Gamma V_f l_f/d_f + \tau \sigma_m (1-V_1) \quad (2.8)$$

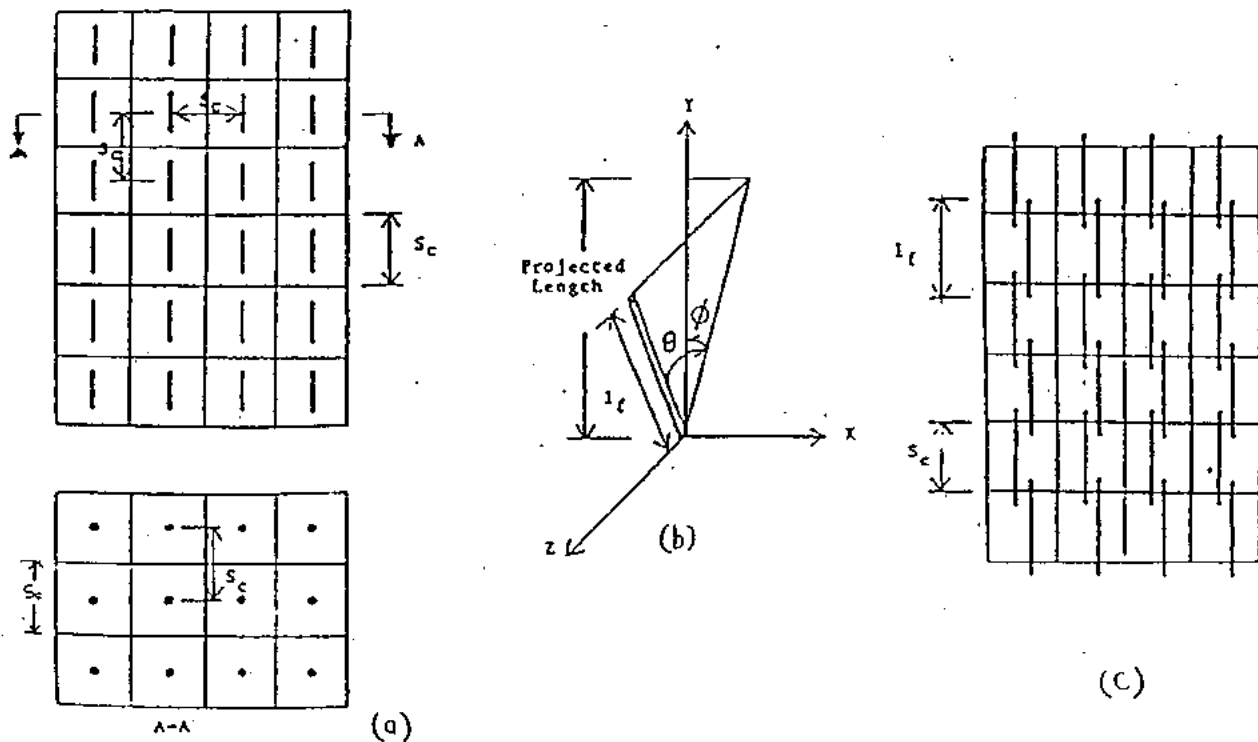
dengan  $\eta_1$  : faktor efisiensi orientasi random dari fiber

$\eta_\theta$  : faktor efisiensi panjang fiber tertanam

$\tau$  : koefisien tarik beton

Sebagai ilustrasi dari kedua konsep diatas dapat dilihat pada gambar 2.2. di bawah ini :





Gambar 2.2. Susunan fiber dalam beton menurut Spacing Concept  
 (a) susunan fiber yang berurutan  
 (b) proyeksi arah fiber yang random  
 (c) susunan fiber yang saling overlap

## 2.2. Kuat tekan

Beton relatif kuat menahan desak, dan keruntuhan atau kegagalan beton sebagian besar disebabkan oleh rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh kekerasan dan bentuk batuan. Batuan yang berbentuk tajam mempunyai kemampuan saling mengunci sehingga memberi ikatan yang lebih kompak. Oleh karena fungsi fiber terutama adalah untuk menahan retak yang timbul akibat tarikan, serta luas penampang fiber yang tidak begitu besar maka penambahan fiber pada adukan beton hanya memberi pengaruh yang kecil pada kuat tekan beton.

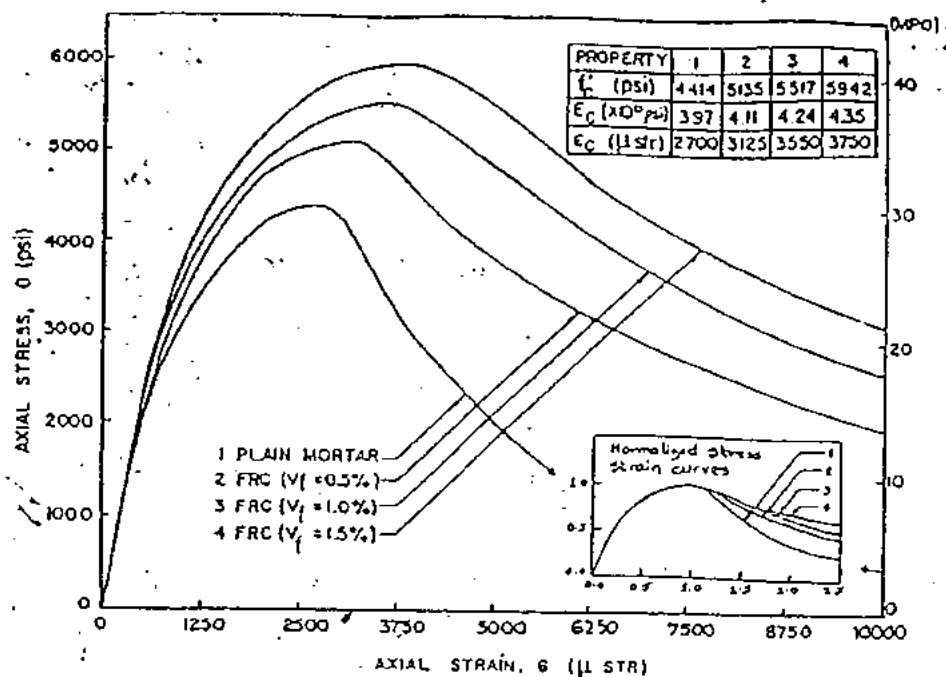
Hussin (1977) menyelidiki pengaruh fiber terhadap kuat tekan beton dengan benda uji khusus sisi 100 mm dan silinder berdiameter 100 mm serta panjangnya 200 mm. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa tidak banyak perbedaan pengaruh fiber terhadap kuat tekan pada benda uji kubus.

Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh Ramakrishnan, dkk (1981), kuat tekan beton fiber agak lebih kecil dibanding kuat tekan beton non-fiber. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena campuran beton fiber memerlukan lebih banyak air pada proses shortcreting untuk mencapai workability yang sama seperti beton non-fiber, dan bahan fiber sendiri mudah slip karena permukaannya yang halus.

Gopalaratman dan Shah (1985) juga menguji pengaruh penambahan beberapa persentase kandungan smooth brass coated steel fibers ke dalam campuran beton. Disimpulkan bahwa penambahan fiber akan mempertinggi kuat tekan bersamaan dengan peregangannya (gambar 2.3.). Beton biasa (non fiber) mempunyai kuat tekan 4414 psi (30,4 MPa) sementara 1,5% fiber reinforced concrete, kuat tekannya 5942 psi (40,98 MPa). Dengan aspek rasio (nilai banding panjang dan diameter fiber) yang sama, yaitu 62,5. Peningkatan kuat tekan ditunjukkan dengan hubungan linear terhadap kandungan fibernya. Batas peregangan pada beban maximal 3750  $\mu$ str dicapai oleh 1,5% fiber reinforced concrete, sedang untuk beton non-fiber hanya 2700  $\mu$ str.

Adanya rongga akan mempengaruhi kuat tekan beton. Begitu pula dengan ukuran agregat, bahan tambah (ad-mixture) dan aspek rasio fiber dapat berpengaruh pada

tingkat pencapaian kepadatan. Akibat lebih lanjut berpengaruh pula terhadap kuat tekan betonnya. Oleh karena itu metode pemadatan pada fiber composite mempunyai pengaruh penting terhadap sifat-sifat struktural.



Gambar 2.3.

Hasil static uniaxial compression test untuk benda uji mortar dan fiber reinforced concrete

### 2.3. Kuat lentur

Penambahan fiber dengan orientasi random diharapkan akan meningkatkan kuat lentur beton fiber dibandingkan dengan beton non-fiber. Sifat getas dari beton akan dapat diatasi oleh adanya fiber sehingga beton fiber akan men-

jadi lebih liat. Oleh karena itu beton fiber dapat digunakan pada perencanaan bagian-bagian penting dari struktur.

Sudarmoko (1989) mengamati bahwa pada kandungan 1,5 % plain steel fibers (PSF) kuat lentur beton fiber akan mencapai kira-kira dua kali dari kuat lentur yang dihasilkan oleh beton biasa.

Naiknya kuat lentur ini disebabkan oleh susunan fiber yang saling menindih atau overlapping, sehingga bila ada suatu gaya lentur yang bekerja, fiber akan ikut menahan gaya tersebut. Dan karena susunan yang overlapping itu bila satu fiber belum sampai batas kekuatan maksimal dalam menahan gaya tersebut, fiber yang lainpun mulai menahan gaya tersebut demikian seterusnya.

Besar gaya yang mampu ditahan oleh sebuah fiber tergantung pada bentuk fiber, permukaan fiber, panjang fiber, daya serap terhadap air, keliatan fiber, dan jenis fiber itu sendiri.

#### **2.4. Workability**

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fiber ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan (workability) secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi fiber (Ramakrishnan, 1988).

Penurunan kelecakan adukan dapat diatasi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen ataupun pemakaian bahan tambah. Meskipun demikian jika konsentrasi fiber melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan

kelecekan yang sangat rendah sehingga sulit diaduk dan dituang dengan cara-cara biasa.

Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Edgington, dkk (1974), kelecekan adukan beton akan menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi fiber, namun konsentrasi fiber akan dapat ditingkatkan dengan cara penurunan diameter maksimum agregat.

## **2.5. Landasan Teori**

Teori dasar yang digunakan untuk mengolah data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah seperti yang tercantum dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 yang meliputi :

- mutu pelaksanaan dan kuat tekan karakteristik, dan
- Uji lentur.

### **2.5.1. Mutu pelaksanaan dan kuat tekan karakteristik**

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu bila diperiksa dengan sejumlah besar benda uji, nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran dari hasil-hasil pemeriksaan ini akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kualitas pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal (mengikuti lengkung dari Gauss), maka ukuran besar kecilnya penyebaran dari nilai-nilai hasil pemeriksaan kuat tekan beton didapatkan berdasarkan rumus deviasi standar (PBI 1971) :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{1}^N (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}} \quad (2.9)$$

keterangan :

- $s$  = deviasi standar ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $\sigma'_b$  = kuat tekan beton masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $\sigma'_{bm}$  = kuat tekan beton rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ ) menurut rumus :

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{1}^N \sigma'_b}{N} \quad (2.10)$$

- $N$  = jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan, jadi jumlah seluruh benda uji minimum 20 buah.

Berbagai mutu pelaksanaan pada suatu volume pekerjaan dicantumkan dalam tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar.

isi pekerjaan		deviasi standar $s$ ( $\text{kg/cm}^2$ )		
sebutan	jumlah beton ( $\text{m}^3$ )	baik sekali	baik	dapat diterima
kecil	<1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
sedang	1000-3000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
besar	>3000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Dengan menganggap nilai hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal (mengikuti lengkung Gauss), maka kuat tekan beton karakteristik  $\sigma'_{bk}$ , dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi persyaratan ditentukan dengan rumus :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64 s \quad (2.11.)$$

s adalah deviasi standar

### 2.5.2. Uji lentur

Permasalahan yang mendasar berkaitan dengan sifat beton yang getas dan begitu rendahnya kuat lentur, baik oleh beban yang bekerja ataupun oleh berat sendiri yang harus dipikul, maka untuk mengatasinya perlu diberikan suatu bahan yang lebih kuat yaitu baja tulangan.

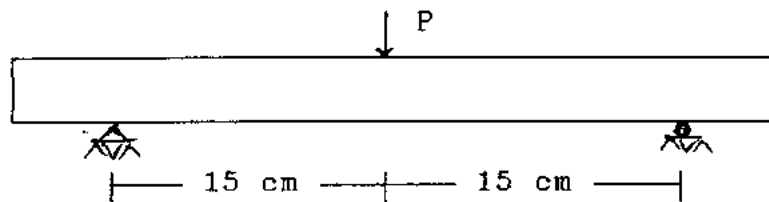
Pada dasarnya suatu balok yang mendapat beban yang arahnya memotong bentangan, maka akan terjadi lendutan yang mengakibatkan tertariknya sisi bawah dan tertekannya sisi atas dari balok tersebut. Pada sisi bawah inilah akan terjadi retakan yang lambat laun membesar dan bergerak ke atas yang pada akhirnya akan terjadi keruntuhan.

Penambahan bahan fiber pada balok dapat menghilangkan retak-retak rambut yang tidak diharapkan dikemudian hari, yang disebabkan oleh ketidakmampuan bahan pengikat (semen) menerima beban lentur, karena ikatan yang terjadi pada semen yang merupakan bahan pengikat pada campuran beton tidak sekuat ikatan yang ada pada bahan fiber. Dengan kata lain bahan fiber mempunyai kelenturan dan keliatan yang lebih besar dari pada semen.

Walaupun pada akhirnya terjadi pula retak pada konstruksi, pada beton fiber pertambahan besar dan panjang retakan lebih lambat. Dan retakan ini terjadi akibat beban yang bekerja, dan bukan retakan akibat penyusutan.

Sebagai ilustrasi dipakai suatu balok yang diletakkan

yang diletakkan tepat pada pertengahan bentang seperti pada gambar 2.4. dibawah ini.



Gambar 2.4. Model pengujian kuat lentur

Sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya adalah beban maksimum dengan anggapan regangan pada daerah tarik dianggap sama dengan yang terjadi pada daerah desak. Rumus yang digunakan adalah :

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{w} \quad (2.12)$$

$$\text{dengan : } M = (1/4 \cdot P \cdot L) + (1/8 \cdot q \cdot L^2) \quad (2.13)$$

$$\text{dan } w = 1/6 \cdot b \cdot h^2 \quad (2.14)$$

dengan  $\sigma_{lt}$  : kuat lentur beton ( $\text{kg/cm}^2$ )

P : beban maksimum (kg)

q : berat sendiri ( $\text{kg/m}$ )

b : lebar balok (cm)

h : tinggi balok (cm)

L : Jarak antar tumpuan (cm)

w : Tahanan momen ( $\text{cm}^3$ )



## BAB III

### CARA PENELITIAN

#### 3.1. Bahan Penelitian

##### 3.1.1. Semen

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih semen portland tipe I merek NUSANTARA (produksi pabrik semen Nusantara, Cilacap). Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 40 Kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

##### 3.1.2. Bahan Batuan

###### a. Pasir

Untuk penelitian ini, pasir yang digunakan diambil dari sungai Progo, Sleman, Yogyakarta. Dari pengamatan yang nampak, butirannya kasar. Bahan-bahan lain yang terdapat pada pasir seperti kerikil dan batuan-batuan besar dipisahkan dengan menggunakan ayakan pasir.

###### b. Kerikil

Kerikil yang digunakan termasuk jenis "crushed" yang diperoleh dari PT. TRI KARSA NUSANTARA, Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Sudut-sudutnya bersisi tajam dan memiliki permukaan yang cukup kasar. Pada penelitian ini dipakai kerikil dengan diameter 5 - 25 mm.

Sehari sebelum pengadukan beton dilakukan, kerikil terlebih dahulu direndam dalam air kurang lebih 24 jam,

kemudian diangkat dan diangin-anginkan agar pada saat akan dilakukan pengadukan, kerikil dalam keadaan jenuh dan kering permukaan ("saturated surface dry").

### **3.1.3. Air**

Air yang digunakan pada penelitian ini diambil dari sumur di daerah Karang Gayam, Depok, Sleman, Yogyakarta. Pemeriksaan dilakukan hanya dari kenampakkannya, yaitu jernih, tidak berbau serta dapat diminum.

### **3.1.4. Fiber**

Pada pengujian ini, bahan tambah fiber diperoleh dari plastik limbah. Untuk memudahkan penelitian, plastik yang digunakan adalah plastik kantong yang diperoleh di pasar. Plastik tersebut dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil berbentuk persegi berukuran antara 2 - 3 mm dengan cara dipotong secara manual dengan menggunakan pisau ("cutter"). Penambahan fiber tersebut ke dalam adukan beton berdasarkan prosentase dari volume beton.

## **3.2. Peralatan Penelitian**

### **3.2.1. Alat pemotong**

Alat pemotong ("cutter") ini digunakan untuk menghancurkan plastik menjadi potongan-potongan kecil berbentuk persegi berukuran antara 2 - 3 mm dengan cara dipotong secara manual.

### **3.2.2. Timbangan**

Timbangan ini digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton seperti, semen, kerikil dan pasir serta

bahan uji yang telah jadi berupa kubus dan balok. Dalam penelitian ini digunakan timbangan merek Dragon berkapasitas 10 Kg dengan ketelitian 50 gram.

### 3.2.3. Cetakan benda uji

Ada dua macam cetakan yang digunakan, yaitu :

- a. cetakan kubus, berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ ,
- b. cetakan balok, berukuran  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$ .

Kedua cetakan tersebut terbuat dari bahan plywood ketebalan 18 mm yang dilapisi plat seng dan sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain. Agar diperoleh benda uji yang benar-benar presisi, maka pada cetakan diberi klem pengunci yang terbuat dari profil baja.

### 3.2.4. Kerucut Abrams

Untuk mengukur kelecakan adukan beton dalam percobaan slump ("slump test") digunakan kerucut Abrams. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm serta tingginya 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm serta di bagian ujung tongkat dibulatkan.

### 3.2.5. Kerucut konik

Kerucut konik digunakan untuk memeriksa keadaan jenuh kering muka ("saturated surface dry") pada pasir. Seperti juga kerucut Abrams, kerucut konik terbuka pada kedua ujungnya dengan diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 8,9 cm serta mempunyai ketinggian 7,6 cm. Kerucut ini juga dilengkapi tongkat baja penumbuk yang beratnya 336 gram.

### **3.2.6. Mistar dan Kaliper**

Mistar digunakan untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian slump, sedang kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji.

### **3.2.7. Gelas ukur**

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan pada campuran beton sesuai dengan perhitungan.

### **3.2.8. Cetok dan talam baja**

Talam baja digunakan untuk menampung adukan beton dan sebagai alas pada pengujian slump, sedang cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan serta untuk menghaluskan permukaan benda uji pada saat masih basah.

### **3.2.9. Mesin uji tekan beton**

Mesin merek Control ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton yang berupa benda uji kubus. Kapasitas maksimum mesin uji tersebut sebesar 2.000 kN.

### **3.2.10. Mesin uji lentur beton**

Mesin merek Shimazu UMH-30 digunakan untuk menguji kuat lentur balok. Benda uji diletakkan diatas dua buah tumpuan dan di tengah bentang diberi satu beban titik.

## **3.3. Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian tersebut secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi :

1. Tahap persiapan bahan,

a. persiapan kantong plastik,

- b. persiapan pasir,
  - c. persiapan kerikil (split),
2. Perhitungan rencana campuran beton ("mix design"),
  3. Proses pembuatan benda uji,
  4. Pengujian,
    - a. kuat tekan,
    - b. kuat lentur.

Pada penelitian ini, dibuat enam jenis benda uji yang berbeda prosentase fibernya. Prosentase fiber yang digunakan masing-masing 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dari volume benda uji. Perbandingan bahan penyusun adalah sama untuk tiap jenis benda uji.

Untuk memperoleh data pengaruh penambahan fiber pada struktur beton yang dikehendaki, tiap percobaan dibuat :

- a. dua puluh buah kubus ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ ,
- b. dua puluh buah balok ukuran  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$ .

Dengan demikian ada 40 buah benda uji untuk tiap jenis percobaan, sehingga untuk enam jenis percobaan dibuat 240 buah benda uji. Pengujian dilakukan pada saat benda uji mencapai umur 7 hari untuk kubus dan umur 28 hari untuk balok.

### 3.3.1. Tahap persiapan bahan

Pada penelitian ini tidak semua bahan dapat langsung dipergunakan tanpa melalui suatu proses persiapan. Misalnya, kantong plastik yang harus dipersiapkan terlebih dahulu karena yang dibutuhkan adalah potongan-potongan yang kecil. Pasirpun sebelum dipergunakan harus disaring

terlebih dahulu karena masih banyak tercampur dengan batu kerikil.

a. Persiapan kantong plastik

Tahap persiapan dimulai dengan pengukuran volume dari kantong plastik yaitu dengan mengukur luas plastik dikalikan dengan tebalnya. Cara pengukuran kantong plastik yaitu dengan mempergunakan penggaris. Agar diperoleh hasil pengukuran yang teliti, maka kantong plastik dipotong menjadi beberapa bagian berbentuk empat persegi panjang. Dari pengukuran luas tersebut, maka dapat diperoleh volume kantong plastik yaitu dengan mengalikannya dengan tebal kantong plastik yaitu 0.25 mm.

Dengan diketahuinya volume satu buah kantong plastik, maka dapat dihitung kebutuhan plastik untuk satu buah benda uji. Kemudian kantong plastik tersebut dipotong-potong menjadi potongan-potongan kecil dengan lebar 2 - 3 mm dan panjang antara 3 - 5 mm. Alat yang digunakan adalah pisau cutter, beberapa penjepit kertas, dan telenan plastik.

b. Persiapan Pasir

Pasir yang digunakan diambil dari Kali Progo. Pasir tersebut untuk saat ini adalah termasuk berkualitas yang baik, karena bentuk yang relatif kasar, mempunyai sisi yang tajam, dan kandungan bahan organik yang rendah.

Sebelum digunakan, pasir tersebut disaring dahulu untuk memisahkan pasir dengan batuan kerikil. Saringan yang digunakan adalah saringan kawat dengan diameter lubang 1 Cm. Tahap selanjutnya adalah mencari SSD pasir,

yaitu dengan menggunakan kerucut konik. Pasir dimasukkan ke dalam kerucut konik kemudian ditumbuk dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali dengan tinggi penumbukan lebih kurang 5 cm di atas corong secara jatuh bebas, bila pasir turun, kerucut diisi lagi dengan pasir lalu diratakan. Kerucut diangkat perlahan-lahan, penurunan pasir diukur terhadap tinggi pasir mula-mula pada saat kerucut belum diangkat, bila penurunan berkisar antara  $1/3 < x < 1/2$  t, berarti pasir sudah dalam keadaan SSD. Pengujian ini diulangi lagi bila hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan.

#### c. Persiapan Kerikil (Split)

Kerikil (split) yang digunakan didapat dari PT. Trikarsa Nusantara, yang diperoleh dengan proses pemecahan batu yang diambil dari Kali Progo.

Kerikil atau split tersebut sebelum dipergunakan terlebih dahulu direndam selama  $\pm$  24 jam lalu diangin-anginkan agar diperoleh kondisi SSD. Kerikil ini telah dilakukan analisa saringan.

#### 3.3.2. Perhitungan Rencana Campuran Beton (Mix Design).

Perencanaan adukan beton pada penelitian ini menggunakan cara American Concrete Institute (ACI). perencanaan campuran memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per  $m^3$  adukan menentukan tingkat kekentalan adukan.

Secara garis besar, urutan langkah perencanaan menurut ACI adalah sebagai berikut :

- (1). Kuat tekan rata-rata beton dihitung berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan (kuat tekan karakteristik) dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin tersebut adalah :

$$m = 1,64 \cdot s \quad (3.1.)$$

dengan  $s$  adalah nilai deviasi standar yang telah ditetapkan. Kuat tekan rata-rata dihitung dari kuat tekan yang disyaratkan ditambah margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (3.2.)$$

dengan :

$$f'_{cr} = \text{kuat tekan rata-rata (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f'_c = \text{kuat tekan yang disyaratkan (kg/cm}^2\text{)}$$

$$m = \text{nilai margin (kg/cm}^2\text{)}$$

- (2). Faktor air semen ditetapkan berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 3.1) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungannya ; lihat tabel 3.2). Dari dua hasil tersebut diambil yang paling rendah.



Tabel 3.1. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	26
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.2. Faktor air semen maksimum

Beton dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensi atau uap korosif	0,52
Beton di luar 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 kontinu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

- (3). Berdasarkan jenis strukturnya, nilai slump dan ukuran maksimum agregat ditetapkan dengan tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3.3. Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maks	min
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi 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 3.4. Ukuran maksimum agregat

Dimensi minimum (mm)	Balok/kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

- (4). Jumlah air yang diperlukan ditetapkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan berdasarkan tabel 3.5.
- (5). Semen yang diperlukan didapat dari hasil perhitungan langkah (2) dan (4) di atas.
- (6). Volume agregat kasar yang diperlukan per satuan

volume beton ditetapkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halusnya (lihat tabel 3.6).

- (7). Volume agregat halus yang diperlukan dihitung berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap di dalam adukan (dari tabel 3.5) dengan cara hitungan volume absolut.

Tabel 3.5. Perkiraan kebutuhan air (liter) berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 - 50	208	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 3.6. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per  $m^3$  beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya.

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
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

Perhitungan rencana campuran beton atau mix design dimaksudkan agar beton yang dihasilkan nanti bisa sesuai dengan mutu beton yang diharapkan. Perhitungan campuran adukan beton sebagai berikut :

Data bahan :

Semen	: Nusantara	B.J = 3,15
Pasir	: Kali Progo	B.J = 2,61
Krikil	: Kali Progo	B.J = 2,50
Air	: Air sumur	
Plastik	: HDPE,	tebal = 0,25 mm

Perhitungan

$$K175 \longrightarrow S = 60 \text{ kg/cm}^2, \quad f_c' = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f_c' + 1,64 \cdot S \\ &= 175 + 1,64 \cdot 60 = 273,40 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 275,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{cr} = 275 \text{ kg/cm}^2, \text{ dari tabel 3.1 diperoleh f.a.s} = 0,455$$

$$\text{Tabel 3.2} \longrightarrow \text{di udara, diperoleh f.a.s} = 0,60$$

$$\text{Diambil nilai f.a.s yang terkecil} \longrightarrow = 0,455$$

Perhitungan kebutuhan air :

Pekerjaan plat, balok dan kolom nilai slump 7,5 - 15 cm.

Ukuran maximal agregat 20 mm, dari tabel 3.5 diperoleh :

- jumlah air = 203 liter
- volume udara = 2 %

Perhitungan kebutuhan semen :

$$f.a.s = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$

$$\text{berat semen} = \frac{203}{0,455} = 446,1538 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{volume P.C} &= \frac{\text{berat P.C}}{\text{berat jenis P.C}} \\ &= \frac{0,4462}{3,15} = 0,1416 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan semen :

$$\begin{array}{l} \emptyset \text{ max batuan} = 20 \text{ mm} \\ \text{M.H.B} = 3,0 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \emptyset \text{ max batuan} \\ \text{M.H.B} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{tabel 3.6 didapat volume krikil} \\ \text{(SSD)} = 0,59 \text{ m}^3 \\ \text{Berat vol.} = 1,58 \text{ T/m}^3 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat krikil} &= 0,59 \cdot 1,58 = 0,9322 \text{ ton} \\ &= 932,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Volume krikil padat} = \frac{0,9322}{2,50} = 0,3729 \text{ m}^3$$

Perhitungan kebutuhan pasir

$$\text{Volume pasir} = 1 - 0,02 - 0,203 - 0,1416 - 0,3729 = 0,2625 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= 0,2625 \cdot 2,61 = 0,6851 \text{ ton} \\ &= 685,10 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan diperoleh proporsi campuran untuk 0.885 M<sup>3</sup> beton sebagai berikut :

$$\begin{array}{l} \text{Air} = 203 \cdot 0,885 = 179,6550 \text{ liter} \\ \text{P.C} = 446,1538 \cdot 0,885 = 394,8461 \text{ kg} \\ \text{Pasir} = 685,10 \cdot 0,885 = 606,3356 \text{ kg} \\ \text{Krikil} = 932,20 \cdot 0,885 = 824,9970 \text{ kg} \end{array}$$

Perbandingan berat bahan susun :

P.C	:	Pasir	:	kerikil
1		1,5356		2,0894

Kebutuhan tiap bahan susun adukan beton disajikan dalam tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7. Kebutuhan bahan susun beton

Prosentase fiber	kerikil (kg)	Pasir (kg)	semen (kg)	air (l)
0 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
1 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
2 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
3 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
4 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
5 %	824,997	579,747	360,747	196,6071

### 3.3.3. Proses pembuatan benda uji

Pada tahap pembuatan benda uji, semua bahan penyusun sebelum dicampur ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan, begitu pula dengan volume fiber dan air yang akan dipakai. Semua bahan penyusun adukan diletakkan pada tempat yang terpisah agar tidak tercampur satu sama lain.

Tempat adukan disiapkan dan secara berturut-turut dimasukkan kerikil, pasir dan semen. Ketiga bahan penyusun ini diaduk terlebih dahulu hingga merata kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit sambil terus diaduk. Air yang ditambahkan tidak seluruh volume dicampurkan,

tapi disisakan sedikit, hal ini untuk menjaga kemungkinan adukan terlalu encer. Setelah adukan diyakini sudah merata, dilakukan pengukuran slump.

Pengujian slump menggunakan kerucut Abrams. Kerucut diletakkan pada tempat yang rata dan adukan dituangkan ke dalam kerucut sebanyak 3 lapis dengan tiap lapis ditusuktusuk dengan menggunakan tongkat baja berdiameter 16 mm panjang 60 cm sebanyak 25 kali. Setelah permukaannya diratakan, diamkan selama 0,5 menit kemudian kerucut Abrams diangkat perlahan-lahan. Penurunan tinggi diukur, hasil pengukuran ini yang disebut dengan nilai slump.

Bila nilai slump lebih kecil dari persyaratan, air ditambahkan lagi sambil terus diaduk. Pengujian slump diulangi lagi hingga didapatkan harga yang sesuai dengan persyaratan. Hasil pengujian slump ini selanjutnya digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan volume air yang digunakan. Pada penelitian ini, setiap adukan diukur nilai slumpnya.

Pada pembuatan benda uji untuk beton fiber, langkah yang ditempuh sama dengan pembuatan benda uji standar, hanya saja bahan fiber dimasukkan ke dalam adukan sebelum air ditambahkan. Hal ini dimaksudkan agar bahan fiber dapat menyebar secara merata dan tidak terjadi penggumpalan pada saat pengadukan.

Beton segar yang sudah homogen dan sudah memenuhi syarat nilai slumpnya dituangkan kedalam cetakan yang sebelumnya sudah diolesi dengan oli agar beton mudah dilepaskan dari cetakannya. Cara pemasukan kedalam cetakan



dilakukan tiap sepertiga bagian dan ditumbuk dengan tongkat sebanyak 25 kali. Bagian tepi cetakan ditusuk-tusuk dengan cetok agar diperoleh benda uji yang tidak keropos/berongga.

Kurang lebih satu jam setelah dimasukkan kedalam cetakan, permukaan beton dihaluskan dengan menggunakan cetok. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan lapisan selaput bagian atas beton (laitance) akibat peristiwa bleeding. Selanjutnya pada permukaan tersebut diberi tanggal pembuatannya dan disimpan pada tempat yang lembab serta ditutupi dengan karung basah.

#### 3.3.4. Pengujian

Pada tahap ini, sebelum pengujian dilakukan, benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya. Apabila diperlukan, pada bagian-bagian tertentu dapat dihaluskan dengan menggunakan gerinda. Pengujian tersebut meliputi :

- a. pengujian kuat desak,
- b. pengujian kuat lentur.

##### a. Pengujian kuat desak

Pengujian ini dilakukan terhadap kubus beton dengan menekan benda uji pada sisi yang rata hingga pecah. Data yang diperoleh adalah beban maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji tersebut (F). Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dari benda uji tersebut adalah dengan membagi beban maksimum (F) dengan luas sisi yang terdesak (A), seperti disajikan dalam rumus berikut ini.



$$\sigma_{ds} = \frac{F}{A} \quad (3.3.)$$

Pengujian terhadap kubus ini dilakukan pada saat benda uji mencapai umur 7 hari. Jumlah benda uji sebanyak 20 buah untuk setiap prosentase penambahan fiber. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menentukan kuat tekan karakteristik beton.

Benda uji setelah dilakukan pengujian diperiksa bentuk serta bidang pecahnya dan hal-hal yang dianggap perlu untuk kemudian sebagai bahan pembahasan.

#### b. Pengujian kuat lentur

Pada pengujian ini digunakan benda uji balok dengan ukuran 10x10x50 cm<sup>3</sup>. Balok diletakkan pada dua buah tumpuan dengan jarak antara tumpuan 30 cm. Di tengah bentang diberi sebuah beban titik (P) sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi dua bagian yang sama panjang.

Pada pengujian ini digunakan benda uji dengan umur 28 hari dengan jumlah benda uji 20 buah untuk setiap prosentase penambahan fiber. Masing-masing benda uji, diambil nilai rata-rata sebagai kuat lentur rata-rata. Setelah dilakukan pengujian, benda uji diperiksa bentuk serta bidang pecahnya dan hal-hal yang dianggap perlu untuk kemudian sebagai bahan pembahasan.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengkajian perilaku dan sifat struktural beton yang diperbaiki oleh adanya penambahan fiber dilakukan terhadap benda uji yang berskala kecil. Dengan mengikuti prosedur yang berlaku diharapkan benda uji tersebut cukup mewakili sifat-sifat beton yang diamati.

Pada penampang pecah beton terlihat bahwa fiber yang tercabut berada pada posisi sembarang (random). Perbandingan jumlah fiber pada tampang pecah cukup proporsional, sehingga teknik pencampuran/pengadukan beton fiber sudah baik.

#### 4.1. Workability

Cara pengukuran workability adukan pada penelitian ini adalah dengan mengukur nilai slump yang dihasilkan. Pada penelitian ini besarnya nilai slump ditetapkan antara 75-150 mm. Bila nilai slump yang dicapai kurang dari batas tersebut, maka dilakukan penambahan pasta semen secara coba-coba hingga diperoleh nilai slump seperti yang telah ditetapkan. Pasta semen yang ditambahkan mempunyai nilai faktor air semen (fas) yang tetap sebesar 0,545 agar masih diperoleh kekuatan sesuai persyaratan mutu beton.

Pada proses pengadukan, adanya penambahan fiber ke dalam adukan beton akan mempersulit proses pengerjaan

beton. Pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hampir semua campuran adukan beton fiber terjadi penurunan nilai slump, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan fiber plastik akan menurunkan kelecakan adukan. Hasil pengukuran slump pada penelitian ini memberikan nilai rata-rata sebesar 120 mm untuk beton standar yang berarti masih dalam batas yang telah ditetapkan. Sedangkan nilai slump untuk adukan dengan penambahan fiber sebesar 5% nilai slump turun hingga 90 mm.

Pada proses pengadukan belum terlihat terjadinya "balling effect" yang cukup berarti, yaitu fiber yang ditambahkan cenderung menggumpal menjadi satu. Hal ini dimungkinkan karena aspek rasio fiber masih cukup rendah sehingga masih mudah untuk disebarakan pada saat pencampuran bahan.

#### **4.2. Kuat Tekan**

Dengan memperhatikan kuat tekan hasil pengujian terhadap kubus standar dan kubus dengan prosentase fiber berturut-turut sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% pada umur 7 hari, terlihat adanya penurunan kuat tekan.

Deviasi standar yang diperoleh dari hasil pengujian untuk tiap prosentase fiber berkisar antara 45 hingga 55, yang berarti mutu pelaksanaan pekerjaan beton termasuk kategori baik sekali. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar.

isi pekerjaan		deviasi standar $s$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )		
sebutan	jumlah beton ( $\text{m}^3$ )	baik sekali	baik	dapat diterima
kecil	*) <1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
sedang	1000-3000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
besar	>3000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

\*) Hasil pengujian kuat desak beton

Hasil yang didapatkan dari benda uji standar kuat tekan beton karakteristik yang diproyeksikan pada umur beton 28 hari diperoleh hasil  $336,6964 \text{ kg}/\text{cm}^2$  yang berarti beton tersebut dapat dimasukkan ke dalam beton dengan mutu K300.

Pada kubus dengan prosentase fiber 1%, terlihat penurunan kuat tekan sebesar 12,9787%, sedangkan kuat tekan pada kubus dengan prosentase penambahan fiber sebesar 5%, penurunan kuat tekan beton sebesar 36,1931%. Besarnya penurunan untuk setiap prosentase penambahan fiber tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.2. Hasil pengujian kuat tekan karakteristik pada benda uji kubus umur 28 hari.

$V_f$ (%)	$\sigma'_{bk2}$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	penurunan (%)
0,0	336,6964	-
1,0	292,9976	12,9787
2,0	263,4016	21,7688
3,0	245,1944	27,1764
4,0	225,5688	33,0053
5,0	214,8356	36,1931

Penurunan kuat tekan beton sejalan dengan prosentase penambahan fiber ke dalam adukan. Penurunan ini disebabkan karena terjadinya slip antara permukaan fiber dengan bahan

penyusun beton. Disamping itu plastik memiliki sifat-sifat antara lain : plastik merupakan bahan kimia yang sangat lembam, tidak menyerap air semen, modulus elastisitas yang rendah, ikatan antara plastik dan bahan pengikat beton jelek, mudah terbakar, tidak tahan lama (dapat menjadi getas) serta titik leburnya rendah. Ikatan antara plastik dan bahan pengikat beton dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki bentuk permukaan fiber, yaitu menggabungkan beberapa fiber serta ujung dari fiber plastik yang dimaksudkan agar slip dapat dikurangi.

#### 4.3. Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap benda uji balok dengan dua tumpuan dan satu titik pembebanan. Pada pengujian kuat lentur ini, besarnya lendutan tidak dapat diamati, hal tersebut disebabkan Laboratorium BKT FTSP UII belum memiliki alat "dial gauge".

Pada pengujian balok non fiber, begitu beban mencapai maksimum dan terjadi retak pertama maka balok akan segera runtuh, hal ini terjadi karena balok beton sudah tidak dapat menahan retak yang ditimbulkan oleh beban, disamping itu setelah terjadi retak pertama, beton sudah tidak memiliki kekuatan ikatan antara bahan penyusun. Pada pengujian balok fiber dengan prosentase penambahan fiber sebesar 1% kuat lentur balok naik sebesar 3,2776%, setelah beban mencapai maksimum dan terjadi retak pertama, balok tidak langsung runtuh tapi masih dapat ditahan oleh fiber. Keruntuhan akan terjadi secara perlahan-lahan dengan

diawali suatu retak kecil yang makin lama makin membesar. Namun pada penambahan prosentase fiber sebesar 2% hingga 5% terjadi penurunan kuat lentur seperti yang tertera pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3. Hasil pengujian kuat lentur balok umur 28 hari.

$V_F$ (%)	kuat lentur balok (kg/cm <sup>2</sup> )	kenaikan/penurunan (%)
0,0	58,6304	0,0
1,0	58,4865	+ 3,2776
2,0	55,4949	- 2,0051
3,0	48,1395	- 14,9935
4,0	44,8447	- 20,8116
5,0	40,6366	- 28,2424

Berdasarkan hasil pengujian seluruh benda uji balok, terlihat bahwa prosentase penambahan fiber 2% hingga 5% terjadi penurunan kuat lentur yang cukup besar, hal ini disebabkan terlalu kecilnya bahan fiber, sehingga banyak dari bahan fiber yang tidak memotong arah retakan yang terjadi pada balok. Ataupun yang memotong arah retakan itupun tidak cukup bertahan lama.

Selain itu penambahan bahan fiber yang terlalu banyak justru mengakibatkan turunnya kuat lentur, karena sifat dari plastik itu sendiri yang mempunyai permukaan yang halus dan tidak menyerap air sehingga rekatan yang terjadi kecil sekali. Karena kecilnya rekatan yang terjadi inilah yang menyebabkan turunnya kuat lentur.

- BAB V -  
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penambahan fiber plastik ke dalam adukan beton berpengaruh pada sifat struktur dan workability beton. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Workability atau kelecakan turun akibat penambahan fiber ke dalam adukan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan fiber maka akan semakin turun workability adukan, hal ini ditunjukkan dengan turunnya nilai slump dari 120 mm untuk adukan beton standar dan 80 mm untuk beton dengan prosentase penambahan fiber sebanyak 1% volume.
2. Kuat desak beton turun sejalan dengan pertambahan prosentase kandungan fiber plastik. Hasil penelitian menunjukkan, penambahan fiber dengan prosentase 1% hingga 5% menurunkan kuat desak beton berturut-turut 12,9787%, 21,7688%, 27,1764%, 33,0053% dan 36,1931%.
3. Turunnya kuat desak disebabkan antara lain karena lekatan antara beton dan plastik sangat jelek, disamping itu plastik merupakan bahan yang sangat lembam, tidak menyerap air semen, modulus elastisitasnya rendah, mudah terbakar, tidak tahan lama (dapat menjadi getas) serta titik leburnya rendah.

4. Kuat lentur naik sebesar 3,2776% pada prosentase penambahan fiber sebesar 1% dari volume balok, sedang untuk prosentase penambahan fiber 2% hingga 5 % kuat lentur balok turun berturut-turut sebesar 2,0051%, 14,9935%, 20,8116% dan 28,2424%.
5. Pada beban maksimum dan terjadinya retak pertama, balok beton fiber tidak langsung runtuh, hal ini dikarenakan keretakan tersebut masih dapat ditahan oleh fiber.

## 5.2. Saran

Dengan adanya peningkatan kuat lentur pada prosentase penambahan fiber sebanyak 1% volume, disarankan agar dilakukan pengkajian lebih lanjut terhadap beton fiber plastik, misalnya dengan prosentase penambahan dengan kenaikan 0,1%. Perlu diteliti pula kemungkinan penggunaan fiber dengan aspek rasio yang lebih tinggi sehingga luas bidang lekat akan menjadi lebih besar.

Penggunaan fiber plastik jenis yang lain perlu dilakukan misalnya plastik ember, ban bekas dan plastik lain yang memiliki kuat tarik lebih besar dari plastik HDPE.

Pengaruh geometri fiber (misalnya dibuat simpul pada ujungnya untuk memperbesar "pull out resistance") atau dengan cara penggabungan beberapa fiber untuk memperbaiki daya lekat permukaan masih perlu dikaji lebih lanjut.



## PENUTUP

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan begitu banyak kenikmatan bagi kita. Berkat rahmat dan izin Allah laporan penelitian ini dapat tersusun sebagai pelengkap persyaratan guna memperoleh derajat sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam melakukan penelitian serta penyusunan laporan ini penyusun telah berusaha sebaik mungkin, namun penyusun menyadari akan keterbatasan kemampuan sehingga mungkin masih terdapat kekurangan. Untuk itu saran dan kritik demi lebih sempurnanya laporan penelitian ini Insya Allah akan penyusun terima dengan senang hati.

Terima kasih yang tiada terhingga pada semua pihak yang telah banyak membantu hingga selesainya laporan ini.

Akhir kata semoga hasil penelitian ini memberikan manfaat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ACI Committe 544, 1982, State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete, Concrete International (May).
2. Murdock, L.J., K.M. Brook, Bahan dan Praktek Beton, Erlangga, 1986.
3. Soroushian P., Bayasi Z., Concept of Fiber Reinforced Concrete, Departement of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan.
4. Soroushian P., Bayasi Z., Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete, Departement of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan.
5. Soroushian P., Bayasi Z., Fiber Reinforced Concrete. Theoritcal Concept and Structural Design, Departement of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan.
6. Suhendro, Bambang, Pengaruh Remakajian Fiber Secara Parsial Pada Beton Bertulang, PAU ilmu teknik, universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1991.
7. Sudarmoko, Beton Serat. Suatu Bentuk Baru, PAU ilmu teknik, Universitas Gadjah Mada, 1990.
8. Sudarmoko, Kuat Lentur Balok Beton Serat Skala Penuh, PAU ilmu teknik, Universitas Gadjah Mada, 1991.
9. \_\_\_\_\_, Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. N.I.-2, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.

Sampel Standart

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,00	15,01	15,02	225,15	3381,75	6,95	570	258,1544	397,16
2	14,95	14,96	14,95	223,65	3343,60	7,00	670	305,4771	469,96
3	14,95	15,02	15,04	224,55	3377,22	7,05	630	286,0923	440,14
4	14,97	15,01	15,00	224,70	3370,50	7,05	640	290,4385	446,83
5	15,02	15,01	15,05	225,45	3393,03	7,10	520	235,1957	361,84
6	15,01	15,02	14,98	225,45	3377,24	7,16	535	241,9802	372,28
7	15,01	15,02	15,01	225,45	3384,01	7,05	520	235,1957	361,84
8	15,00	15,03	15,01	225,45	3384,00	7,00	515	232,9344	358,36
9	15,04	15,00	15,03	225,60	3390,77	7,10	635	287,0194	441,57
10	15,01	15,00	15,02	225,15	3381,75	7,16	625	283,0641	435,48
11	15,01	15,05	15,02	225,90	3393,03	7,10	670	302,4366	465,29
12	15,00	15,05	15,02	225,75	3390,77	7,06	660	298,1212	458,65
13	15,01	15,01	15,01	225,30	3381,75	7,15	510	230,8264	355,12
14	15,03	15,04	15,04	226,05	3399,81	7,00	515	232,3149	357,41
15	15,01	15,01	15,02	225,30	3384,01	7,05	515	233,0894	358,60
16	15,01	14,97	15,02	224,70	3374,99	6,95	620	281,3623	432,87
17	15,05	15,06	15,04	226,65	3408,86	7,10	660	296,9335	456,82
18	15,03	15,05	15,02	226,20	3397,55	7,21	520	234,4145	360,64
19	15,02	15,00	15,02	225,30	3384,01	7,12	695	314,5577	483,93
20	15,01	15,00	15,02	225,15	3381,75	7,16	625	283,0641	435,48
Rata-rata :				225,36	3384,14	7,07	591	267,3478	411,30

Deviasi Standar = 45,49 kg/cm<sup>2</sup>

Sample C-1

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,01	15,03	15,03	225,60	3390,77	7,20	570	257,6392	396,37
2	14,96	14,94	15,03	223,50	3359,24	7,10	620	282,8695	435,18
3	15,02	15,05	15,02	226,05	3395,29	7,10	455	205,2493	315,77
4	14,99	15,01	15,02	225,00	3379,50	7,15	600	271,9228	418,34
5	14,98	15,01	15,03	224,85	3379,49	7,05	510	231,2887	355,83
6	15,03	15,05	15,04	226,23	3402,52	7,20	580	261,4276	402,20
7	15,06	15,01	15,03	226,02	3397,09	7,15	630	284,2296	437,28
8	15,01	14,94	15,01	224,25	3365,98	7,15	510	231,9079	356,78
9	15,02	15,02	15,00	225,60	3384,01	7,05	450	203,3992	312,92
10	15,03	15,01	15,04	225,56	3392,35	7,00	450	203,4399	312,98
11	15,06	15,02	15,01	226,13	3394,61	7,05	500	225,4738	346,88
12	14,97	15,05	15,05	225,22	3388,49	6,98	430	194,6844	299,51
13	14,96	14,97	15,00	223,85	3357,70	7,40	475	216,3815	332,89
14	15,01	15,02	15,01	225,45	3384,01	7,40	520	235,1957	361,84
15	15,01	14,94	15,01	224,25	3365,98	7,10	630	286,4745	440,73
16	15,01	15,01	15,00	225,30	3379,50	7,00	520	235,3524	362,08
17	14,99	15,01	15,05	225,05	3386,61	7,55	455	206,1628	317,17
18	15,00	15,04	15,04	225,52	3391,90	7,60	520	235,1178	361,72
19	15,02	15,05	15,00	226,10	3391,51	7,75	610	275,1090	423,24
20	15,03	15,05	15,01	226,25	3396,03	7,75	475	214,0817	329,36
Rata-rata				225,24	3383,50	7,21	528	239,1224	367,88

Deviasi Standar = 45,66 kg/cm<sup>2</sup>

Sample C-2

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,01	15,06	15,02	226,05	3395,28	6,94	475	214,2716	329,65
2	15,01	15,01	15,05	225,30	3390,77	6,90	470	212,7224	327,27
3	15,01	15,02	15,04	225,45	3390,77	6,98	450	203,5347	313,13
4	15,02	15,03	15,03	225,75	3393,03	6,95	540	243,9167	375,26
5	15,01	15,02	15,05	225,45	3393,03	6,88	530	239,7187	368,80
6	15,01	15,03	15,06	225,60	3398,22	6,98	630	284,7591	438,09
7	15,05	15,01	15,04	225,90	3397,54	6,95	530	239,2409	368,06
8	15,04	15,05	15,06	226,35	3408,86	6,94	570	256,7835	395,05
9	15,05	15,05	15,03	226,50	3404,33	7,30	610	274,6209	422,49
10	15,06	15,03	15,06	226,35	3408,86	6,95	470	211,7340	325,74
11	15,01	15,01	15,06	225,30	3393,02	6,90	450	203,6703	313,34
12	15,02	15,03	15,06	225,75	3399,80	7,00	440	198,7469	305,76
13	15,00	15,02	15,06	225,30	3393,02	7,08	420	190,0924	292,45
14	15,01	15,02	15,05	225,45	3393,03	6,90	450	203,5347	313,13
15	15,01	15,03	15,03	225,60	3390,77	6,94	440	198,8793	305,97
16	15,02	15,03	15,04	225,75	3395,29	6,93	400	180,6790	277,97
17	15,02	15,05	15,04	226,05	3399,81	7,10	510	230,0596	353,94
18	15,03	15,02	15,03	225,75	3393,03	7,10	410	185,1960	284,92
19	15,03	15,03	15,06	225,90	3402,07	7,14	440	198,6147	305,56
20	15,01	15,00	15,00	225,15	3377,25	6,96	570	258,1544	397,16
rata-rata				225,77	3395,89	6,99	486	219,5145	337,71

Deviasi Standar = 45,31 kg/cm<sup>2</sup>

Sample C-3

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,02	15,06	15,06	226,20	3406,59	6,95	550	247,9388	381,44
2	15,14	14,90	15,03	225,59	3390,56	6,70	395	178,5507	274,69
3	14,95	15,12	15,05	226,04	3401,96	6,94	410	184,9556	284,55
4	14,95	15,02	15,05	224,55	3379,46	6,84	410	186,1870	286,44
5	14,99	14,95	15,03	224,10	3368,23	6,87	400	182,0094	280,01
6	14,90	15,00	15,03	223,50	3359,21	6,78	450	205,3107	315,86
7	15,03	15,00	15,06	225,45	3395,28	6,90	440	199,0119	306,17
8	15,02	14,94	15,05	224,40	3377,20	6,85	415	188,5837	290,13
9	15,02	15,01	15,01	225,45	3384,01	6,80	580	262,3337	403,59
10	14,99	15,02	15,02	225,15	3381,75	6,85	400	181,1612	278,71
11	15,01	15,02	15,02	225,45	3386,26	6,90	480	217,1037	334,01
12	14,97	15,02	15,03	224,85	3379,49	6,77	590	267,5697	411,65
13	15,01	14,98	15,04	224,85	3381,74	6,80	410	185,9379	286,06
14	15,02	14,94	15,06	224,40	3379,45	6,83	540	245,3861	377,52
15	15,00	15,00	15,05	225,00	3386,25	6,90	450	203,9420	313,76
16	15,01	15,03	15,05	225,60	3395,28	6,90	520	235,0392	361,60
17	15,01	14,97	15,02	224,70	3374,99	6,95	400	181,5241	279,27
18	15,03	15,01	15,01	225,60	3386,26	6,90	590	266,6791	410,28
19	15,01	14,94	15,02	224,25	3368,23	6,75	400	181,8886	279,83
20	15,02	15,03	15,00	225,75	3386,26	6,75	430	194,2300	298,82
Rata-rata				225,01	3383,42	6,85	465	210,5849	323,98

Deviasi Standar = 48,04 kg/cm<sup>2</sup>

Sample C-4

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,01	15,03	15,05	225,60	3395,28	7,08	520	235,0392	361,60
2	15,06	14,99	15,04	225,75	3395,27	7,02	380	171,6460	264,07
3	15,00	14,98	15,03	224,70	3377,24	7,02	570	258,6714	397,96
4	15,03	15,04	15,05	226,13	3403,20	6,96	495	223,2187	343,41
5	14,98	15,01	15,00	224,90	3373,49	7,05	475	215,3685	331,34
6	15,01	15,02	15,01	225,45	3384,01	7,00	365	165,0893	253,98
7	15,02	15,04	15,06	225,83	3400,94	7,05	455	205,4541	316,08
8	15,01	14,98	15,01	224,88	3375,38	7,00	390	176,8477	272,07
9	15,02	15,02	15,02	225,60	3388,52	7,05	440	198,8793	305,97
10	15,03	15,05	15,05	226,25	3405,83	7,00	420	189,2933	291,22
11	15,02	15,03	15,03	225,75	3393,03	7,02	375	169,3866	260,59
12	15,03	15,01	15,02	225,60	3388,52	7,08	430	194,3594	299,01
13	15,05	15,01	15,00	225,83	3387,38	7,00	550	248,3513	382,08
14	15,00	15,02	15,01	225,30	3381,75	7,04	370	167,4624	257,63
15	15,05	15,01	15,01	225,85	3390,02	7,00	530	239,2933	368,14
16	15,05	15,03	15,06	226,15	3405,85	7,05	400	180,3584	277,47
17	15,06	15,04	15,02	226,50	3402,07	7,17	370	166,5734	256,27
18	15,01	15,03	15,02	225,60	3388,52	7,13	375	169,4994	260,77
19	14,96	15,00	15,01	224,33	3367,12	7,00	380	172,7359	265,75
20	15,03	15,01	15,02	225,60	3388,52	7,00	370	167,2394	257,29
Rata-rata				225,58	3389,65	7,04	436	197,2382	301,14

Deviasi Standar = 46,08 kg/cm<sup>2</sup>

Sample C-5

No.	Dimensi Kubus			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat Desak 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )
	P	L	T						
1	15,02	15,01	15,02	225,45	3386,26	7,65	375	169,6123	260,94
2	15,03	14,99	15,02	225,35	3384,77	6,94	470	212,6746	327,19
3	14,94	15,02	15,05	224,40	3377,20	6,94	340	154,5023	237,70
4	15,03	14,98	15,03	225,15	3384,00	7,02	380	172,1033	264,77
5	15,01	14,99	15,02	224,97	3379,12	7,03	495	224,3617	345,17
6	15,00	15,03	15,01	225,40	3383,26	7,09	510	230,7236	354,96
7	15,02	15,03	15,02	225,75	3390,77	7,10	500	225,8488	347,46
8	15,02	15,02	15,00	225,60	3384,01	7,02	415	187,5793	288,58
9	15,04	15,01	15,00	225,75	3386,26	6,94	350	158,0943	243,22
10	15,06	15,05	15,04	226,63	3408,48	6,98	410	184,4795	283,81
11	14,99	15,03	15,05	225,30	3390,76	6,85	330	149,3585	229,78
12	14,99	15,02	15,02	225,07	3380,62	6,90	345	156,3036	240,47
13	14,98	15,01	15,05	224,90	3384,73	6,86	480	217,6355	334,82
14	15,00	14,94	15,02	224,17	3367,11	6,90	370	168,3028	258,93
15	15,06	15,02	15,02	226,15	3396,80	7,00	340	153,3048	235,85
16	15,01	15,02	15,03	225,38	3387,39	7,05	480	217,1761	334,12
17	14,96	15,06	15,04	225,22	3387,35	7,00	480	217,3231	334,34
18	15,02	15,06	15,02	226,23	3397,93	7,06	515	232,1347	357,13
19	15,03	15,06	15,03	226,40	3402,81	7,12	350	157,6397	242,52
20	15,04	15,06	15,01	226,55	3400,55	7,12	480	216,0479	332,38
Rata-rata				225,44	3387,35	7,02	418	188,9031	290,62

Deviasi Standar = 46,21 kg/cm<sup>2</sup>

## BALOK STANDART

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10,1433	10,1883	1095	46,799790
2	9,9667	10,0867	1155	51,255022
3	9,8733	9,9767	1015	46,477461
4	10,2533	10,1067	1230	52,848809
5	9,9500	10,1817	1365	59,549962
6	10,0000	10,1133	1380	60,716372
7	10,2150	10,0633	1430	62,205579
8	9,8650	10,1417	1440	63,864041
9	10,1833	10,1133	1126	48,649298
10	10,1033	10,0033	1345	59,866650
11	10,1400	10,0667	1450	63,499207
12	10,1100	10,0417	1280	56,501092
13	10,1567	10,0617	1220	53,392098
14	10,0217	9,9880	1325	59,638941
15	10,0067	10,3867	1415	58,982462
16	10,0833	10,0583	1225	54,037686
17	10,0433	10,1283	1300	56,781428
18	9,9700	10,1117	1370	60,476906
19	10,2567	10,2800	1330	55,216677
20	10,0817	10,0983	1305	57,120594
RATA-RATA			1290,05	56,394054

## BALOK C-1

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10,0167	10,3183	1340	56,542674
2	9,7267	10,2933	1310	57,201712
3	10,0450	10,2150	1310	56,241529
4	10,1250	10,1467	1315	56,766692
5	10,0133	10,1333	1450	63,460207
6	10,2250	10,1883	1475	62,537104
7	10,2167	10,1800	1445	61,414958
8	9,9917	10,0650	1190	52,904489
9	10,1233	10,0000	1350	60,010075
10	10,1517	10,0517	1450	63,615464
11	10,1683	10,1517	1225	52,604476
12	10,1033	10,3850	1345	55,546736
13	10,0600	10,3717	1410	58,631870
14	10,0600	10,1783	1450	62,608318
15	9,8600	10,4600	1320	55,061261
16	10,1033	10,4333	1565	64,035413
17	10,0467	10,1417	1315	57,265533
18	10,0117	10,2667	1310	55,861711
19	10,2050	10,2583	1370	57,407585
20	10,1200	10,2450	1305	55,286435
RATA-RATA			1362,50	58,250212

## BALOK C-2

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10.2067	10.0867	1280	55.467542
2	10.0100	10.0667	1160	51.459098
3	10.1000	10.0533	1170	51.577432
4	10.1867	10.0167	1440	63.400423
5	10.0970	10.0300	1215	53.826305
6	10.0430	10.0367	1175	52.264287
7	10.0823	10.1067	1210	52.871242
8	10.1533	10.0766	1270	55.434607
9	9.9467	10.1200	1080	47.708550
10	9.9900	10.1333	1250	54.834670
11	10.1633	10.2033	1300	55.289136
12	10.1400	10.1467	1240	53.449863
13	10.0400	10.0600	1265	56.023903
14	10.0540	9.9770	1260	56.655781
15	10.0233	10.2000	1370	59.118132
16	10.1350	10.0900	1270	55.387294
17	10.0200	9.9900	1220	54.900164
18	10.0700	10.0567	1330	58.765670
19	10.0117	10.0667	1440	63.869604
20	9.9333	10.0767	1185	52.868946
RATA-RATA			1256.5	55.258632

## BALOK C-3

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10.1533	10.1000	1085	47.140293
2	10.0333	10.0333	1025	45.667126
3	10.0250	10.0067	1105	49.534598
4	10.1200	9.8770	1050	49.858569
5	10.0400	10.1717	1230	53.284000
6	10.0670	10.1333	1050	45.708813
7	10.1500	10.0667	1160	50.749317
8	10.1000	9.9800	1070	47.864534
9	10.0800	10.1100	1150	50.228187
10	9.9660	10.1466	1120	49.121155
11	9.9873	10.2300	915	39.394377
12	10.5660	10.1166	1075	44.734358
13	10.1400	10.0800	1105	48.263162
14	9.9370	10.1667	1050	46.003037
15	10.2667	9.9883	1050	46.130459
16	10.0000	10.0650	1130	50.195339
17	10.2000	10.0450	1105	48.314193
18	10.2833	10.1900	1165	49.097294
19	10.0167	10.1250	1060	46.451917
20	10.0500	10.0050	1125	50.322798
RATA-RATA			1091.25	47.903176

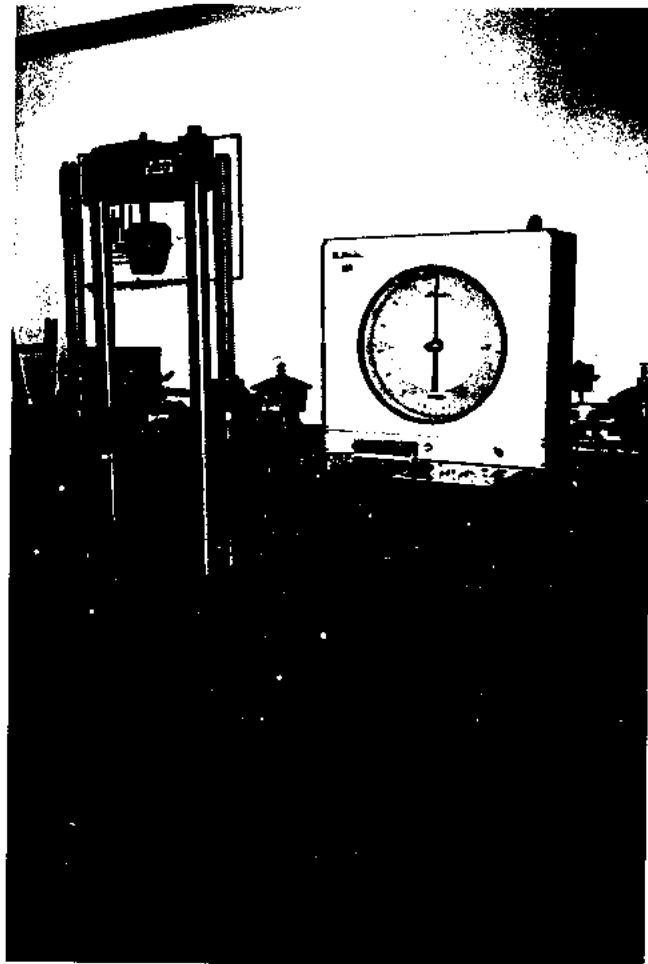
## BALOK C-4

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10.1517	10.0933	990	43.076714
2	9.8667	10.0867	1070	47.965188
3	10.2183	10.0433	1050	45.842711
4	10.0767	10.0267	1115	49.528253
5	10.0267	10.0000	1105	49.592587
6	10.1100	10.0717	950	41.684961
7	10.2217	9.9033	1200	53.865507
8	10.2033	10.0567	1075	46.878027
9	10.0967	10.1533	1040	44.962656
10	10.1700	10.1367	990	42.631790
11	10.0467	10.0333	1005	44.716205
12	9.9400	10.2133	1075	46.655453
13	10.0100	10.0500	925	41.170680
14	10.0333	10.0433	960	42.686158
15	9.9200	10.1867	835	36.502304
16	10.1300	9.9800	920	41.032673
17	9.9500	10.1400	1015	44.645692
18	10.0500	10.2133	1060	45.500915
19	9.9633	10.1000	985	43.611677
20	10.0067	10.1633	910	39.618090
RATA-RATA			1013.75	44.608412

## BALOK C-5

NO.	LEBAR	TINGGI	BEBAN	KUAT LENTUR
1	10.0270	10.2666	915	38.959135
2	10.1966	10.3283	970	40.130186
3	10.0433	10.2150	855	36.713471
4	9.9100	10.3565	875	37.044257
5	10.0350	10.2400	975	41.696522
6	10.1750	10.1166	965	41.700018
7	10.1000	10.3300	1015	42.379569
8	10.1800	10.2583	1075	45.156722
9	9.9616	10.3083	1010	42.936900
10	10.0050	10.2330	1030	44.241179
11	10.0816	10.3083	1020	42.845885
12	10.1850	10.2766	990	41.417870
13	10.1033	10.3700	965	39.968611
14	9.9248	10.2483	945	40.796123
15	10.1883	10.2400	975	41.069128
16	10.0466	10.2850	870	36.838680
17	10.0456	10.1483	860	37.406621
18	10.0683	10.2066	975	41.831052
19	10.0516	10.2116	940	40.356879
20	9.9950	10.0866	780	34.517133
RATA-RATA			950.25	40.400297





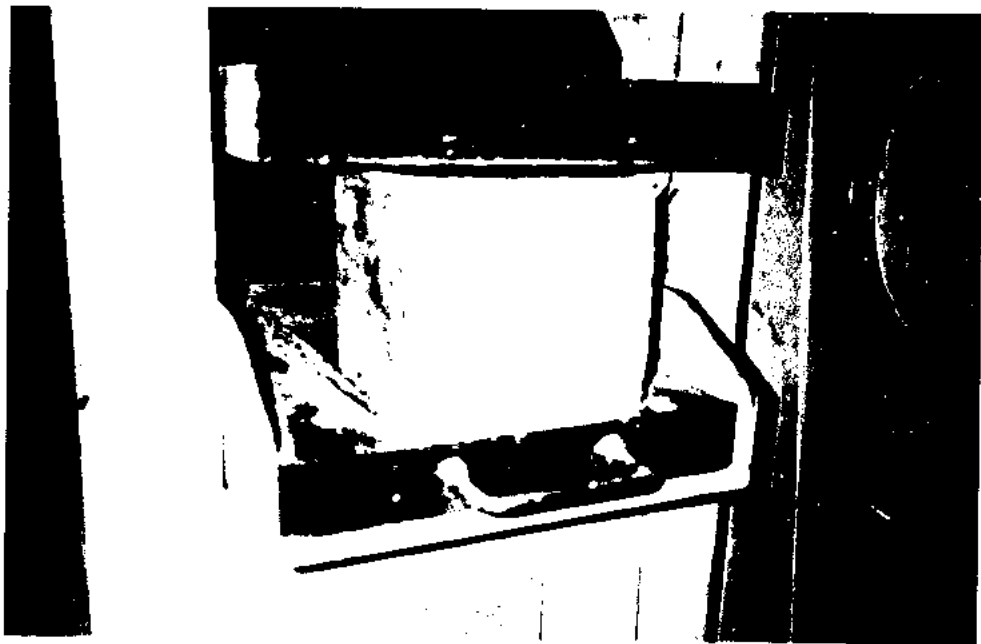
Gambar mesin uji lentur



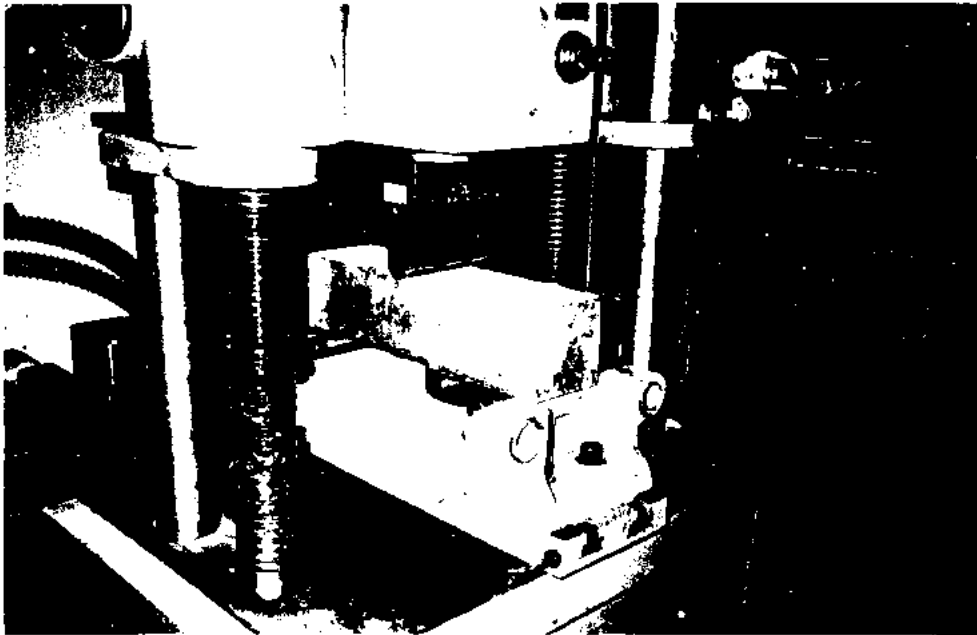
Gambar mesin uji desak beton



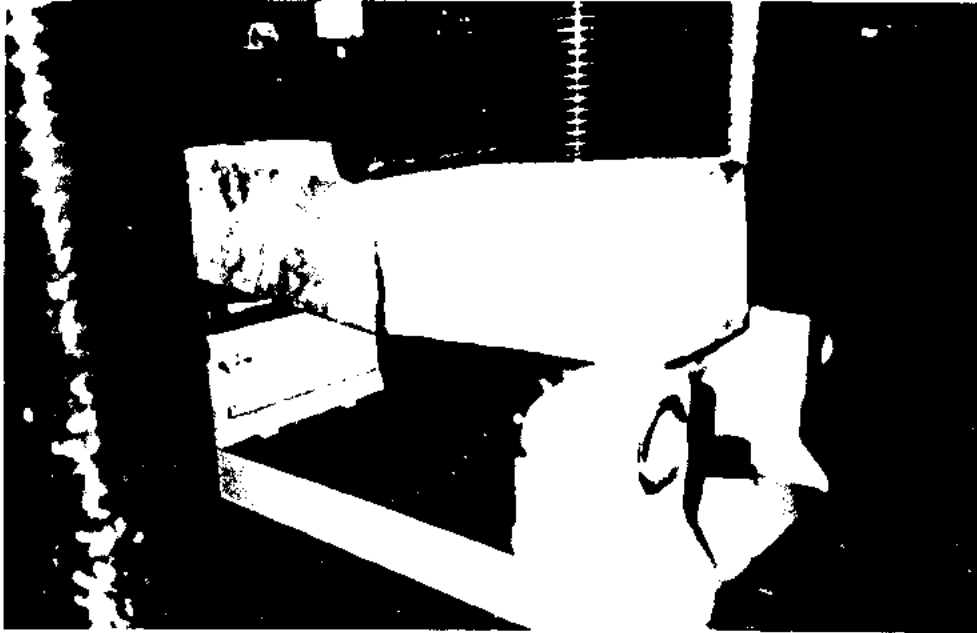
Benda uji kubus hasil  
pengujian desak beton non fiber



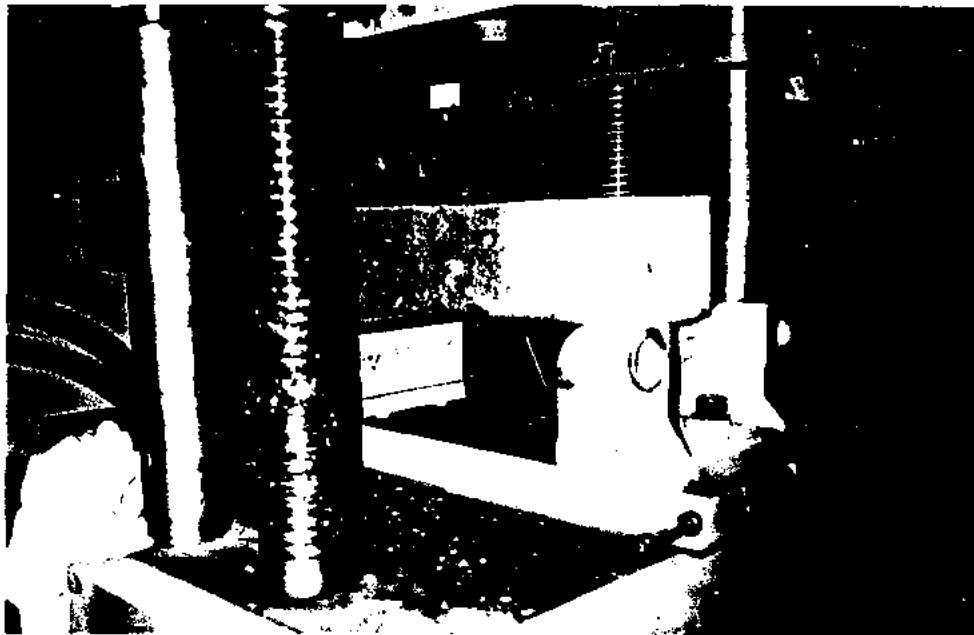
Benda uji kubus hasil  
pengujian desak beton fiber



Pengujian kuat lentur



Keruntuhan benda uji non-fiber  
akibat beban lentur



Keruntuhan tidak dapat terjadi secara total  
akibat adanya lekatan antara fiber dan beton