

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT**  
**STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**



Disusun Oleh :

**MARTOPO**

No. Mhs. : 91 310 141  
NIRM : 910051013114120136

**YANUAR HADI**

No. Mhs. : 91 310 218  
NIRM : 910051013114120212

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1997**

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT**  
**STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
darajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

**MARTOPO**

No. Mhs. : 91 310 141  
NIRM : 910051013114120136

**YANUAR HADI**

No. Mhs. : 91 310 218  
NIRM : 910051013114120212

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1997**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT**

**STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Disusun Oleh :

**MARTOPO**

No. Mhs. : 91 310 141  
NIRM : 910051013114120136

**YANUAR HADI**

No. Mhs. : 91 310 218  
NIRM : 910051013114120212

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H.M. Samsudin**  
Dosen Pembimbing I

**Ir. Tadjuddin BMA, MS**  
Dosen Pembimbing II



Tanggal :

*[Signature]*  
6/10/97

Tanggal :

*[Signature]*  
1-10-97

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirrohim.*

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON". Adapun tugas akhir ini dimaksudkan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu ( S1 ) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama penulisan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan. Namun berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat diatasi juga. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. M. Samsudin selaku dosen pembimbing,
4. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS selaku dosen pembimbing.
5. Rekan seperjuangan dan sealmamater di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.



6. Serta rekan-rekan yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhirnya besar harapan penulis semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya serta para pembaca pada umumnya. Amin

*Wassalmu" alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, Agustus 1997

penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
INTISARI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pokok Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Hipotesis	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Tinjauan Pustaka	10

2.2 Landasan Teori	14
2.2.1 Beton	14
2.2.2 Agregat	15
2.2.3 Semen	16
2.2.4 Air	18
2.2.5 Beton Serat	18
2.2.6 Kuat lentur	24
2.2.7 Kuat desak	26
2.2.8 Perencanaan adukan beton	27
2.2.9 Probabilitas	32
<b>BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN</b>	<b>33</b>
3.1 Umum	33
3.2 Bahan Penelitian	33
3.2.1 Semen	33
3.2.2 Agregat halus (pasir)	34
3.2.3 Agregat kasar (kerikil)	34
3.2.4 Air	35
3.2.5 Serat (bahan tambah)	35
3.3 Alat-Alat Penelitian	35
3.4 Pelaksanaan Penelitian	37
3.4.1 Tahap persiapan bahan	38
3.4.2 Perhitungan campuran adukan beton	38
3.4.3 Proses pembuatan benda uji	42

3.4.4 Perawatan benda uji	43
3.4.5 Proses pengujian	43
3.4.5.1 Pengujian kuat lentur	44
3.4.5.2 Pengujian kuat desak	44
3.4.5.3 Pengujian kuat tarik kawat	45
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>46</b>
4.1 Hasil Penelitian	46
4.1.1 Hasil pengujian kuat desak	46
4.1.2 Hasil pengujian kuat lentur	48
4.2 Analisa Hasil	53
4.2.1 Kuat desak beton	53
4.2.2 Kuat Lentur Beton	58
4.3 Pembahasan	59
4.3.1 Workability	59
4.3.2 Kuat desak beton	61
4.3.3 Kuat lentur beton	64
4.3.4 Probabilitas letak serat	70
4.3.4.1 Definisi umum probability	70
4.3.4.2 Perhitungan probability	71



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bahan dasar penyusun semen	16
Tabel 2.2	Nilai deviasi standart	28
Tabel 2.3	Nilai k untuk beberapa keadaan	28
Tabel 2.4	Faktor modifikasi simpangan baku	29
Tabel 2.5	Hubungan faktor air semen dan kuat beton silinder beton umur 28 hari	29
Tabel 2.6	Faktor air semen maximal	30
Tabel 2.7	Nilai slump	30
Tabel 2.8	Ukuran maksimum agregat	30
Tabel 2.9	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump ukuran maximum agregat	31
Tabel 2.10	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir	31
Tabel 3.1	Kebutuhan material benda uji	41
Tabel 4.1	Kuat desak beton non serat pada umur 28 hari	46
Tabel 4.2	Kuat desak beton serat lurus 2% pada umur 28 hari	46
Tabel 4.3	Kuat desak beton serat lurus 2.5% pada umur 28 hari	47
Tabel 4.4	Kuat desak beton serat lurus 3% pada umur 28 hari	47
Tabel 4.5	Kuat lentur beton normal pada umur 14 hari	48
Tabel 4.6	Kuat lentur beton serat lurus 2% pada umur 14 hari	48

Tabel 4.6	Kuat lentur beton serat lurus 2% pada umur 14 hari	48
Tabel 4.7	Kuat lentur beton serat lurus 2.5% pada umur 14 hari	48
Tabel 4.8	Kuat lentur beton serat lurus 3% pada umur 14 hari	48
Tabel 4.9	Kuat lentur beton serat silang 2% pada umur 14 hari	49
Tabel 4.10	Kuat lentur beton serat silang 2.5% pada umur 14 hari	49
Tabel 4.11	Kuat lentur beton serat silang 3% pada umur 14 hari	49
Tabel 4.12	Kuat lentur beton normal pada umur 21 hari	49
Tabel 4.13	Kuat lentur beton serat lurus 2% pada umur 21 hari	50
Tabel 4.14	Kuat lentur beton serat lurus 2.5% pada umur 21 hari	50
Tabel 4.15	Kuat lentur beton serat lurus 3% pada umur 21 hari	50
Tabel 4.16	Kuat lentur beton serat silang 2% pada umur 21 hari	50
Tabel 4.17	Kuat lentur beton serat silang 2.5% pada umur 21 hari	51
Tabel 4.18	Kuat lentur beton serat silang 3% pada umur 21 hari	51
Tabel 4.19	Kuat lentur beton normal pada umur 28 hari	51
Tabel 4.20	Kuat lentur beton serat lurus 2% pada umur 28 hari	51
Tabel 4.21	Kuat lentur beton serat lurus 2.5% pada umur 28 hari	52
Tabel 4.22	Kuat lentur beton serat lurus 3% pada umur 28 hari	52
Tabel 4.23	Kuat lentur beton serat silang 2% pada umur 28 hari	52
Tabel 4.24	Kuat lentur beton serat silang 2.5% pada umur 28 hari	52
Tabel 4.25	Kuat lentur beton serat silang 3% pada umur 28 hari	53
Tabel 4.26	Perhitungan kuat desak karakteristik beton non serat pada umur 28 hari	54

Tabel 4.27 Perhitungan kuat desak karakteristik beton serat lurus 2% pada umur 28 hari.	55
Tabel 4.28 Perhitungan kuat desak karakteristik beton serat lurus 2.5% pada umur 28 hari	56
Tabel 4.29 Perhitungan kuat desak karakteristik beton serat lurus 3% pada umur 28 hari	57
Tabel 4.30 Kuat lentur rata-rata beton	59
Tabel 4.31 Kuat desak rata-rata dan karakteristik beton pada umur 28 hari	62
Tabel 4.32 Kuat lentur rata-rata dan prosentase kenaikan kekuatan beton serat lurus dan beton serat silang	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva defleksi pada beton serat	20
Gambar 2.2	Diagram tegangan regangan pada balok	23
Gambar 2.3	Balok dengan pusat benda dalam keadaan lentur murni	24
Gambar 2.4	Bentuk penampang balok	25
Gambar 4.5	Diagram hubungan antara kuat lentur beton serat lurus dengan prosentase serat	65
Gambar 4.6	Diagram hubungan antara kuat lentur beton serat silang dengan prosentase serat	65

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Hubungan antara faktor k dengan bagian dari hasil pemeriksaan yang diperkirakan jatuh dibawah kekuatan minimal	29
Grafik 4.1 Hubungan kuat desak karakteristik beton dengan prosentase penambahan serat lurus	62
Grafik 4.2 Hubungan antara kuat lentur beton serat lurus dengan prosentase serat	66
Grafik 4.3 Hubungan antara kuat lentur beton serat silang dengan prosentase serat	67

## DAFTAR NOTASI

$M$	=	Momen lentur
$F$	=	Gaya
$\sigma_{lt}$	=	Tegangan lentur
$l$	=	Jarak antara tumpuan
$b$	=	Lebar tampang balok
$S$	=	Deviasi standart
$f_c$	=	Kuat desak beton masing-masing benda uji (MPa)
$f_{cr}$	=	Kuat desak beton rata-rata (MPa)
$N_i$	=	Jumlah benda uji
$f'_c$	=	Kuat tekan karakteristik (MPa)
$P$	=	Beban maksimum (KN)
$A$	=	Luas permukaan ( $\text{cm}^2$ )
$m$	=	Nilai margin
$k$	=	Koefisien
$A_p$	=	Suatu peristiwa
$P(A)$	=	Probabilitas bahwa peristiwa (A) akan terjadi
$N(A)$	=	Banyak elemen dalam (A)
$N(S)$	=	Banyak seluruh elemen dalam S

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Foto retakan patahan benda uji lentur
- Lampiran 2 Foto alat uji desak beton
- Lampiran 3 Foto alat uji lentur beton
- Lampiran 4 Pemeriksaan gradasi agregat halus
- Lampiran 5 Pemeriksaan berat jenis pasir
- Lampiran 6 Pemeriksaan berat jenis kerikil
- Lampiran 7 Pemeriksaan berat jenis kerikil kering tusuk
- Lampiran 8 Hasil uji tarik kawat strimin



## INTISARI

Beton sebagai salah satu bahan bangunan, digunakan baik dalam beton struktur maupun beton non struktur. Hal ini dikarenakan adanya beberapa keuntungan secara teknis maupun non teknis. Selain mempunyai kuat desak yang tinggi, beton kurang mampu menahan tegangan tarik. Retak-retak halus masih sering timbul pada permukaan beton. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya umur beton. Untuk mengurangi retak-retak halus tersebut, digunakan bahan tambah serat pada adukan beton. Maksud dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa jauh pengaruh penambahan serat kawat strimin ditinjau dari kuat lentur dan kuat desak beton, serta mencoba mencari solusi peristiwa tercabutnya serat pada uji lentur beton, dalam penelitian-penelitian sebelumnya, mengenai beton fiber.

Pada penelitian ini digunakan serat dari potongan kawat strimin dengan dua model bentuk yaitu bentuk lurus dan silang, dengan panjang masing-masing 50 mm dan diameter 1.2 mm. Pengujian dilakukan pada empat konsentrasi serat yaitu 0%, 2%, 2.5%, dan 3%, serta umur benda uji untuk pengujian kuat lentur adalah 14, 21, 28 hari. dan uji desak pada umur 28 hari.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa beton serat silang kawat strimin mempunyai kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton serat lurus dan beton non serat pada masing-masing umur pengujian. Tegangan lentur rata-rata maksimal umur 14 hari untuk beton non serat 4.1392 MPa, beton serat lurus 4.5275 MPa, beton serat silang 4.6087 MPa. Tegangan lentur rata-rata maksimal umur 21 hari untuk beton non serat 4.3412 MPa, beton serat lurus 4.7378 MPa, beton serat silang 4.8439 MPa. Tegangan lentur rata-rata maksimal umur 28 hari untuk beton non serat 4.6343 MPa, beton serat lurus 4.9256 MPa dan beton serat silang 5.0018 MPa. Sedangkan kuat desaknya mengalami kenaikan yang sangat kecil. Upaya mengurangi tercabutnya serat kawat pada uji lentur beton berhasil. Ini dapat dilihat bahwa serat-serat kawat strimin mengalami putus.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan sarana fisik di Indonesia saat ini sedang giat dilakukan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi, perekonomian, sosial dan lain sebagainya yang mengharuskan tersedianya sarana tersebut. Gedung pencakar langit, perumahan rakyat, perkantoran, hotel, jembatan, bangunan industri, bangunan irigasi, lapangan terbang pelabuhan dan sebagainya, menggunakan beton sebagai salah satu bahan struktur bangunan yang paling populer di Indonesia. Hal ini disebabkan karena bahan baku beton tersedia cukup melimpah dan murah. Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat serta air. Beton dalam berbagai sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya tergantung dari kekuatan yang diinginkan.

Secara struktural beton mempunyai kekuatan yang cukup besar terutama dalam kuat tekannya, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur-struktur dengan gaya-gaya tekan dominan. Selain itu ditinjau dari proses pembuatannya beton bersifat fleksibel. Beton dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya.

Bentuk beton sangat bervariasi sesuai desain yang diinginkan. Dari segi perawatan tidak memerlukan perlakuan khusus. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang sangat rendah dan bersifat getas (“brittle”), Oleh karena itu, dalam tiap perencanaan struktur bangunan teknik sipil, kekuatan tarik beton sering diabaikan. Untuk mengatasi hal tersebut diatas dilakukan penambahan beberapa bentuk bahan yang dapat membantu beton terhadap kerusakan yang diakibatkan adanya gaya akibat beban luar. Beton diberi baja tulangan profil maupun polos untuk menahan gaya tarik ekstrim pada beton. Penambahan baja tulangan belum memberikan hasil yang benar-benar memuaskan. Retak-retak melintang yang halus masih sering timbul pada daerah tarik. Hal ini terlihat tidak begitu membahayakan pada sebuah struktur bangunan, tetapi salah bila kita mengabaikan hal tersebut. Bangunan dengan struktur yang retak-retak dilihat sepiantas tidak mencerminkan sebuah bangunan kokoh dan indah. Terlebih penting adalah dengan timbulnya retak tersebut, memungkinkan masuknya udara luar kedalam struktur beton melalui retak-retak halus beton yang mengakibatkan kontak langsung tulangan baja dengan udara. Ini berakibat tulangan korosif dan umur beton semakin pendek.

Salah satu cara untuk mengurangi retak-retak halus tersebut adalah dengan menambah serat-serat pada adukan beton sehingga retak-retak yang mungkin terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik akan ditahan oleh serat-serat tambahan tersebut. Ide dasar penambahan serat ini adalah menulangi beton dengan serat, sehingga diharapkan dapat mengeliminir timbulnya retak-retak halus beton, meningkatkan tegangan aksial dan tegangan lentur beton.

Banyak sekali jenis serat yang dipakai, mulai dari serat karbon yang sangat mahal sampai dengan serat alam yang sangat murah. Sebagai contoh penggunaan serat buatan seperti “steel fibres”, “polypropylene fibres”, “glass fibres”, “bronze fibres” sampai dengan “carbon fibres”. Sedangkan dari serat alam dapat digunakan beberapa bahan seperti serat ijuk, serat rami, serat bambu, serat sisal dan sebagainya. Setiap jenis serat mempunyai keuntungan dan kerugiannya sendiri-sendiri, tergantung dari tujuan pemakaiannya.

Serat “polypropylene” dapat mempertinggi kuat impak beton, tetapi modulus elastik yang rendah, lekatan yang jelek dengan adukan beton dan titik nyala rendah menghalangi pemakaian serat polymer.

“Carbon fibres” dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan lawan retak, regangan retak serta kuat batas pasta semen atau mortar, tetapi kelemahan serat karbon adalah dalam hal keliatan sehingga dalam pemakaiannya memerlukan pertimbangan khusus.

“Steel fibres” dan “bronze fibres” dipakai untuk meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur beton, tetapi dalam pelaksanaan pencampuran serat-serat ini akan menimbulkan “balling effect”. “Balling effect” yaitu peristiwa penggumpalan serat menjadi bola-bola serat karena penyebaran serat yang tidak merata pada adukan beton, sehingga perlu penanganan khusus dalam pelaksanaannya.

Di Indonesia, konsep pemakai serat pada adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal dan dipakai dalam praktek. Salah satu sebab adalah tidak tersedianya serat baja dan harganya relatif mahal. Untuk mengatasi

hal tersebut, perlu dicari alternatif penggunaan bahan lokal yang mudah didapat di Indonesia dan murah harganya sebagai pengganti serat baja asli dari luar negeri.

## **1.2 Pokok Masalah**

Beton mempunyai kuat tarik yang sangat kecil bila dibandingkan dengan kuat desaknya. Dengan penambahan serat kawat strimin, diperkirakan kuat lentur beton akan dapat diperbesar.

Dengan adanya penambahan serat kawat strimin dengan dua macam bentuk yaitu bentuk silang dan lurus, akan didapat sejauh mana perbedaan kuat lentur yang terjadi pada beton yang mengalami penambahan serat pada konsentrasi yang sama.

Dipakainya fiber potongan kawat strimin diharapkan dapat mengatasi saling tercabutnya serat-serat kawat pada daerah retakan beton seperti penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga serat dapat bekerja maksimal.

Pada daerah beton tarik akan mengalami tegangan tarik, akan mengakibatkan retak-retak halus. Diharapkan juga dengan penambahan serat kawat strimin akan mengurangi retak-retak halus tersebut.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi prosentase serat kawat strimin bentuk lurus dan silang terhadap kuat lentur beton. Pada penelitian ini diharapkan mendapatkan suatu perbaikan dari sifat-sifat beton, sehingga kelemahan-kelemahan pada beton dapat dikurangi.

Meninjau penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu tercabutnya serat pada pengujian kuat lentur, serat kawat strimin diperkirakan mampu mengatasi tercabutnya serat yang disebabkan dari bentuknya yang berkait.

Penelitian ini juga bertujuan memperkenalkan lebih luas tentang beton serat, sehingga dengan penelitian ini dapat dikaji dan ditingkatkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan bahan tambah serat untuk beton, yang benar-benar berkualitas serta dapat diproduksi secara massal.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah ini dibuat agar masalah yang akan diteliti lebih terarah.

Adapun batasan-batasan tersebut adalah :

1. mutu beton  $f_c = 22.5$  MPa,
2. kawat strimin berdiameter 1.2 mm dan panjang 5 cm dengan bentuk lurus dan silang,
3. penambahan berat serat kawat strimin adalah 2%, 2.5% dan 3% dari berat semen,
4. benda uji desak berupa silinder dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm dilakukan pada beton non serat dan beton serat strimin lurus,
5. benda uji lentur berupa balok dengan ukuran 10x10x40 cm dilakukan pada beton non serat, beton serat strimin lurus dan beton serat strimin silang.

6. bahan-bahan yang digunakan antara lain ; semen type I merk nusantara, air PAM dari Lab. BKT Teknik sipil UII, agregat halus (pasir) dari sungai progo, Agregat kasar (split) dengan ukuran maksimum 20 mm,
7. nilai slump direncanakan 7,5 - 15 cm,
8. pengujian kuat desak dilakukan pada umur 28 hari, untuk lentur pada umur 14, 21 dan 28 hari,
9. probabilitas serat menahan gaya tarik ditinjau tegak lurus sumbu bahan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pengusaha jasa konstruksi. Penelitian beton serat akan dapat mengembangkan teknologi mengenai beton sebagai bahan bangunan, dengan adanya perbaikan karakteristik beton terutama pada kuat desak dan lentur. Bagi pengusaha jasa konstruksi, mutu beton yang ditentukan akan dicapai kuat desak dan lentur yang tinggi, dengan biaya konstruksi relatif lebih kecil.

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Agar penelitian berjalan dengan terarah dan lancar, maka digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### **1. Studi pustaka**

Sumber bacaan sebagai bahan referensi untuk penulisan Tugas Akhir ini diambil dari buku-buku literatur, hasil-hasil penelitian sebelumnya serta dari makalah-makalah seminar tentang beton serat.

## 2. Studi eksperimen di laboratorium

Metode yang digunakan telah disesuaikan dengan prosedur jenis alat dan penelitian, yaitu :

### 1. Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah kerikil berdiameter maksimum 20 mm dari Sungai Progo, semen merk Nusantera, potongan kawat strimin berdiameter 1.2 mm dengan panjang 50 mm.

### 2. Alat-alat penelitian

Alat-alat yang digunakan yaitu saringan pasir dan kerikil, kerucut Abrams, Mesin uji desak, mesin uji lentur, molen, cetakan silinder dan balok, timbangan, kaliper, dan alat-alat pendukung lainnya.

### 3. Pembuatan benda uji

Benda uji ada dua macam yaitu balok dan silinder, dengan ukuran balok 10x10x40 cm digunakan untuk pengujian lentur beton dan silinder tinggi 30 cm dengan diameter 15 cm digunakan untuk pengujian desak beton. Perincian jumlah benda uji sebagai berikut :

#### a. untuk pengujian desak (umur 28 hari)

1) 15 silinder beton non serat (SN)

2) 15 silinder beton serat lurus 2% (SL 2)

3) 15 silinder beton serat lurus 2.5% (SL 2.5)



4) 15 silinder beton serat lurus 3% (SL 3)

b. untuk pengujian lentur (umur 14, 21, dan 28 hari)

1) 24 balok non serat (BN)

2) 24 balok serat lurus 2% (BL 2)

3) 24 balok serat lurus 2.5% (BL 2,5)

4) 24 balok serat lurus 3% (BL 3)

5) 24 balok serat silang 2% (BS 2)

6) 24 balok serat silang 2.5% (BS 2,5)

7) 24 balok serat silang 3% (BS 3)

Perencanaan campuran adukan beton dihitung berdasarkan metode American Concrete Institute (ACI). Perhitungan dan pembuatan benda uji dilakukan secermat mungkin agar didapat mutu beton seperti yang direncanakan.

#### 4. Pelaksanaan pengujian

Pengujian dilakukan di Lab. BKT FTSP Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini dilakukan untuk mencari kuat desak umur 28 hari dan kuat lentur beton umur 14, 21 dan 28 hari.

#### 5. Analisa

Analisa dilakukan terhadap hasil pengujian di laboratorium berdasarkan teori yang ada.

## 1.7 Hipotesis

Kualitas hasil uji lentur beton serat sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor pendukung dari kemampuan serat atau fiber menahan gaya tarik yang terjadi saat pembebanan beton. Bahan dari kawat strimin sebagai alternatif penggunaan serat fiber akan memberikan perubahan pada kekuatan lentur beton dan kuat desak beton dibandingkan dengan kekuatan yang dicapai oleh beton normal.

Fiber kawat strimin dengan jumlah kait yang lebih banyak daripada fiber-fiber jenis lain pada penggunaan beton serat, akan mampu memperbesar kekuatan dan daya lekat serat kawat dengan adukan beton. Peristiwa lepasnya serat dengan beton, pada pengujian kuat lentur beton selama ini, dapat dikurangi untuk mencapai variasi kekuatan pada penelitian mengenai “beton fiber”.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa macam bahan serat yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1982). Bahan serat tersebut antara lain : baja (“steel”), plastik (“polypropylene”), kaca (“glass”), dan karbon (“carbon”). Untuk keperluan non-struktural serat dari bahan alamiah seperti ijuk, rami atau serat tumbuhan lainnya juga bisa digunakan.

Konsep dasar penambahan serat/fiber pada beton sebenarnya telah cukup lama dikenal. Namun perkembangannya baru dimulai sekitar tahun 1960, yaitu setelah diadakan penelitian penggunaan serat baja (“steel fiber”) di Amerika Serikat. Serat baja (“steel fiber”) memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi, dan tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen. Pembebanan dalam jangka waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanikal serat baja.

Serat baja mempunyai kelemahan yaitu bila serat baja dalam posisi tidak terlindung dalam beton, maka akan terjadi korosi yang akan mengakibatkan kerusakan pada konstruksi beton. Demikian pula sifat adhesi yang tinggi dari serat baja yang akan mengakibatkan terjadinya penggumpalan, sehingga beton menjadi

keropos. Perlu diadakan usaha tambahan untuk mendapatkan penyebaran yang merata pada adukan beton.

Jenis serat plastik (“plastic fibers”) yaitu “polypropylene”, jenis serat ini mempunyai sifat tidak menyerap air semen, modulus elastisitas rendah, tidak tahan lama (bersifat getas), mudah terbakar dan titik lelehnya rendah.

Serat gelas (“glass fibers”), mempunyai kekuatan yang tinggi hampir menyamai serat baja, tetapi berat jenisnya rendah dan modulus elastisitasnya rendah yaitu sekitar sepertiganya dari serat baja (“steel fibers”). Serat gelas mempunyai kelemahan yaitu kurang tahan terhadap alkali dalam semen sehingga tidak dapat bertahan dalam waktu yang lama.

Di Indonesia konsep pemakaian fiber baja pada adukan struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan belum dipakai untuk pelaksanaan dilapangan. Hal ini dikarenakan belum tersedianya fiber baja di Indonesia, dan harganya cukup mahal maupun ketergantungan yang cukup beresiko tinggi bila mendatangkan dari luar negeri.

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 beton.

Menurut **Bambang Suhendro (1991)**, bahwa sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki adalah :

1. keliatan (“ductility”), yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi,

2. ketahanan terhadap beban kejut (“impact resistance”),
3. kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur,
4. ketahanan terhadap kelelahan (“fatigue life”),
5. ketahanan terhadap pengaruh susutan (“shrinkage”),
6. ketahanan terhadap keausan (“abrasion”).

**Swamy dan Al-Noori (1974)** mengamati bahwa bentuk serat akan berpengaruh pada kuat lekat . Pada beton serat berkait kuat lekatannya akan 40% lebih besar dibanding kuat lekat beton serat polos. Perbedaan peranan kedua jenis serat ini terutama adalah dalam menahan retakan dan keruntuhan benda uji. Karena retakan dan lenturan balok struktur beton sebagian besar tergantung pada interaksi antara baja tulangan dan beton, maka peningkatan lekatan pada beton serat akan memperkecil kemungkinan terjadi retak dan lentur yang berlebihan serta akan meningkatkan kekakuan balok secara keseluruhan .

**Keer (1984)**, menyebutkan bahwa penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan (“workability”) sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek ratio serat. Penurunan kelecakan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peningkatan faktor air semen, penambahan jumlah semen, ataupun pemakaian bahan tambah (“additive”). Konsentrasi serat yang masih memungkinkan pengadukan dilakukan dengan mudah adalah 2% dari volume adukan semen.

**Ramakrishnan (1986)** juga mendapatkan hasil bahwa indek tahanan lentur untuk balok beton serat berkait akan berkisar dua atau tiga kali lebih besar dibandingkan dengan beton serat lurus.

**Sudarmoko (1991)** juga berhasil meningkatkan kuat tarik beton dengan menambahkan serat kawat bendrat sebanyak 1,25% dari volume adukan. Kuat tarik beton tersebut meningkat sebesar 13% pada umur benda uji 28 hari.

**Suprianto dan Ali Muhtadin (1996)** mampu menaikkan kuat desak beton serat bendrat sebesar 7.50% sedangkan beton serat plastik sebesar 2.07%. Untuk kekuatan lenturnya beton serat bendrat naik sebesar 16.94% dan pada beton serat plastik naik sebesar 9.90% . Penambahan serat berkisar antara 2-3%.

**Handoko dan Tanjung Rahayu (1996)**, berpendapat dengan penambahan serat kawat baja lurus sebesar 2% kuat desaknya meningkat menjadi 22.0036% dan 36.1554% untuk konsentrasi serat kawat baja 3%. Peningkatan kuat lentur rata-rata beton umur 28 hari karena penambahan serat kawat baja lurus 2% dan 3% adalah 4.7157% dan 7.4221% sedangkan untuk serat kawat baja berkait 2% dan 3% adalah sebesar 19.4351% dan 31.9862%.

**Sahebudin (1996)**, mengatakan bahwa penambahan serat kaleng bekas dengan kandungan 2% dari berat semen, kenaikan optimal yang dicapai baik terhadap kuat lentur maupun kuat desaknya terjadi pada mutu beton K- 225, yaitu masing-masing sebesar 7.93% dan 1.89%.

**Adri I.P dan Tripriyanto N (1996)**, menyimpulkan dengan adanya penambahan serat alami dari serat sisal, menunjukkan adanya pertambahan kuat lentur beton pada umur 28 hari sebesar 10.9217% dari kuat lentur beton tanpa serat. Hal ini tercapai pada kandungan serat 2% , sedangkan nilai optimal dicapai pada kadar serat 1% dengan kenaikan kuat lentur beton sebesar 10.0015%.

## 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 terekat 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 dan kerikil,
2. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tinggi dan tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan,
3. Karena kuat tekanya tinggi, jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat seperti gedung, jembatan, jalan raya dan sebagainya,
4. Beton segar mudah diangkut dan dicetak serta beton segar dapat dipompakan ketempat-tempat yang posisinya sulit.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak, oleh

karena itu perlu diberikan tulangan,

2. Beton tidak kedap air sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang mengandung garam merusak beton,
3. Beton bersifat getas (“brittle”) sehingga memungkinkan terjadi keruntuhan yang mendadak akibat terlampauinya beban batas. Hal ini dapat dihindari dengan pemasangan baja tulangan pada tempatnya sehingga dapat bersifat liat (“ductile”).

### **2.2.2 Agregat**

Agregat adalah butiran yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton. Komposisi agregat kurang lebih 70 % dari volume beton, sehingga sifat-sifat beton sangat dipengaruhi oleh sifat agregatnya. Agregat dapat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan secara alamiah ( agregat alam), 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 akan digunakan pada adukan beton ada dua, yaitu :

#### **1. Agregat kasar (kerikil)**

Agregat kasar mempunyai diameter maksimum 20 mm. Sifat agregat kasar mempunyai pengaruh terhadap kekuatan beton sehingga harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, kuat dan bergradasi baik. Agregat kasar ini dapat diperoleh dari batu pecah, kerikil alami, serta agregat buatan.



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

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. Tricalcium Silicate         | (3 CaO SiO <sub>2</sub> )  |
| 2. Dicalcium Silicate          | (2 CaO SiO <sub>2</sub> )  |
| 3. Tricalcium Aluminate        | (3 CaO SiO <sub>2</sub> )  |
| 4. Tetracalcium Aluminoferrite | (4 CaO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |

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 asam 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.



### 2.2.4 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. Persyaratan air yang digunakan dalam adukan beton adalah sebagai berikut (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992) :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya. Kandungannya tidak lebih dari 2 gr/lt.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton misalnya asam, zat organik dan sebagainya 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 menyebabkan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang, sehingga mengakibatkan berkurangnya kekuatan beton. Untuk itu penggunaan air harus diperhitungkan dengan teliti agar kekuatan beton tidak berkurang dan mudah dalam pengerjaan.

### 2.2.5 Beton serat

Menurut ACI Commite 544 (1982), beton serat ("fiber reinforced concrete") didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan sejumlah kecil serat/fiber.

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

1. “Spacing Concept”

Dalam teori pertama ini, cara penempatan serat/fiber adalah berjajar secara urut dan seragam. Karena dengan berjajar secara urut dan seragam tanpa adanya tumpang tindih (“overlapping”), serat akan bekerja lebih efektif. Dengan mendekatkan jarak antar serat dalam campuran beton, maka beton akan dapat retak menjadi besar.

Pada kondisi yang sebenarnya penyebaran serat tidak beraturan, dan saling menindih. Oleh karena itu volume efektif dari potongan serat hanya 41% dari volume yang sebenarnya

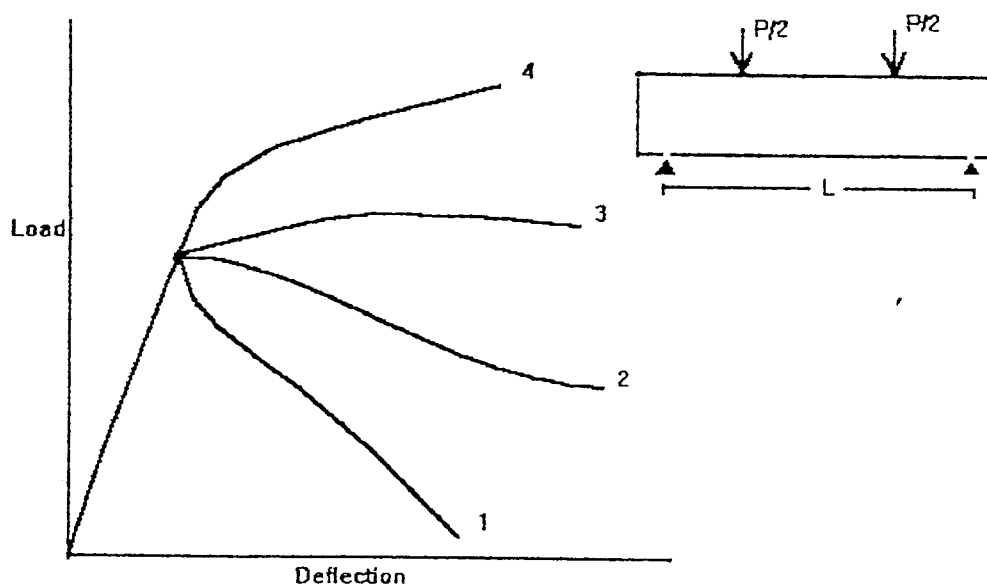
2. “Composite material concept”

Konsep material komposit merupakan salah satu pendekatan untuk memperkirakan kuat tarik ataupun lentur dari “fiber reinforced concrete”. Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposite pada saat timbul retak pertama (“first crack strength”).

Serat yang digunakan dalam “fiber reinforced concrete” adalah ukuran pendek dan bukan “continous fiber”, maka perlu dikoreksi berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Orientasi dari short fiber yang random akan mengurangi efisiensi penulangan serat 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.
- b. Mekanisme balok akibat pembebanan dengan memakai beton serat digambarkan dapat digambarkan dalam kurva defleksi beton serat (Parumalsamy N. Balaguru, 1992).



Gambar 2.1 Kurva defleksi pada beton serat

Sebelum beton retak kurva masih dalam bentuk garis linier. Setelah tegangan ijin terlampaui maka beton mengalami retak. Dengan adanya variasi jumlah serat yang ada dalam beton maka terbentuklah kurva 1-4. Kurva 1 dan 2 menunjukkan bahwa energi yang dapat ditahan oleh serat lebih kecil daripada energi yang ditahan beton sebelum retak. Sedang pada kurva 3 dan 4 menunjukkan bahwa energi yang dapat ditahan oleh serat lebih besar dari energi yang ditahan oleh beton sebelum retak. Jika fiber dapat menahan energi lebih dari 10 %, fiber tersebut seharusnya memiliki kekuatan yang lebih besar dari yang ditunjukkan kurva 4. Tahanan yang disediakan oleh fiber juga tergantung pada ikatan antara fiber dengan beton. Untuk konstruksi beton yang besar, tipe yang paling umum adalah sama dengan kurva 1 atau 2, untuk konstruksi seperti itu peranan fiber paling baik diukur dengan kuat lentur. Perbedaan kurva ini disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain : Jumlah serat, Jenis serat, bentuk serat, Karakteristik beton dan jenis pembebanan yang ada. Tahanan yang disediakan oleh fiber juga tergantung pada ikatan antara fiber dan beton

Alasan utama penambahan fiber pada beton adalah untuk menambah kapasitas penyerapan energi dari bahan yang dapat dievaluasi dengan menentukan daerah/area dibawah beban. Daerah dibawah kurva defleksi (perubahan arah/pembelokan) beban dapat digunakan untuk menentukan perkiraan kapasitas penyerapan energi atau kekerasan material. Meningkatnya kekerasan material juga berarti meningkatnya kemampuan akibat kelelahan.

Mekanisme kekerasan menjadikan beton liat (ductility). Kemampuan komposit mengalami perubahan bentuk sebelum patah dinyatakan dengan indek kekerasan.

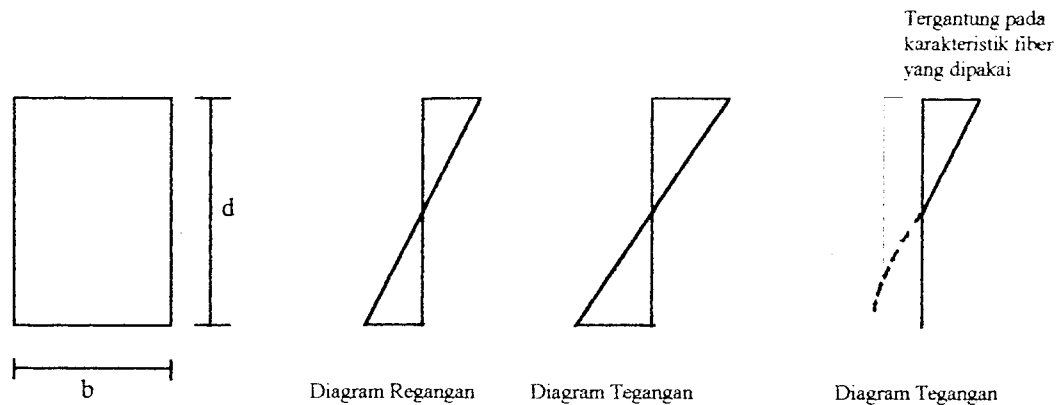
Metode yang paling umum untuk mengukur kekerasan adalah kurva defleksi beban yang didapat dengan menggunakan balok yang dibebani beban titik dengan dua tumpuan. Balaguru mengevaluasi kekerasan ini dengan suatu nilai indek kekerasan.

Indek kekerasan (I) adalah merupakan perbandingan antara daerah dibawah kurva defleksi beban hingga beban mencapai nilai nol untuk komposit fiber dengan daerah dibawah kurva defleksi beban hingga beban mencapai nol untuk beban tanpa fiber.

$$I = \frac{\text{Daerah dibawah kurva defleksi beban hingga beban mencapai nilai nol untuk komposit fiber}}{\text{Daerah dibawah kurva defleksi beban hingga beban mencapai nol untuk beban tanpa fiber.}}$$

Energi yang diserap oleh balok komposit yang diperkuat oleh fiber dinormalisasi dengan membagi energi yang diserap oleh balok komposit yang sama. Hal ini juga dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain : ukuran dan bentuk, jenis pembebanan dan jenis kontrol test.

Distribusi tegangan-regangan yang ada dengan memakai beton serat terlihat pada gambar berikut :

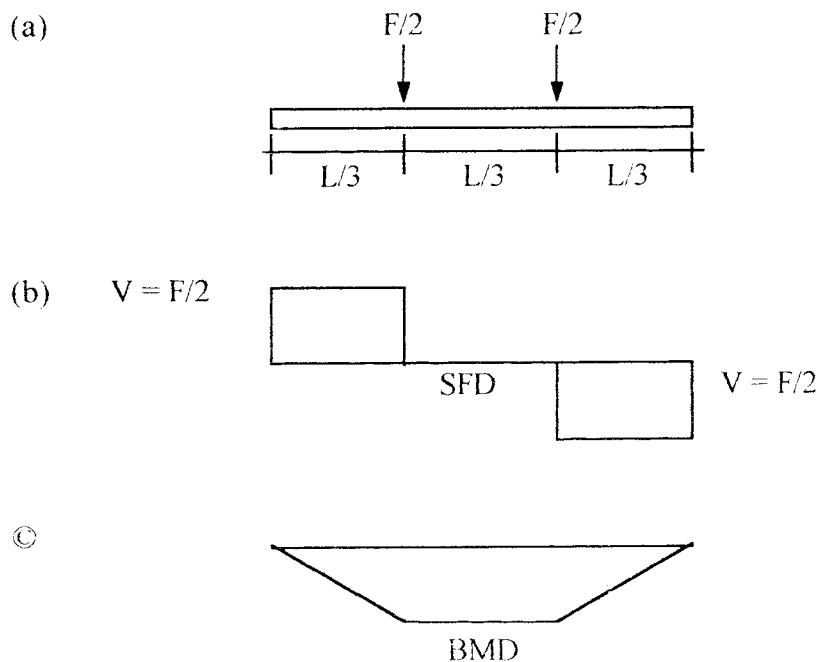


Gambar 2.2 Diagram tegangan regangan pada balok

Dengan menggunakan prinsip kesetimbangan statistika dapat ditentukan besar momen dan geser yang terjadi pada setiap penampang balok yang bekerja menahan beban. Untuk mengetahui kemampuan balok dalam menahan beban yaitu dengan memperhitungkan tegangan-tegangan yang timbul didalamnya. Dengan teori elastisitas, distribusi tegangan-regangan pada penampang balok dapat diketahui. Dengan menggunakan asumsi-asumsi dan penyederhanaan tertentu dapat dikembangkan hubungan matematik untuk memperoleh tegangan lentur dan tegangan geser.

### 2.2.6 Kuat lentur

Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok dibawah suatu momen lentur (“bending moment”) konstan, yang berarti bahwa suatu momen gaya lintangnya sama dengan nol. Untuk mengilustrasikan definisi ini, ditinjau sebuah balok sederhana yang dibebani secara simetris oleh dua buah gaya  $F/2$  (gambar 2.3.a). Gaya lintang ( $v$ ) yang bersangkutan dan diagram momen lentur diperlihatkan gambar (2.3.b dan 2.3.c)



Gambar 2.3 Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni

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

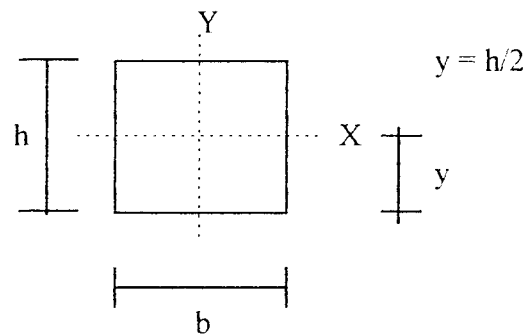


Daerah diantara beban-beban  $F/2$  tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur konstan yang besarnya :

$$M = \frac{F}{2} \frac{L}{3} \quad (2.1)$$

karena itu daerah pusat dari balok ini berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya  $L/3$  didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tak merata karena momen  $M$  tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.

Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur  $M$  dan momen inersia dari tampang balok  $I$



Gambar 2.4 Bentuk panampang balok

Dan nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = M.y / I \quad (2.2)$$

dimana  $I = (1/12) b.h^3 \quad (2.3)$

dengan substitusi persamaan (2.1) dan (2.3) ke dalam persamaan (2.2) didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{(F/2) (L/3) (h/2)}{(1/12) b.h^3}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{F . L}{b . h^2} \quad (2.4)$$

dengan  $\sigma_{lt}$  : Kuat lentur

F : beban (gaya)

L : jarak antara tumpuan

b : lebar tampang balok

h : tinggi tampang balok

### 2.2.7 Kuat desak

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan desak yang khas, yaitu bila diperiksa dengan sejumlah besar benda uji, nilai 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 desak beton didapatkan berdasarkan rumus defiasi standar (ACI).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (f_c - f'_{cr})^2}{N - 1}} \quad (2.5)$$

Dengan :     S     = Deviasi standar  
            $f_c$    = Kuat desak beton masing-masing benda uji  
            $f'_{cr}$   = Kuat desak beton rata-rata

Dimana :

$$f'_{cr} = \frac{\sum_1^N f_c}{N} \quad (2.6)$$

N     = Jumlah benda uji

### 2.2.8 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 Tjokrodimuljo, 1992) adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak beton

yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin adalah :

$$m = k \cdot s_d$$

Dengan  $s_d$  adalah nilai deviasi standart yang diambil dari tabel 2.2, sedangkan faktor  $k$  dapat dilihat pada grafik 2.1 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 (MPa)

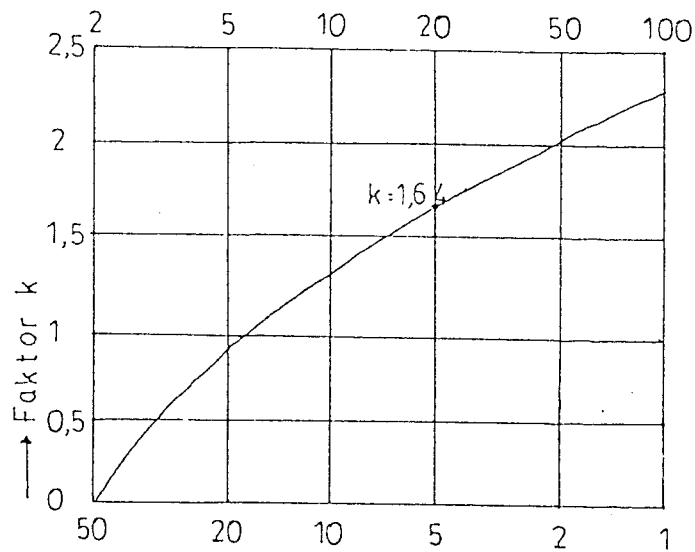
$m$  = nilai margin

Tabel 2.2 Nilai Deviasi Standar ( $\text{kg/cm}^2$ )

volume pekerjaan ( $\text{m}^3$ )		mutu pelaksanaan		
		baik sekali	baik	cukup
kecil	< 1000	$45 < s < 55$	$55 < s < 65$	$65 < s < 85$
sedang	1000-3000	$35 < s < 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
besar	> 3000	$25 \leq s < 45$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Tabel 2.3 Nilai  $k$  untuk beberapa keadaan

$k$ untuk 10 % defektif	1.28
$k$ untuk 5 % defektif	1.64
$k$ untuk 2.5 % defektif	1.96
$k$ untuk 1 % defektif	2.33



Grafik 2.1 Hubungan antara faktor k dan bagian dari hasil pemeriksaan yang diperkirakan jatuh dibawah kekuatan minimum

Tabel 2.4 Faktor modifikasi simpangan baku

Banyaknya tes	Faktor modifikasi simpangan baku
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 atau lebih	1.00

- Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (tabel 2.5) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan, (lihat tabel 2.6). Dari dua hasil yang didapatkan dipilih fas yang paling rendah.

Tabel 2.5 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 2.6 Faktor air semen maksimum

Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi 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 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 2.7 dan 2.8)

Tabel 2.7 Nilai slump (cm )

Pemakaian beton	maksimum	minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, 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 2.8 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 2.9)

5. Perhitungan semen yang diperlukan dalam adukan beton, berdasarkan langkah 2 dan 4.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus butiran (MHB) dari agregat halusnya (tabel 2.10).
7. Perhitungan volume agregat halus yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan beton (tabel 2.9) dengan hitungan volume absolut.

Tabel 2.9 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 2.10 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m<sup>3</sup> beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir (m<sup>3</sup>)

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

### 2.2.9 Probabilitas

Probabilitas klasik adalah perbandingan antara banyak elemen dalam suatu peristiwa, dengan seluruh elemen ruang sampel untuk eksperimen dengan hasil yang banyak elemennya terhingga dan berkemungkinan sama.

Ditulis dalam rumus sebagai berikut.

$$P(A) = \frac{N(A)}{N(S)}$$

dimana :

A = Suatu peristiwa

P(A) = Probabilitas bahwa peristiwa (A) akan terjadi

N(A) = Banyak elemen dalam (A)

N(S) = Banyak seluruh elemen dalam S



## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu harus diketahui sifat-sifatnya, sehingga bahan yang digunakan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan

Pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa agregat batu pecah jenis “crushed” dan agregat halus dengan terlebih dahulu mengayak agregat tersebut agar memenuhi susunan gradasi yang baik.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

#### **3.2 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meliputi semen, agregat, air dan bahan tambah berupa serat potongan kawat strimin.

##### **3.2.1 Semen**

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton menggunakan semen portland type I merek Nusantara, Produksi pabrik semen Nusantara, Cilacap. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 50 kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

### **3.2.4 Air**

Air yang digunakan adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Pengamatan dilakukan secara visual, yaitu jernih dan tidak berbau.

### **3.2.5 Serat (Bahan Tambah)**

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah serat berupa potongan kawat strimin yang terdiri dari dua macam bentuk yaitu lurus dan silang dengan panjang masing-masing 50 mm diameter 1.2 mm. Pemotongan kawat strimin dilakukan secara manual dengan memakai alat gunting pemotong kawat.

## **3.3 Alat-alat Penelitian**

### **1. Saringan/ayakan**

Saringan ini digunakan untuk menyaring pasir dan kerikil agar diperoleh diameter yang dibutuhkan.

### **2. Timbangan**

Timbangan di pakai untuk mengukur berat bahan penyusun beton yaitu semen, kerikil, pasir, serat dan benda uji.

Timbangan yang digunakan :

- a. timbangan merek "OHAUS" dengan kapasitas 20 kg,
- b. timbangan dengan kapasitas 100 kg.

### **3. Mistar dan Kaliper**

Mistar dan Kaliper digunakan untuk mengukur benda uji dan mistar juga digunakan untuk mengukur penurunan nilai slump yang terjadi.

#### 4. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang dipakai adalah 1000 cc.

#### 5. Kerucut Abrams

Kerucut ini digunakan untuk mengukur kelacakan beton pada percobaan slump. Kerucut ini mempunyai dua lubang pada ujungnya, dengan diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm, dan tinggi 300 mm. Alat ini dilengkapi tongkat pemadat dari baja dengan panjang 600 mm dan berdiameter 16 mm.

#### 6. Cetok, talam baja dan ember

Cetok digunakan sebagai alat untuk memasukan benda uji kedalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Talam baja digunakan sebagai alas pengujian slump dan menampung adukan beton dari mesin pengaduk (molen). Ember digunakan sebagai wadah pengambilan dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.

#### 7. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji terbuat dari plat baja untuk mencetak benda uji. Cetakan yang digunakan adalah balok dengan ukuran 10x10x40 cm dan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan benda uji mempunyai baut pada sisi luarnya, sehingga memudahkan pelepasannya.

#### 8. Molen/pengaduk beton

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga menjadi adukan beton yang homogen. Mesin ini digerakkan dengan generator listrik.

#### 9. Mesin uji lentur beton

Mesin uji lentur beton ini merupakan mesin untuk menguji lentur beton yang dilengkapi dengan alat untuk pembebanan titik pada beton yang diletakkan diatas dua tumpuan. Beban yang telah bekerja dapat dibaca pada skala pembebanan.

#### 10. Mesin uji desak beton

mesin uji desak beton merek “constrolls” digunakan untuk menguji kuat desak beton dengan beban yang dapat dibaca pada skala pembebanan. Kapasitas mesin ini adalah 2000 KN

### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

Dalam pelaksanaan penelitian ini banyak dilakukan kegiatan baik didalam maupun diluar laboratorium. Namun secara garis besarnya dapat dikelompokan sebagai berikut :

1. Tahap persiapan :
  - a. Pemotongan serat,
  - b. Penyaringan agregat,
  - c. Pemeriksaan gradasi pasir,
  - d. Pemeriksaan berat jenis.

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan :

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1. kuat desak rencana                     | : 22.5 MPa                 |
| 2. diameter maksimum agregat kasar        | : 20 mm                    |
| 3. modulus halus butiran (mhb) pasir      | : 2.6425                   |
| 4. berat jenis pasir (SSD)                | : 2.7310 t/m <sup>3</sup>  |
| 5. berat jenis kerikil (SSD)              | : 2.56265 t/m <sup>3</sup> |
| 6. berat jenis kerikil kering tusuk (SSD) | : 1.50943 t/m <sup>3</sup> |
| 7. berat jenis semen                      | : 3.15 t/m <sup>3</sup>    |

Perhitungan rencana campuran beton :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Berdasarkan tabel 2.2 untuk volume pekerjaan kecil dengan pengawasan baik,  $s_d = 6.0$  MPa. Nilai konstanta diambil nilai  $k = 1.64$  berdasarkan gambar 2.1 dan faktor modifikasi simpangan baku berdasarkan tabel 2.4 adalah 1.16

$$m = k \cdot s_d$$

$$= 1.16 \cdot 1.64 \cdot 6.0 = 11.4144 \text{ MPa}$$

$$\text{mutu beton } f_c = 22.5 \text{ MPa}$$

$$= 22.5 + 11.4144 = 33.9144 \text{ MPa}$$

2. Menetapkan faktor air semen

- a. Berdasarkan tabel 2.5 dan kekuatan umur yang dikehendaki didapatkan nilai  $f_{as}$  dengan interpolasi  $f_{as} = 0.45085$
- b. berdasarkan tabel 2.6, beton yang terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung didapat nilai  $f_{as} = 0.60$

c. Dari dua nilai fas diatas, dipakai nilai fas terkecil yaitu 0.45085

3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan tabel 2.7, untuk jenis struktur balok dan kolom didapat nilai slump 75 - 150 mm

4. Menetapkan kebutuhan air

Berdasarkan tabel 2.9, untuk nilai slump 75 - 150 mm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter dan udara terperangkap 2%

5. Menghitung kebutuhan semen

$$\text{Fas} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}}$$

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{\text{Fas}} = \frac{203}{0.45085} = 450.26062 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{W_{\text{semen}}}{B_j \text{ semen}} = \frac{0.45026062}{3.15} = 0.14294 \text{ m}^3$$

6. menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton berdasar tabel 2.10

Untuk diameter maksimum 20 mm dan modulus halus butiran (mhb) = 2.6425 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (VK)} = 0.62575 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= \text{VK} \times B_j \text{ kerikil kering tusuk} \\ &= 0.62575 \times 1.509434 = 0.94453 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Volume agregat} = \frac{\text{berat kerikil}}{B_j \text{ kerikil (SSD)}} = \frac{0.94453}{2.56265} = 0.36857 \text{ m}^3$$

## 7. Menghitung volume pasir (VP)

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir (VP)} &= 1 - (\text{VA} + \text{VS} + \text{VK} + \text{VU}) \\ &= 1 - (0.203 + 0.14294 + 0.36857 + 0.02) \\ &= 0.26786 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{VP} \times \text{Bj pasir (SSD)} \\ &= 0.26786 \times 2.7310 = 0.73153 \text{ ton}\end{aligned}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton :

- a. semen = 450.2546 kg
- b. pasir = 731.5300 kg
- c. kerikil = 938.600 kg
- d. air = 203 liter

## 9. Kebutuhan material benda uji dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Kebutuhan material benda uji

Kode	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (lt)	Serat (kg)
SN	41.1757	66.8983	85.84	18.53	0
SL 2	41.1757	66.8983	85.84	18.53	0.8235
SL 2.5	41.1757	66.8983	85.84	18.53	1.0294
SL 3	41.1757	66.8983	85.84	18.53	1.23527
BN	49.7081	80.7609	103.624	22.41	0
BL 2	49.7081	80.7609	103.624	22.41	0.9942
BL 2.5	49.7081	80.7609	103.624	22.41	1.2427
BL 3	49.7081	80.7609	103.624	22.41	1.4912
BS 2	49.7081	80.7609	103.624	22.41	0.9942
BS 2.5	49.7081	80.7609	103.624	22.41	1.2427
BS 3	49.7081	80.7609	103.624	22.41	1.4912

### 3.4.3 Proses Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan/dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti semen, pasir, kerikil dan serat sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton.
2. Memasukan semen, pasir, kerikil, kerikil, air serta serat sedikit demi sedikit kedalam molen, dilanjutkan dengan menghidupkan molen.
3. Pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring sekitar  $45^{\circ}$ , agar terjadi adukan beton yang merata.
4. Setelah adukan beton terlihat merata, serat dimasukkan kedalam campuran dengan cara ditaburkan sedikit demi sedikit sehingga tercampur merata.
5. Setelah serat tercampur merata, andukan betan dituang secukupnya dan dilakukan Pengujian nilai slump dengan menggunakan kerucut abrams.
6. Mempersiapkan cetakan-cetakan prisma yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli.
7. Mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam.
8. Memasukan adukan beton kedalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
9. Adukan yang telah dicetak diletakan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan didiamkan selama 24 jam.
10. Cetakan dapat dibuka, dengan memberi kode/keterangan pada beton.



#### **3.4.4 Perawatan Benda Uji**

Perawatan beton sangat perlu dilakukan agar permukaan beton tetap dalam keadaan lembab. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga dapat mengakibatkan proses hidrasi berjalan tidak sempurna, dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini.

Oleh karena itu direncanakan suatu perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus-menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu ( L.J. Murdock, K.M. Brook, 1986 )

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan cara merendam/menyiram semua benda uji sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton ini juga lebih tahan terhadap aus dan lebih kedap air.

#### **3.4.5 Proses Pengujian**

Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur yang direncanakan. Pengujian desak dilakukan pada umur 28 hari, sedangkan pada pengujian lentur dilakukan pada umur 14, 21, dan 28 hari.

#### 3.4.5.1 Pengujian kuat desak beton

Pengujian kuat desak beton dilakukan dengan benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya,
2. Menimbang benda uji,
3. Agar permukaan silinder rata, dilakukan "keeping". dengan menggunakan belerang yang dipanaskan sehingga mencair. Belerang cair tersebut dituangkan pada cetakan dan silinder dimasukan ujungnya secara vertikal, kemudian setelah mengeras diangkat,
4. Memasang alat ukur regangan pada posisi yang telah ditentukan,
5. Meletakkan benda uji diatas mesin penguji desak, lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur,
6. Mencatat beban maksimum yang terjadi, dimana benda uji mulai mengalami kehancuran.

#### 3.4.5.2 Pengujian kuat lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan adalah balok berukuran 10x10x40 cm yang telah dicatat dimensinya seperti lebar, panjang dan tingginya,
2. Menimbang berat benda uji,
3. Memberi tanda dengan spidol pada benda uji titik-titik untuk pembebanan dan titik-titik untuk perletakan tumpuan,

4. Meletakkan benda uji pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan diatas mesin penguji kuat lentur, kemudian mesin dihidupkan dan pembebanan ditingkatkan secara berangsur-angsur,
5. Pembebanan maksimum pada benda uji dicatat sesuai skala penunjuk pada mesin uji.

### 3.4.6 Kuat Tarik Serat Kawat

Adapun tahapan-tahapan pengujian kuat tarik kawat adalah sebagai berikut:

1. Kawat diambil satu (1) batang, kemudian diameter kawat diukur dengan menggunakan jangka sorong (kaliper).
2. Kawat dijepitkan kedua ujungnya pada mesin “Universal Testing Machine” (UTM).
3. Mesin uji dijalankan, kemudian kawat ditarik dengan penambahan beban secara berangsur-angsur hingga kawat putus.

Sejalan dengan itu komputer mencatat pertambahan beban, tegangan dan regangan kawat tersebut.

Data yang diperoleh :

Jenis kawat	: Kawat strimin
Diameter	: 1.2 mm
Beban tarik	: 31 kg
Tegangan putus ( $f_{maks}$ )	: 2741 ( $kg/cm^2$ )

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm, tinggi 30 cm dan balok berukuran 10 x 10 x 40 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini.

##### 4.1.1 Hasil Pengujian Kuat Desak

Tabel 4.1 Kuat desak beton non serat pada umur 28 hari

No	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Pdesak KN	Kuat Desak ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	17	15.125	30.19	12.913	0.002381	560	317.7156
2	17	15.240	29.47	12.740	0.002369	530	296.1741
3	17	15.160	30.16	13.098	0.002406	480	271.0716
4	17	15.045	30.10	12.820	0.002396	525	301.0343
5	17	15.225	29.49	12.713	0.002368	515	288.3592
6	17	15.317	30.20	13.290	0.002388	430	237.8667
7	17	15.135	30.17	12.945	0.002385	505	286.1328
8	17	15.105	30.16	12.965	0.002385	510	290.1148
9	17	15.070	30.07	12.830	0.002398	450	257.1740
10	17	15.120	30.08	12.778	0.002392	500	283.8622
11	17	15.210	30.10	13.107	0.002366	440	246.8513
12	17	15.230	30.21	13.085	0.002377	490	274.1810
13	17	15.155	30.12	12.650	0.002215	490	263.0125
14	17	14.900	30.25	12.785	0.002424	450	263.0760
15	17	15.090	30.00	12.802	0.002386	400	227.9936

Tabel 4.2 Kuat desak beton serat lurus 2% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Pdesak KN	Kuat Desak ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	11.5	15.21	30.34	13.276	0.002408	495	277.7077
2	11.5	14.87	29.79	12.591	0.002434	445	261.2036
3	11.5	15.24	30.13	13.220	0.002407	515	287.9807
4	11.5	15.01	30.36	12.839	0.002389	475	272.6360
5	11.5	15.05	30.14	12.840	0.002395	560	320.8899

No	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Pdesak KN	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
6	11.5	15.17	29.94	12.800	0.002365	555	313.0134
7	11.5	15.02	29.73	12.676	0.002406	425	244.5064
8	11.5	15.17	30.00	12.930	0.002385	585	329.9331
9	11.5	15.09	30.05	12.855	0.002392	475	270.7424
10	11.5	15.03	30.08	12.867	0.002411	470	270.0356
11	11.5	15.20	30.18	12.921	0.002359	470	264.0291
12	11.5	15.15	35.00	13.189	0.002090	605	342.1143
13	11.5	15.01	30.00	12.800	0.002411	510	293.7987
14	11.5	15.21	29.55	12745	0.002374	440	246.8513
15	11.5	14.88	30.10	12.448	0.002378	465	272.5263

Tabel 4.3 Kuat desak beton serat lurus 2.5% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Pdesak KN	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.25	15.155	30.01	13.100	0.002420	520	293.8500
2	9.25	14.805	30.25	12.564	0.002413	545	322.7162
3	9.25	15.080	30.29	12.086	0.002234	550	313.9070
4	9.25	15.095	30.03	12.791	0.002380	520	296.1954
5	9.25	15.255	30.38	13.227	0.002382	530	295.5200
6	9.25	15.060	29.94	12.945	0.002427	510	291.8512
7	9.25	15.055	30.14	12.888	0.002402	615	352.1718
8	9.25	15.015	30.20	12.831	0.002399	415	238.9123
9	9.25	14.985	30.29	12.843	0.002404	500	288.9999
10	9.25	15.195	30.40	13.323	0.002417	520	292.3096
11	9.25	15.190	29.72	12.840	0.002384	570	320.6273
12	9.25	15.230	30.24	13.324	0.002418	448	250.6797
13	9.25	15.200	30.12	12.927	0.002365	485	272.4555
14	9.25	15.020	30.13	12.791	0.002396	445	256.0126
15	9.25	15.000	30.04	12.774	0.002406	455	262.4641

Tabel 4.4 Kuat desak beton serat lurus 3% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Pdesak KN	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8.8	14.930	29.70	12.732	0.002448	625	363.9163
2	8.8	15.015	30.00	12.727	0.002396	575	331.0231
3	8.8	15.185	29.72	12.866	0.002390	500	281.4373
4	8.8	15.210	30.05	13.040	0.002388	505	283.3180
5	8.8	15.105	30.16	12.892	0.002385	725	412.4182
6	8.8	15.065	29.94	12.859	0.002409	670	383.1578
7	8.8	15.145	30.08	12.917	0.002384	590	333.8524
8	8.8	15.215	29.80	13.031	0.002405	530	297.1482
9	8.8	15.190	30.50	13.380	0.002421	550	309.3772
10	8.8	15.295	30.41	13.331	0.002386	490	271.8555
11	8.8	15.230	30.29	13.365	0.002395	620	346.9229
12	8.8	15.110	30.07	12.995	0.002410	610	346.7704
13	8.8	15.245	29.70	12.925	0.002384	490	273.6417
14	8.8	15.105	29.74	12.716	0.002386	610	347.0000
15	8.8	14.935	30.10	12.629	0.002395	520	302.5756

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Tabel 4.5 Kuat lentur beton normal umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	13.25	40	10.22	10.07	9.760	0.002370	1245	36.0182
2	13.25	40	10.14	10.11	9.799	0.002380	1367	39.5830
3	13.25	40	10.04	10.16	9.702	0.002377	1455	42.0927
4	13.25	40	10.10	10.23	10.01	0.002421	1385	39.3096
5	13.25	40	10.18	10.14	9.847	0.002385	1515	43.4220
6	13.25	40	9.83	10.22	9.773	0.002432	1770	51.7177
7	13.25	40	10.11	10.18	9.906	0.002404	1265	36.1679
8	13.25	40	9.96	10.05	9.487	0.002370	1435	42.8279

Tabel 4.6 Kuat lentur beton serat lurus 2% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9	40	10.10	10.11	9.672	0.002368	1715	49.8380
2	9	40	9.87	10.1	9.617	0.002412	1430	42.6090
3	9	40	9.93	10.24	9.825	0.002415	1435	41.3450
4	9	40	10.14	10.21	9.700	0.002342	1560	44.2750
5	9	40	10.11	10.10	9.699	0.002375	1435	41.7430
6	9	40	9.88	10.24	9.719	0.002402	1635	47.3460
7	9	40	10.00	10.08	9.620	0.002386	1595	47.093
8	9	40	9.98	10.10	9.540	0.002366	1580	46.5590

Tabel 4.7 Kuat lentur beton serat lurus 2.5% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8.5	40	10.54	10.20	10.365	0.002410	1625	44.456
2	8.5	40	10.20	10.26	9.990	0.002386	1655	46.241
3	8.5	40	10.20	10.27	10.080	0.002406	1645	45.872
4	8.5	40	10.52	10.53	10.479	0.002365	1685	43.336
5	8.5	40	10.27	10.29	10.135	0.002398	1580	43.589
6	8.5	40	10.11	10.20	9.646	0.002338	1685	48.058
7	8.5	40	10.19	10.08	9.439	0.002297	1590	46.071
8	8.5	40	10.22	10.44	10.361	0.002430	1655	44.573

Tabel 4.8 Kuat lentur beton serat lurus 3% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9	40	10.01	10.24	9.771	0.002383	1280	36.58451
2	9	40	10.10	10.32	9.700	0.002326	1165	32.4913
3	9	40	10.12	10.09	9.784	0.002395	1380	40.1825
4	9	40	10.11	10.15	9.739	0.002373	1420	40.9003
5	9	40	10.11	10.13	9.730	0.002375	1605	46.4116
6	9	40	10.05	10.20	9.680	0.002361	1375	39.4510
7	9	40	10.07	10.38	9.915	0.002371	16851	46.5900
8	9	40	9.94	10.31	9.631	0.002373	1270	36.7695

Tabel 4.9 Kuat lentur beton serat silang 2% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8.75	40	9.99	10.06	9.657	0.002402	1390	41.2453
2	8.75	40	10.09	10.11	9.727	0.002384	1470	42.7607
3	8.75	40	10.11	10.20	9.823	0.002382	1515	43.2098
4	8.75	40	10.18	10.34	9.913	0.002354	1810	49.8897
5	8.75	40	10.01	10.10	9.661	0.002389	1500	44.0693
6	8.75	40	10.06	10.26	9.735	0.002358	1625	46.0343
7	8.75	40	10.17	10.17	9.700	0.002345	1650	47.0589
8	8.75	40	10.05	10.04	9.590	0.002374	1580	46.7891

Tabel 4.10 Kuat lentur beton serat silang 2.5% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8.5	40	10.36	10.63	10.371	0.002354	1870	47.9222
2	8.5	40	10.58	10.48	10.555	0.002379	1630	42.0824
3	8.5	40	10.15	10.65	10.217	0.002363	1925	50.1634
4	8.5	40	10.52	10.68	10.544	0.002346	1640	41.0022
5	8.5	40	10.54	10.53	10.540	0.002374	1860	47.7459
6	8.5	40	10.04	10.11	9.704	0.002390	1490	43.5584
7	8.5	40	10.49	10.51	10.404	0.002359	1895	49.0625
8	8.5	40	10.10	10.21	9.655	0.002341	1655	47.1570

Tabel 4.11 Kuat lentur beton serat silang 3% umur 14 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	6.25	40	10.02	10.17	12.657	0.003105	1450	41.9739
2	6.25	40	10.09	10.07	12.675	0.003119	1395	40.9021
3	6.25	40	10.05	10.06	12.870	0.003182	1475	43.5062
4	6.25	40	10.00	10.12	12.870	0.003179	1430	41.8886
5	6.25	40	10.15	10.30	12.898	0.003084	1185	33.0141
6	6.25	40	10.11	9.95	12.518	0.003110	1355	40.6128
7	6.25	40	10.04	10.11	12.771	0.003145	1170	34.2035
8	6.25	40	10.00	10.00	12.660	0.003165	1225	36.7500

Tabel 4.12 Kuat lentur beton normal umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	13	40	10.01	10.15	9.670	0.002379	1535	44.6540
2	13	40	10.30	10.29	10.141	0.002392	1625	44.6990
3	13	40	10.61	10.50	10.406	0.002335	2185	56.0375
4	13	40	10.21	10.25	10.282	0.002456	1780	47.5440
5	13	40	10.47	10.56	10.609	0.002398	1350	34.6880
6	13	40	10.04	10.16	9.687	0.002374	1460	42.2623
7	13	40	10.41	10.55	10.463	0.002382	1250	32.3650
8	13	40	10.27	10.34	10.156	0.002391	1750	47.8132

Tabel 4.13 Kuat lentur beton serat lurus 2% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.3	40	10.05	10.25	9.700	0.002354	1655	47.0225
2	11.3	40	10.04	10.31	9.770	0.002359	1675	47.0853
3	11.3	40	10.08	10.24	9.954	0.002411	1760	49.9544
4	11.3	40	10.02	10.05	9.595	0.002382	1575	46.6876
5	11.3	40	10.14	10.16	9.555	0.002319	1605	46.0014
6	11.3	40	9.90	10.25	9.784	0.002410	1520	43.8412
7	11.3	40	10.12	10.37	9.840	0.002344	1580	43.5552
8	11.3	40	10.01	10.18	9.702	0.002380	1620	46.8497

Tabel 4.14 Kuat lentur beton serat lurus 2.5% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.7	40	9.91	10.03	9.765	0.002456	1475	44.3852
2	9.7	40	10.26	10.22	10.300	0.002363	1400	39.1922
3	9.7	40	10.14	10.23	10.300	0.002399	1710	48.3424
4	9.7	40	10.23	10.18	10.155	0.002424	1820	51.5019
5	9.7	40	10.18	10.05	10.346	0.002528	1545	45.0785
6	9.7	40	10.21	10.14	10.225	0.002469	1560	44.5804
7	9.7	40	9.89	10.20	9.645	0.002390	1520	44.3168
8	9.7	40	10.02	10.18	10.146	0.002487	1965	56.7702

Tabel 4.15 Kuat lentur beton serat lurus 3% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8	40	10.19	10.20	9.684	0.002329	1475	41.7387
2	8	40	10.09	10.20	10.019	0.002434	1705	48.7253
3	8	40	10.10	10.21	9.842	0.002386	1610	45.8748
4	8	40	10.04	10.18	9.750	0.002385	1695	48.8722
5	8	40	10.06	10.16	9.772	0.002390	1655	47.8117
6	8	40	10.12	10.19	9.753	0.002364	2090	59.6676
7	8	40	9.98	10.13	9.810	0.002426	1490	43.6474
8	8	40	10.11	9.97	9.521	0.002361	1430	42.6890

Tabel 4.16 Kuat lentur beton serat silang 2% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	4.5	40	9.94	10.10	9.556	0.002379	1530	45.2672
2	4.5	40	9.92	9.95	9.634	0.002440	4555	47.5000
3	4.5	40	9.90	9.99	9.575	0.002420	1430	43.4201
4	4.5	40	10.04	10.00	9.594	0.002389	1550	46.3147
5	4.5	40	10.14	9.91	9.584	0.002384	1545	46.5441
6	4.5	40	9.90	10.15	9.742	0.002424	1420	41.7678
7	4.5	40	10.01	10.09	9.513	0.002355	1700	50.0442
8	4.5	40	10.01	10.05	9.874	0.002454	1430	42.4317



Tabel 4.17 Kuat lentur beton serat silang 2.5% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Plentur (kg)	Kuat Lentur ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	9	40	10.26	10.18	10.232	0.002449	1860	52.4797
2	9	40	10.21	10.25	10.132	0.002420	1615	45.3438
3	9	40	10.16	10.12	9.319	0.002266	1590	45.8420
4	9	40	10.10	10.04	9.717	0.002396	1320	38.8961
5	9	40	10.15	10.13	10.152	0.002468	1665	47.9568
6	9	40	10.24	10.18	10.241	0.002456	1825	51.5927
7	9	40	10.27	10.19	10.478	0.002503	1375	38.6817
8	9	40	10.25	10.17	10.242	0.002456	1995	56.4545

Tabel 4.18 Kuat lentur beton serat silang 3% umur 21 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Plentur (kg)	Kuat Lentur ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	11	40	10.10	10.22	9.860	0.002388	1810	51.4727
2	11	40	10.50	10.45	10.460	0.002383	1800	47.0947
3	11	40	10.10	10.17	9.650	0.002348	1810	51.9800
4	11	40	10.21	10.27	10.360	0.002470	1810	50.4729
5	11	40	10.38	10.21	10.515	0.002408	1850	51.2913
6	11	40	10.44	10.40	10.331	0.002379	1575	41.8441
7	11	40	10.30	10.50	10.407	0.002406	1420	37.5140
8	11	40	10.28	10.21	10.465	0.002493	1995	55.8495

Tabel 4.19 Kuat lentur beton normal umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Plentur (kg)	Kuat Lentur ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	13	40	10.05	10.16	9.660	0.002365	1475	42.6540
2	13	40	10.07	10.14	9.770	0.002392	1710	49.5464
3	13	40	10.00	10.20	9.725	0.002384	1525	43.9735
4	13	40	10.05	10.34	9.870	0.002375	1795	50.1163
5	13	40	10.04	10.04	9.805	0.002432	1620	48.0214
6	13	40	9.93	10.19	9.681	0.002392	1710	49.7531
7	13	40	10.10	10.27	9.665	0.002330	1510	42.5242
8	13	40	10.09	10.10	9450	0.002318	1515	44.1570

Tabel 4.20 Kuat lentur beton serat lurus 2% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	Plentur (kg)	Kuat Lentur ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	9.5	40	10.08	10.11	9.650	0.002367	1470	42.8032
2	9.5	40	10.05	10.04	9.804	0.002429	1710	50.6388
3	9.5	40	10.06	10.08	9.626	0.002373	1320	38.7415
4	9.5	40	10.07	10.02	9.906	0.002454	1460	43.3221
5	9.5	40	10.14	10.01	9.631	0.002372	1795	53.0005
6	9.5	40	10.06	10.03	10.019	0.002482	1700	50.3930
7	9.5	40	10.13	9.91	9.592	0.002389	1665	50.2087
8	9.5	40	10.07	10.02	9.810	0.002431	1530	45.3992

Tabel 4.21 Kuat lentur beton serat lurus 2.5% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	40	9.91	10.09	9757	0.002439	1705	50.6979
2	10	40	10.07	10.05	9855	0.002434	1675	49.4054
3	10	40	10.14	9.98	9544	0.002358	1705	50.6462
4	10	40	10.03	10.13	998	0.002456	1890	55.0888
5	10	40	10.09	10.11	9723	0.002383	1550	45.0878
6	10	40	10.10	10.10	9825	0.002408	1610	46.8795
7	10	40	10.09	10.09	9915	0.002435	1600	46.7269
8	10	40	10.01	10.03	9761	0.002431	1470	43.7928

Tabel 4.22 Kuat lentur beton serat lurus 3% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.5	40	10.44	10.41	10.484	0.002412	1810	47.9952
2	11.5	40	10.25	10.30	10.110	0.002394	1735	47.8655
3	11.5	40	10.38	10.31	10.420	0.002434	1720	46.7665
4	11.5	40	10.32	10.45	10.378	0.002406	1840	48.9809
5	11.5	40	10.36	10.57	10.230	0.002335	1890	48.9862
6	11.5	40	10.58	10.51	10.845	0.002438	2045	52.4956
7	11.5	40	10.55	10.48	10.427	0.002357	1985	51.3933
8	11.5	40	10.16	10.21	9.935	0.002394	1750	49.5694

Tabel 4.23 Kuat lentur beton serat silang 2% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9	40	10.05	10.03	12.808	0.003176	1810	53.7071
2	9	40	9.94	10.10	12.790	0.003185	1525	45.1193
3	9	40	10.07	10.16	12.857	0.003142	1690	48.7743
4	9	40	10.07	10.01	12.793	0.003158	1585	47.1252
5	9	40	10.02	10.02	12.575	0.003131	1510	45.0293
6	9	40	10.04	10.00	12.635	0.003146	1525	46.5677
7	9	40	10.08	10.12	12.755	0.003126	1550	45.0434
8	9	40	10.10	10.02	12.665	0.003129	1550	45.8559

Tabel 4.24 Kuat lentur beton serat silang 2.5% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	4.5	40	10.09	10.08	9.752	0.002397	1530	44.7714
2	4.5	40	10.06	9.84	9.375	0.002367	1900	58.5176
3	4.5	40	10.10	10.15	9.785	0.002386	1440	41.5174
4	4.5	40	10.13	10.20	9.882	0.002391	1875	53.3719
5	4.5	40	10.15	10.08	9.675	0.002364	1590	46.2521
6	4.5	40	10.08	10.11	9.786	0.002401	1725	50.2282
7	4.5	40	10.06	10.06	9.695	0.002395	1620	47.7356
8	4.5	40	9.27	10.09	9.835	0.002629	1735	55.1517

Tabel 4.25 Kuat lentur beton serat silang 3% umur 28 hari

No	Slump (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/cm <sup>3</sup> )	Plemtur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
1	6.5	40	10.38	10.65	10.610	0.002399	1650	42.0444
2	6.5	40	10.04	10.08	9.554	0.002360	1880	55.2872
3	6.5	40	10.33	10.76	10.631	0.002391	1810	45.4020
4	6.5	40	10.05	10.09	10.631	0.002621	1610	47.2062
5	6.5	40	9.90	9.83	9.271	0.002382	1615	50.6467
6	6.5	40	10.12	10.06	10.544	0.002589	1640	48.0384
7	6.5	40	10.28	10.20	10.400	0.002479	1855	52.0321
8	6.5	40	10.49	10.00	10.995	0.002620	2080	59.4852

## 4.2 Analisa Hasil

### 4.2.1 Kuat Desak Beton

Benda uji yang digunakan untuk mengetahui kuat desak karakteristik sesuai dengan peraturan ACI adalah silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Pada penelitian telah digunakan silinder sebagai benda uji, oleh karena itu tidak digunakan bilangan konversi bentuk (kubus) seperti pada penelitian sebelumnya.

Untuk perhitungan kuat desak karakteristiknya (disyaratkan) menggunakan metode statistik, dengan terlebih dahulu mencari standar deviasi beton non serat dan beton serat untuk mutu beton 22.5 MPa. Kemudian membandingkan beton non serat dengan beton serat.

Perhitungan kuat tekan karakteristik dipakai rumus sebagai berikut:

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^n f_c}{N}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f_c - f_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$m = k \cdot S_d$$

$$f_c = f_{cr} - m$$

Tabel 4.26 Perhitungan kuat desak karakteristik  
beton non serat umur 28 hari

No	$\sigma'b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	fc (MPa)	(fc - f cr)	(fc - f cr) <sup>2</sup>	Ni(fc - f cr) <sup>2</sup>
1	317.7156	1	31.77156	+4.43950	19.7088	19.7088
2	296.1741	1	29.61741	+2.28531	5.22260	5.22260
3	271.0716	1	27.10716	-0.22490	0.05059	0.05059
4	301.0343	1	30.10343	+2.77130	7.68027	7.68027
5	288.3592	1	28.83592	+1.50382	2.26147	2.26147
6	237.8667	1	23.78667	+1.28120	12.5700	12.5700
7	286.1328	1	28.61328	+29.8977	1.64142	1.64142
8	290.1148	1	29.01148	+1.67940	2.82032	2.82032
9	257.1740	1	25.71740	-1.61470	2.60726	2.60726
10	283.8622	1	28.38622	+1.05410	1.11117	1.11117
11	246.8513	1	24.68510	-2.64697	7.00644	7.00644
12	274.1810	1	27.41810	+0.08600	0.00739	0.00739
13	263.0125	1	26.30125	-1.03080	1.06265	1.06265
14	263.0760	1	26.30760	-1.02450	1.04960	1.04960
15	227.9936	1	22.79936	-4.53274	20.54573	20.54573
		15	409.9815		85.3460	85.3460

$$f_{cr} = \frac{409.9815}{15} = 27.3321 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{85.3460}{15 - 1}} = 2.4690 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_c &= f_{cr} - (1.64 \times 1.16 \times S) \\ &= 27.3321 - (1.64 \times 1.16 \times 2.4690) \\ &= 22.6351 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.27 Perhitungan kuat desak karakteristik  
beton serat lurus 2% umur 28 hari

No	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	fc (MPa)	(fc - f cr) (MPa)	(fc - f cr) <sup>2</sup>	Ni(fc - f cr) <sup>2</sup>
1	277.7077	1	27.77077	-0.68935	0.47520	0.47520
2	261.2036	1	26.12036	-2.33976	5.47447	5.47447
3	287.9807	1	28.79807	+0.33795	0.11421	0.11421
4	273.6360	1	27.36360	-1.09652	1.20235	1.20235
5	320.8899	1	32.08899	+3.62887	13.16869	13.16869
6	313.0134	1	31.30134	+2.84122	8.07255	8.07255
7	244.5064	1	24.45064	-4.00949	16.07601	16.07601
8	329.9331	1	32.99331	+4.53319	20.54981	20.54981
9	270.7424	1	27.07424	-1.38588	1.92066	1.92066
10	270.0356	1	27.00356	-1.45656	2.121567	2.121567
11	264.0291	1	26.40291	-2.05721	4.232113	4.232113
12	342.1143	1	34.21143	+5.75131	33.07757	33.07757
13	293.7987	1	29.37987	+0.91975	0.84594	0.84594
14	246.8513	1	24.68513	-3.77499	14.25055	14.25055
15	272.5763	1	27.25763	-1.20249	1.44598	1.44598
		15	426.90185			123.02767

$$f_{cr} = \frac{426.90185}{15} = 28.46012 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{123.02767}{15 - 1}} = 2.9644$$

$$\begin{aligned} f_c &= f_{cr} - (1.64 \times 1.16 \times S) \\ &= 28.46013 - (1.64 \times 1.16 \times 2.9644) \\ &= 22.8207 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.28 Perhitungan kuat desak karakteristik  
beton serat lurus 2.5% umur 28 hari

No	$\sigma'b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	fc (MPa)	(fc - f cr) (MPa)	(fc - f cr) <sup>2</sup>	Ni(fc - f cr) <sup>2</sup>
1	293.8500	1	29.38500	+0.39382	0.15509	0.15509
2	322.7162	1	32.27162	+3.28044	10.76131	10.76131
3	313.9070	1	31.39070	+2.39952	5.75772	5.75772
4	296.1954	1	29.61954	+0.62836	0.39484	0.39484
5	295.5200	1	29.52200	+0.56082	0.31452	0.31452
6	291.8512	1	29.18512	+0.19394	0.03761	0.03761
7	352.1718	1	35.21718	+6.22600	38.76313	38.76313
8	238.9123	1	23.89123	-5.099946	26.00945	26.00945
9	288.9999	1	28.89999	-0.091280	0.00833	0.00833
10	292.3096	1	29.23096	+0.23978	0.05749	0.05749
11	320.6273	1	32.06273	+3.07155	9.43444	9.43444
12	250.6797	1	25.06797	-3.923210	15.39155	15.39155
13	272.4555	1	27.24555	-1.745626	3.04721	3.04721
14	256.0126	1	25.60126	-3.389920	11.49153	11.49153
15	262.4641	1	26.24641	-2.744763	7.53372	7.53372
		15	434.86764			129.15796

$$f_{cr} = \frac{434.86764}{15} = 28.991176 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{129.15796}{15 - 1}} = 3.03736$$

$$\begin{aligned} f_c &= f_{cr} - (1.64 \times 1.16 \times S) \\ &= 28.991176 - (1.64 \times 1.16 \times 3.03736) \\ &= 23.2129 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.29 Perhitungan kuat desak karakteristik  
beton serat lurus 3 % umur 28 hari

No	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	$f_c$ (MPa)	( $f_c - f_{cr}$ ) (MPa)	( $f_c - f_{cr}$ ) <sup>2</sup>	Ni( $f_c - f_{cr}$ ) <sup>2</sup>
1	363.9163	1	36.39163	3.82887	14.66024	14.66024
2	331.0231	1	33.10231	0.53955	0.291110	0.291110
3	281.4373	1	28.14373	-4.41903	19.52786	19.52786
4	283.3180	1	28.33180	-4.23096	17.90105	17.90105
5	412.4182	1	41.24182	8.67905	75.32600	75.32600
6	383.1578	1	38.31578	5.75301	33.09720	33.09720
7	333.8524	1	33.38524	0.82247	0.676466	0.676466
8	297.1482	1	29.71482	-2.84794	8.110785	8.110785
9	309.3772	1	30.93772	-1.62504	2.640770	2.640770
10	271.8555	1	27.18555	-5.37721	28.91443	28.91443
11	346.9229	1	34.69229	2.12953	4.534881	4.534881
12	346.7704	1	34.67704	2.11427	4.470163	4.470163
13	273.6417	1	27.36417	-5.19859	27.02537	27.02537
14	347.0000	1	34.70000	2.13724	4.567770	4.567770
15	302.5756	1	30.25756	-2.30520	5.313960	5.313960
		15	488.44146			307.05800

$$f_{cr} = \frac{488.44146}{15} = 32.56276 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{307.05800}{15 - 1}} = 4.68300$$

$$f_c = f_{cr} - (1.64 \times 1.16 \times S)$$

$$= 32.56276 - (1.64 \times 1.16 \times 4.68300)$$

$$= 23.6538 \text{ MPa}$$

#### 4.2.2 Kuat lentur beton

Pada pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari delapan sampel benda uji. Perbandingan hasil perhitungan kuat lentur rata-rata beton non serat dengan beton serat lurus dan serat silang ditampilkan dalam prosentase kenaikannya. Nilai kuat lentur beton diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus :

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

$$\sigma_{lt} \text{ rata-rata} = \frac{\sum_1^n \sigma_{lt}}{N}$$

Keterangan :

$\sigma_{lt}$  : Kuat lentur masing-masing benda uji

P : Beban maksimum (kg)

L : Jarak tumpuan (30 cm)

b : Lebar balok (cm)

h : Tinggi balok (cm)

N : Jumlah benda uji

Kuat lentur rata-rata masing-masing benda uji beton umur 14, 21 dan 28 hari dapat dilihat dalam tabel 4.30.



Tabel 4.30 Kuat lentur rata-rata beton

No	Kode	Kuat lentur (MPa)		
		14 hari	21 hari	28 hari
1	BN	4.1392	4.3412	4.6343
2	BL2	4.5101	4.6375	4.6813
3	BL2.5	4.5275	4.6771	4.8541
4	BL3	3.9923	4.7378	4.9256
5	BS2	4.5132	4.5411	4.7153
6	BS2.5	4.6087	4.7156	4.9693
7	BS3	3.9106	4.8439	5.0018

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Workability

Pada penelitian mengenai pembuatan beton serat atau beton fiber, ada beberapa hal yang ingin diketahui dalam proses pengerjaan dan pembuatan beton serat ini. Terutama pada pengaruh penambahan serat kawat strimin berbentuk lurus dan silang, terhadap kelecakan atau kekentalan dari adukan beton, tanpa merubah nilai dari jumlah air maupun semen yang telah digunakan dalam perbandingan awal. Penggunaan perbandingan antara semen, pasir, kerikil dan air senantiasa tetap untuk semua pencetakan sampel. Perubahan hanya terjadi pada konsentrasi penambahan serat kawat strimin lurus maupun silang sebesar 2%, 2.5% dan 3%. Seberapa besar kelecakan dari adukan beton non serat maupun beton serat dapat diketahui dari nilai slump yang terjadi.

Ada beberapa nilai slump yang tidak memenuhi range perencanaan sebesar 7.5 - 15 cm. Nilai slump yang lebih kecil dari pada angka 7.5 cm, dialami oleh beton serat silang. Sedangkan untuk beton non serat maupun beton serat kawat strimin lurus tidak terjadi penyimpangan nilai slump minimal. Hal ini menunjukkan pengaruh terhadap workability pada penambahan kawat strimin berbentuk silang dalam adukan beton lebih besar daripada kawat strimin berbentuk lurus. Ini berarti pula bahwa kelecakan beton serat kawat strimin silang lebih kecil dan kemudahan pengerjaan lebih rendah (sulit).

Untuk beton non serat, dari empat kali pengadukan terjadi sekali penyimpangan nilai slump maximal. Kondisi agregat yang basah, memungkinkan hal ini terjadi. Secara umum pada adukan beton normal, proses pengadukan lebih mudah dilakukan dan nilai slump yang didapat masih cukup tinggi. Seiring dengan penambahan serat pada adukan, nilai slump mengecil yang berarti juga bahwa kelecakan beton berkurang.

Dalam proses pengadukan beton yang menggunakan molen sebagai alat pencampur (mixer), terjadi “ balling effect “ atau penggumpalan serat dengan pasta semen menjadi satu. Ini dikarenakan dan dimungkinkan besarnya kemampuan dari serat kawat strimin untuk saling mengikat pada kait-kaitnya. Sesuai dengan tujuan awal penelitian untuk mengurangi terjadinya lepas antara serat/fiber dengan beton, digunakan serat kawat strimin yang mempunyai kaitan banyak. Tetapi penggunaan ini mengakibatkan efek lain seperti diatas. Penyebaran kawat pada adukan beton juga kurang baik atau tidak random. Dapat



dilihat pada perubahan dan penurunan nilai slump yang tidak sesuai dengan penambahan konsentrasi serat.

Untuk menanggulangi sekecil mungkin pengaruh “balling efect” agar penyebaran serat merata, dilakukan pengawasan dan pelaksanaan pengadukan secara ketat. Pencampuran serat kawat tidak semuanya dilakukan dengan molen, tetapi juga menggunakan sistem manual menggunakan sekop. Adapun pencampuran serat kawat tidak langsung dalam jumlah banyak tetapi sedikit demi sedikit.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan serat pada beton akan menurunkan kelecakan, mengurangi workability yang berakibat menimbulkan sedikit kesulitan pada pengerjaan beton. Juga dalam hal pengawasan dan pengerjaan adukan beton serat, memerlukan penanganan khusus dan ketat untuk menanggulangi terjadinya “balling efect”.

#### **4.3.2 Kuat Desak Beton**

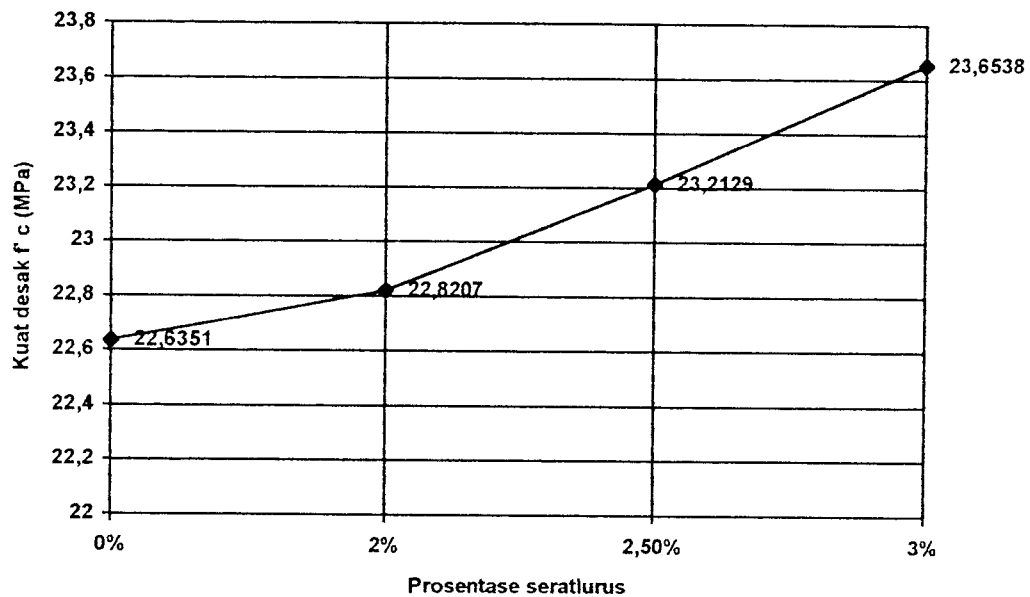
Kuat desak beton adalah merupakan sifat dominan dari kemampuan yang ada pada beton. Kuat desak beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan penyusun serta lekatan pasta semen pada agregat.

Pada penelitian ini, diuji kuat desak dari beton non serat dibandingkan dengan beton serat lurus kawat strimin pada umur 28 hari. Terjadi peningkatan kuat desak beton dengan penambahan serat lurus kawat strimin.

Hasil pengujian kuat desak rata-rata beton dan kuat desak karakteristik beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.31

Tabel 4.31 Kuat desak rata-rata dan karakteristik beton 28 hari

No	Konsent (%)	f'cr (MPa)	Sd (MPa)	f'c (MPa)	Kenaikan (%)
1.	0	27.3321	2.4690	22.6351	0
2.	2	28.4601	2.9644	22.8207	0.8200
3.	2.5	28.9912	3.0374	23.2129	2.5527
4.	3	32.5628	4.6830	23.6538	4.5005

Grafik kuat desak karakteristik beton  
serat lurus umur 28 hari

Grafik 4.1 Grafik hubungan kuat desak karakteristik beton dengan prosentase penambahan serat lurus

Dari tabel 4.31 dan grafik 4.1 dapat dilihat peningkatan kuat desak rata-rata beton maupun kuat desak karakteristik beton dengan penambahan serat lurus kawat strimin pada umur 28 hari. Meskipun ada peningkatan kuat desak rata-rata dan karakteristik betonnya tetapi tampak relatif kecil bila dibandingkan dengan beton normal. Untuk kuat desak rata-rata pada umur 28 hari adalah 27.3321 MPa

untuk beton non serat, 28.4601 MPa untuk beton serat lurus 2%, 28.9912 untuk beton serat lurus 2.5% dan 32.5627 MPa untuk beton serat lurus kawat strimin 3% . Sedangkan pada kuat desak karakteristik beton umur 28 hari dapat melebihi kuat desak rencana sebesar 22.5 MPa. Beton normal mempunyai kuat desak karakteristik sebesar 22.6351 MPa, beton serat lurus 2% dengan kuat desak karakteristik sebesar 22.8207 MPa, beton serat lurus 2.5% dengan kuat desak karakteristik 23.2129 MPa dan pada beton serat lurus 3% dengan kuat desak karakteristik sebesar 23.6538 MPa serta prosentase peningkatan kuat desak karakteristik terbesar dengan nilai 4.5005 %. Peningkatan ini belum optimal karena masih memungkinkan lagi peningkatan yang lebih tinggi pada penambahan konsentrasi serat kawat strimin.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penambahan serat lurus kawat strimin kedalam adukan beton, ternyata hanya mempunyai pengaruh kecil terhadap peningkatan kuat desak beton.

Dalam pelaksanaan pengujian desak beton terdapat perbedaan pada tampang pecah dan retak benda uji. Untuk beton non serat atau beton normal terjadi runtuh serta lepasnya beberapa agregat secara tiba-tiba setelah mendapatkan beban maksimum. Namun tidak seperti pada benda uji beton serat, pecahan beton tidak terlepas dalam jumlah banyak dan hanya terjadi retak-retak. Bentuk tampang benda uji relatif masih utuh.

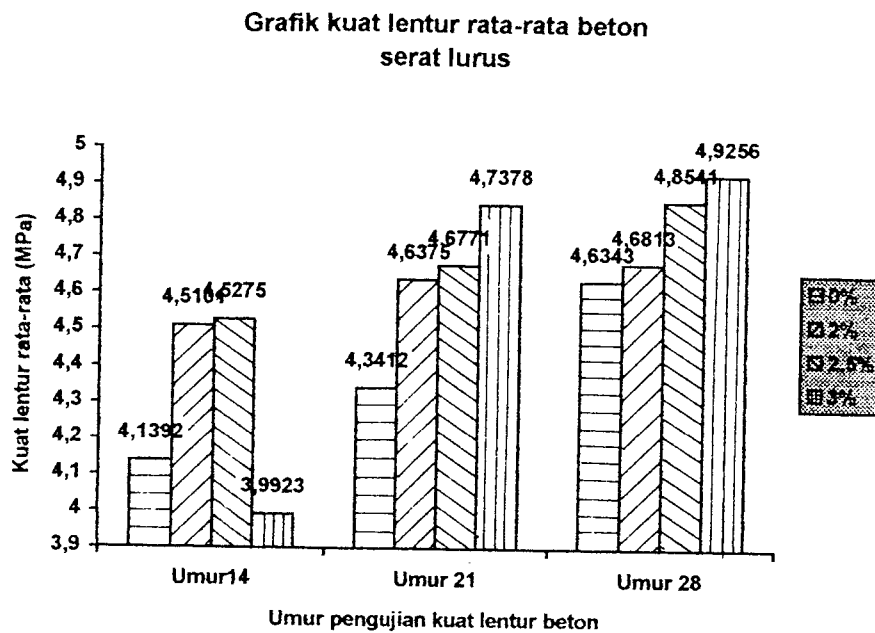
### 4.3.3 Kuat Lentur Beton

Pada pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan menggunakan benda uji balok yang diletakkan pada dua buah tumpuan berjarak 30 cm., serta dengan dua titik pembebanan.

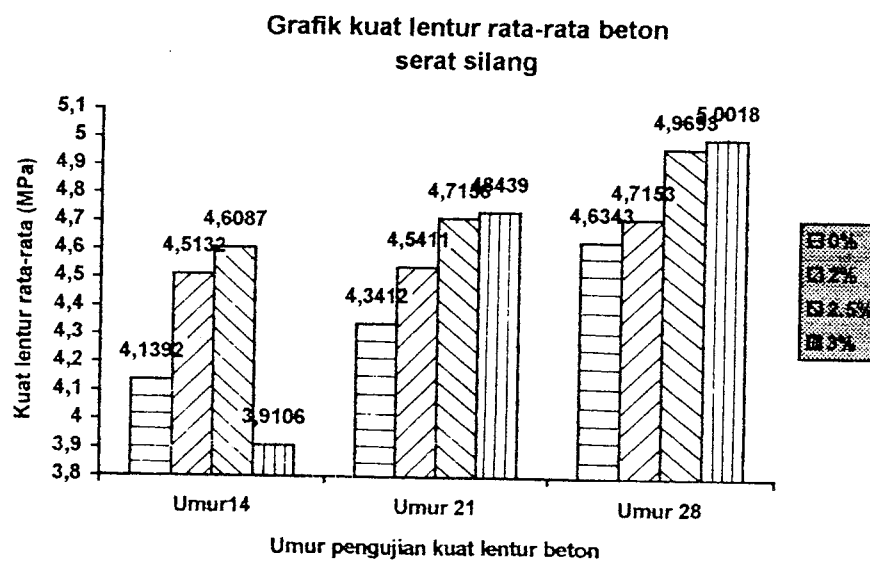
Untuk beton non serat dalam pengujian kuat lenturnya terjadi patah secara tiba-tiba seperti halnya pada pengujian kuat desak beton yang mengalami runtuh mendadak. Bila pembebanan mencapai maksimal pada uji lentur ini akan terjadi retak pertama kali atau “first crack” yang langsung disertai oleh patahnya balok uji dalam waktu yang hampir bersamaan. Tampak tidak adanya sesuatu yang menahan tegangan lentur beton selain kekuatan beton itu sendiri. Lain halnya dengan beton berserat yang mampu meningkatkan tegangan lentur beton dan menjadikan interval waktu antara retak pertama pada beton dengan patah beton semakin besar.

Setelah terjadi “first crack” masih memungkinkan naiknya kekuatan lentur beton meskipun tidak terlalu tinggi untuk mencapai nilai maksimum tegangan lentur beton, sampai terjadi patah. Terdengar pelan suara-suara kawat menegang dan putus. Keruntuhan terjadi secara perlahan-lahan dengan diawali suatu retak kecil yang makin lama bertambah besar. Keruntuhan tidak terjadi total karena retak-retak akan tertahan oleh serat-serat yang ada.

Hasil analisa data yang diperoleh dari pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada tabel 4.32, grafik 4.2 dan grafik 4.3.

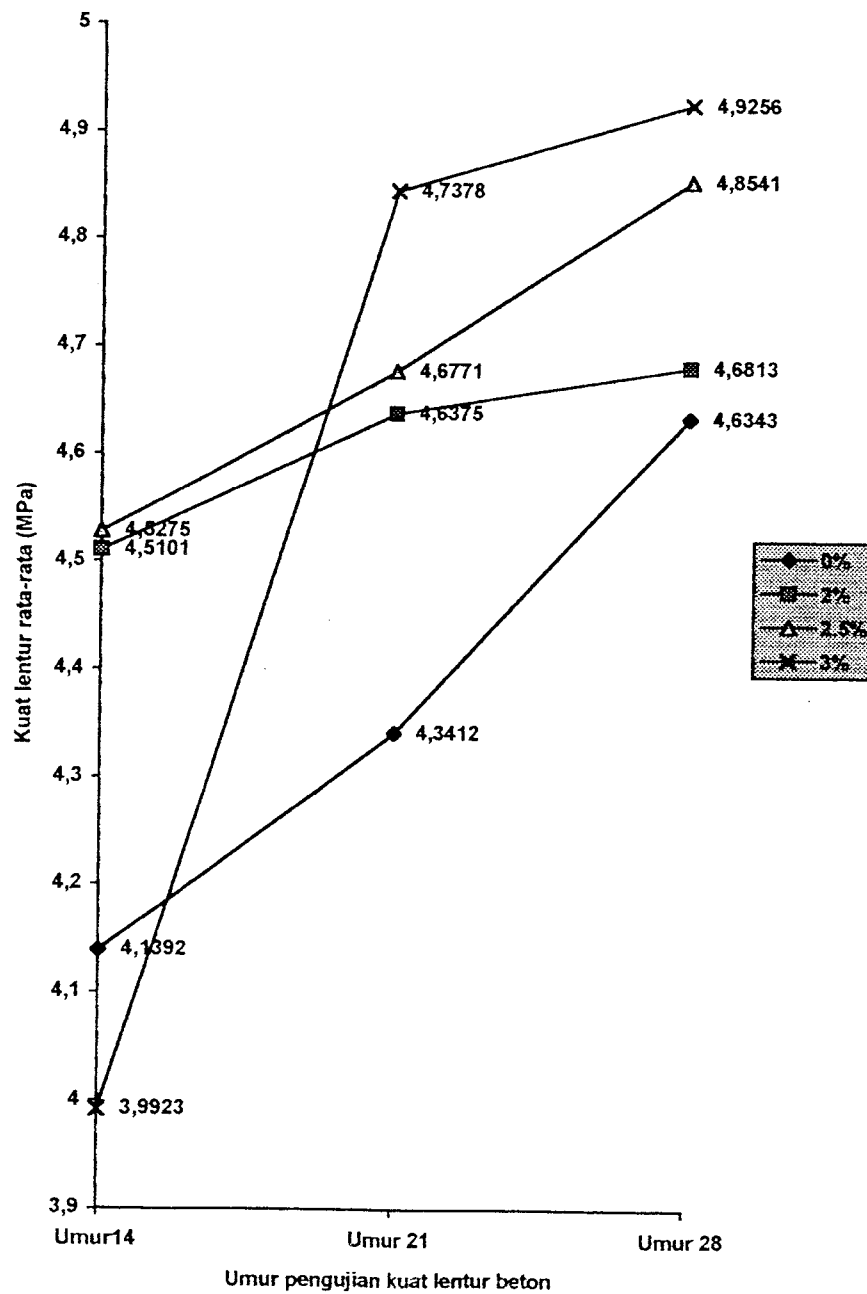


Gambar 4.1 Diagram hubungan antara kuat lentur beton serat lurus dengan prosentase serat



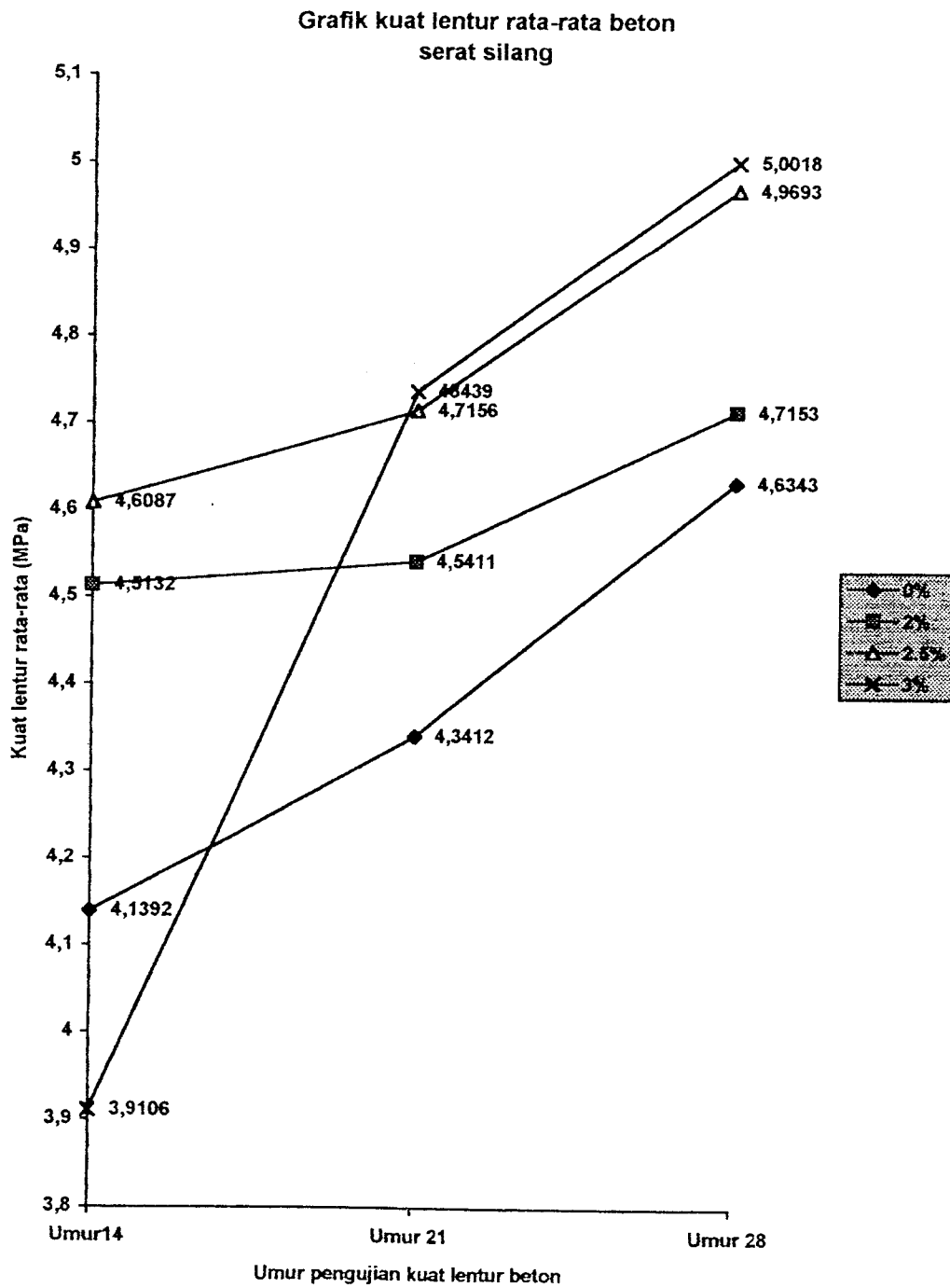
Gambar 4.2 Diagram hubungan antara kuat lentur beton serat silang dengan prosentase serat

Grafik kuat lentur rata-rata beton  
serat lurus



Grafik 4.2 Grafik hubungan antara kuat lentur beton serat lurus dengan prosentase serat





Grafik 4.3 Grafik hubungan antara kuat lentur beton serat silang dengan prosentase serat

Tabel 4.32 Kuat lentur rata-rata dan prosentase kenaikan kekuatan beton serat lurus dan silang kawat strimin

No	Kode	Kuat lentur dan % kenaikan					
		14 hari	%	21 hari	%	28 hari	%
1	BN	4.1392	0	4.3412	0	4.6343	0
2	BL 2	4.5101	8.96	4.6375	6.83	4.6813	1.01
3	BL 2.5	4.5275	9.38	4.6771	7.74	4.8541	4.74
4	BL 3	3.9923	-3.55	4.7378	9.14	4.9256	6.28
5	BS 2	4.5132	9.04	4.5411	4.60	4.7153	1.23
6	BS 2.5	4.6087	11.34	4.7156	8.62	4.9693	7.23
7	BS 3	3.9106	-5.52	4.8439	11.58	5.0018	7.93

Dari tabel dan grafik diatas, dapat dilihat bahwa beton serat mempunyai kuat lentur yang lebih tinggi daripada beton normal pada tiap umur pengujian. Juga tampak bahwa serat kawat strimin bentuk silang melebihi kuat lentur beton serat kawat strimin bentuk lurus. Penambahan serat silang kawat strimin konsentrasi 3%, pada beton umur 28 hari mencapai hasil kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat lentur beton non serat dan beton serat lurus kawat strimin semua konsentrasi penambahan serat. Kuat lentur maksimal yang dicapai oleh beton serat kawat strimin bentuk silang konsentrasi 3% pada pengujian umur 28 hari adalah sebesar 5.0018 MPa.

Dilihat dari prosentase kenaikan kuat lentur beton dari beton non serat sampai dengan beton serat lurus maupun silang 2%, 2.5% dan 3%, tampak belum adanya titik optimum yang dicapai oleh penambahan serat kawat strimin tersebut. Peningkatan kuat lentur beton serat sejalan dengan penambahan konsentrasi kawat. Grafik masih terus naik pada posisi penambahan serat 3%. Memang pada pengujian beton serat lurus maupun silang umur 14 hari, terjadi penyimpangan yang sangat mencolok. Penurunan kuat lentur beton melebihi kuat lentur beton non serat. Hal ini sebagai kesalahan pengerjaan pada pengadukan dan pencetakan benda uji yang menyebabkan peristiwa "balling effect". Untuk selanjutnya diupayakan menghindari peristiwa tersebut seperti yang telah dibahas pada pembahasan "workability"

Kuat lentur yang didapat dari penambahan serat lurus kawat strimin lebih kecil daripada kuat lentur yang didapat pada penambahan serat silang kawat strimin. Ini bukan berarti bahwa serat silang kawat strimin mempunyai kuat lekat atau "bond strength" yang lebih besar daripada serat lurus kawat strimin. Daya lekat beton dengan serat kawat didalam menahan gaya tarik, antara serat kawat bentuk lurus maupun silang adalah sama. Ini dikarenakan bentuk kait dari masing-masing serat adalah sama. Yang membedakannya bahwa serat silang mempunyai kemungkinan lebih besar pada posisi penempatannya didalam balok, untuk menahan gaya tarik beton dibandingkan dengan serat lurus kawat strimin. Dengan kata lain lebih banyak serat kawat yang menahan gaya tarik, pada beton kawat strimin berbentuk silang.

Pada tampang patahan balok terdapat titik-titik putih yang menandakan putusannya serat kawat strimin akibat gaya tarik yang disebabkan pembebanan lentur. Hanya sedikit serat kawat strimin yang terlepas dari ikatan beton. Jadi terbukti bahwa upaya mengurangi lepasnya ikatan serat dengan beton tercapai, tetapi bahan dari serat kawat strimin untuk bahan tambah kurang baik karena tegangan tariknya yang kecil.

#### **4.3.4 Probabilitas Letak Serat**

Seperti telah disinggung pada pembahasan kuat lentur beton, dimana terjadi kuat lentur beton serat silang kawat strimin lebih besar daripada kuat lentur beton serat lurus kawat strimin, maka berdasarkan dengan hipotesa awal yang menyebutkan bahwa serat silang mempunyai kemungkinan lebih besar daripada serat lurus, pada posisi letak serat menahan gaya tarik, adalah terbukti. Dapat dijelaskan dengan rumus “probabilitas” sebagai berikut.

##### **4.3.4.1 Definisi umum probabilitas**

Probabilitas klasik adalah perbandingan antara banyak elemen dalam suatu peristiwa, dengan seluruh elemen ruang sampel untuk eksperimen dengan hasil yang banyak elemennya terhingga dan berkemungkinan sama.

Ditulis dalam rumus sebagai berikut.

$$P(A) = \frac{N(A)}{N(S)}$$

dimana :

$A$  = Suatu peristiwa

$P(A)$  = Probabilitas bahwa peristiwa ( $A$ ) akan terjadi

$N(A)$  = Banyak elemen dalam ( $A$ )

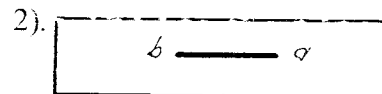
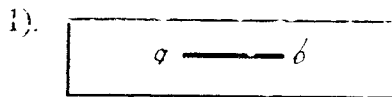
$N(S)$  = Banyak seluruh elemen dalam  $S$

#### 4.3.4.2 Penghitungan angka probabilitas

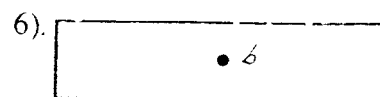
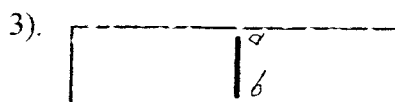
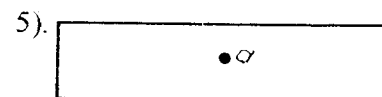
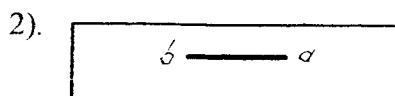
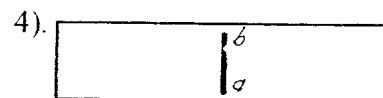
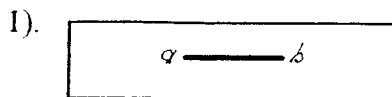
(A). Angka probabilitas serat lurus kawat strimin.

Jika  $A$  adalah peristiwa “Banyaknya letak serat kawat strimin sejajar dengan panjang balok” dalam suatu pencampuran sebuah serat lurus kawat strimin pada adukan beton,  $N(A) = 2$  dan  $N(S) = 6$ . Dapat dijelaskan bahwa nilai  $N$  berasal dari perkiraan posisi sebuah kawat pada balok beton.

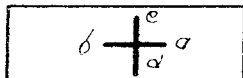
- $N(A) = 2$



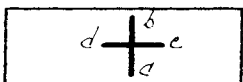
- $N(S) = 6$



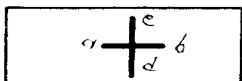
5).



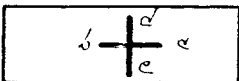
6)

•  $N(S) = 24$ 

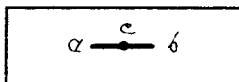
1).



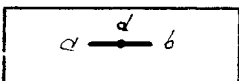
2).



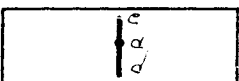
3).



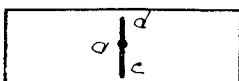
4).



5).



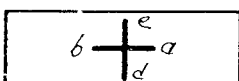
6).



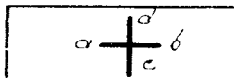
7).



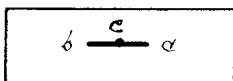
8).



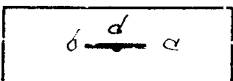
11).



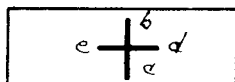
9).



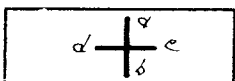
10).



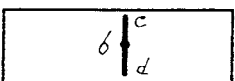
11).



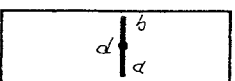
12).



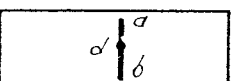
13).



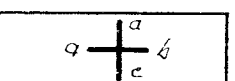
14).



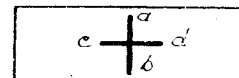
15).



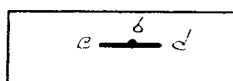
16).



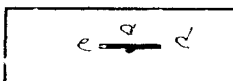
16).



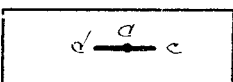
17).



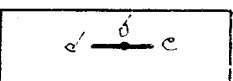
18).



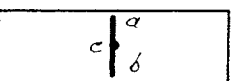
19).



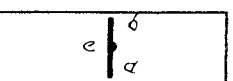
20).



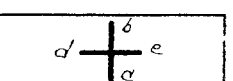
21).



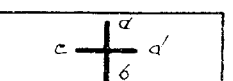
22).



23).



24).



$$P(B) = \frac{N(B)}{N(S)} = \frac{16}{24} = \frac{2}{3}$$

dimana :

$P(B)$  = Probabilitas peristiwa (B) terjadi

$N(B)$  = Banyaknya letak serat silang kawat strimin sejajar dengan panjang balok

$N(S)$  = Banyaknya semua posisi sebuah serat silang kawat strimin pada beton

Terbukti dari nilai probabilitas masing-masing serat nampak bahwa kemungkinan serat silang menahan gaya tarik pada pembebanan lentur beton lebih besar yaitu  $3/5$  berbanding  $1/3$ .

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan pengetesan terhadap benda-benda uji lentur maupun uji desak pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Serat kawat strimin dapat mengurangi tercabutnya serat pada uji kuat lentur beton yaitu serat mengalami putus. Hal ini disebabkan oleh bentuk serat yang berkait,
2. Peningkatan kuat lentur beton maksimal terhadap beton non serat masing-masing umur yaitu untuk serat lurus kawat strimin umur 14 hari sebesar 9.38%, umur 21 hari sebesar 9.14% dan umur 28 hari sebesar 6.28%. Untuk beton serat silang kawat strimin umur 14 hari sebesar 11.34%, umur 21 hari sebesar 11.58% dan umur 28 hari sebesar 7.93%. Peningkatan kuat lentur beton dengan penambahan konsentrasi serat kawat strimin 2%, 2.5% dan 3% belum mencapai kuat lentur optimum,
3. Dengan adanya penambahan serat kawat strimin kedalam adukan beton, baik itu serat kawat strimin berbentuk lurus maupun berbentuk silang akan menurunkan kelecakan dan menurunkan "workability",



4. Kuat lentur beton serat silang pada dasarnya lebih tinggi daripada kuat lentur beton serat lurus, karena serat silang kawat strimin mempunyai angka probabilitas letak posisi serat menahan gaya tarik lebih besar dibandingkan dengan serat lurus kawat strimin yaitu  $2/3 : 1/3$ ,
5. Kuat desak beton yang didapat telah memenuhi kuat desak rencana beton , yaitu  $f'c = 22.5$  MPa,
6. Pada pengujian lentur, beton non serat patah secara tiba-tiba pada saat beban maksimum, sedangkan untuk beton serat akan mengalami retak karena ditahan oleh adanya penambahan serat.

## 5.2 Saran

1. Perlu diadakan pengawasan dan perlakuan khusus pada proses pembuatan beton serat agar tidak terjadi “balling effect”,
2. Diupayakan menggunakan mutu kawat strimin yang mempunyai tegangan leleh kawat lebih tinggi , untuk mendapatkan hasil yang lebih baik,
3. Pematatan campuran beton muda diupayakan tidak merusak bentuk dari serat kawat,
4. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan konsentrasi lebih besar dari 3% untuk mendapatkan kuat lentur optimal,
5. Perlu diteliti untuk memproduksi jenis serat fiber dengan bentuk yang sama dengan serat kawat strimin dengan kualitas yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adri.I.P dan Tripriyanto.N, 1996, PENGARUH PEMAKAIAN SERAT SISAL TERHADAP KUAT LENTUR PADA BETON FIBER, Makalah Seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UII, Yogyakarta.
2. Bambang Suhendro, 1991, PENGARUH PEMAKAIAN FIBER SECARA PARSIAL PADA BALOK BETON BERTULANG, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
3. Irfin Lubis dan Edi Indrayani, 1995, BETON KAWAT AYAM SEBAGAI ALTERNATIF DINDING, Makalah Seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UII, Yogyakarta.
4. Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
5. Kusnadi, TEKNOLOGI BETON, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITB, Bandung.
6. R. Sagel, 1991, PEDOMAN Pengerjaan Beton, Erlangga, Jakarta.
7. Sahebudin, 1996, PENGARUH SERAT KALENG BEKAS TERHADAP KUAT LENTUR DAN DESAK BERBAGAI MUTU BETON, Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UII, Yogyakarta.
8. Sudarmoko, 1991, KUAT TARIK SERAT BENDRAT, Seminar Mekanika Bahan Dalam Berbagai Aspek, Yogyakarta.
9. Sudarmoko, KUAT LENTUR BETON SERAT BENDRAT DENGAN MODEL SKALA PENUH, PAU Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.
10. Suprianto dan Ali Muhtadin, 1996, STUDI KOMPARASI BETON SERAT BENDRAT DAN SERAT PLASTIK PADA UJI LENTUR, Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UII, Yogyakarta.
11. Tanjung Rahayu dan Handoko, 1996, PENGARUH KAWAT BAJA LURUS DAN BERKAIT TERHADAP KUAT LENTUR DAN KUAT DESAK BETON FIBER, Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UII, Yogyakarta.

12. ————— , 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA,  
Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

# LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
Yanuar Hadi	91310218		Struktur
Martopo	91310141		Struktur

Pembimbing I : Ir. H.M. Samsudin  
 Pembimbing II : Ir. Tadjuddin BMA., MS



Yogyakarta, 24 April 1997  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 TUGAS AKHIR  
 BANGUNAN BULISTIONO, MSCE

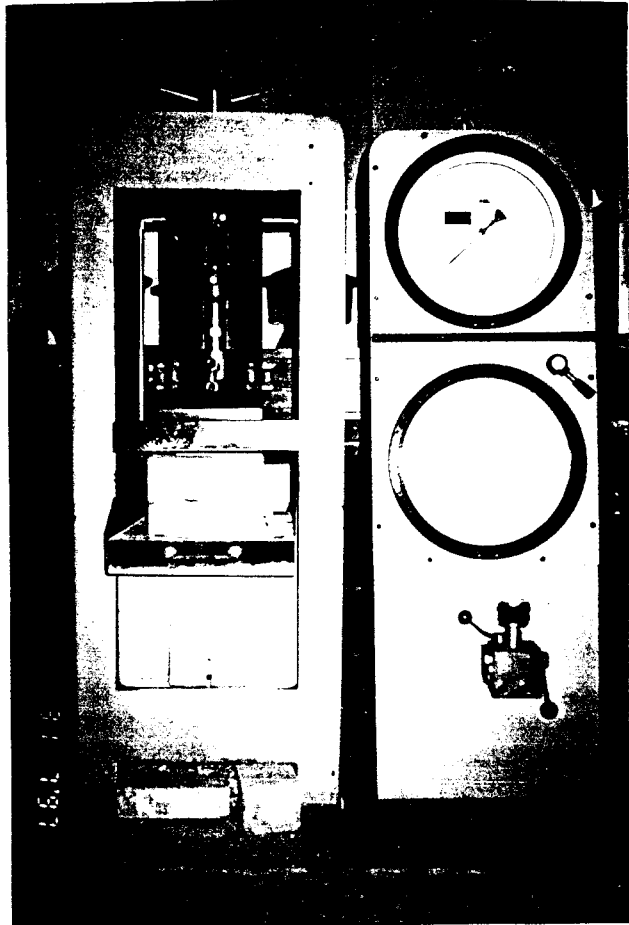
CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	2/5-97 18/7 97		<p>lanjutan ke pembimbing II</p> <p>→ desain di lanjutkan</p> <p>Slump Test 7,5-15cm tapi dalam pelaksanaan bag 17cm ada 4,5cm &amp; 6cm</p> <p>ukuran asip " " ukuran italye</p> <p>- cek mati lebih saja</p> <p>- kuat intisaringnya</p> <p>- pertajam besi pada rya</p> <p>/sare</p> <p>perbaikan</p>	  

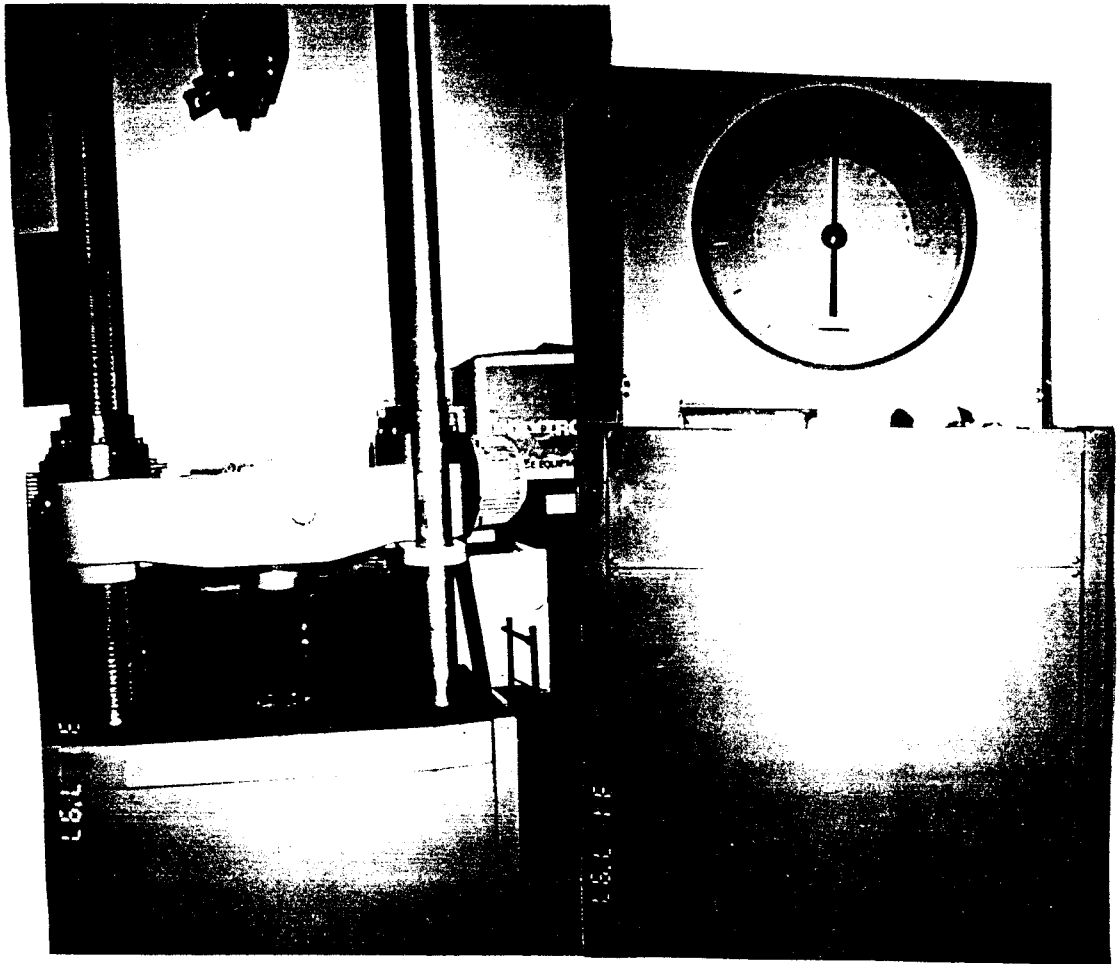
→ Ace  
 → P.T  
 → Ace  
 16/9-97



Lampiran 1. Foto patahan benda uji lentur



Lampiran 2. Foto alat uji desak



Lampiran 3. Foto alat uji lentur



### BERAT JENIS KERIKIL KERING TUSUK (SSD)

1. Berat Silinder = 7100 gram

Berat silinder isi = 15000 gram

Volume silinder = 5301.4376 cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Berat Kering Tusuk} &= \frac{\text{Berat silinder isi} - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \\ &= \frac{7.900}{5.3} = 1.490566 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

1. Berat Silinder = 7100 gram

Berat silinder isi = 15100 gram

Volume silinder = 5301.4376 cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \bullet \text{Berat Kering Tusuk} &= \frac{\text{Berat silinder isi} - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \\ &= \frac{8}{5.3} = 1.509434 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$



Yogyakarta, 6 Mei 1997

LAB BKT

## BERAT JENIS KERIKIL (SSD)

1. Berat awal = 293.2 gram.

$$V1 = 500 \text{ cc}$$

$$V2 = 613 \text{ cc}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat awal}}{V2 - V1} \\ &= \frac{293.2}{113} = 2.594700 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

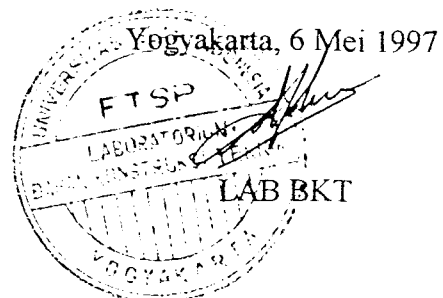
2. Berat awal = 248 gram.

$$V1 = 500 \text{ cc}$$

$$V2 = 598 \text{ cc}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat awal}}{V2 - V1} \\ &= \frac{400}{98} = 2.530600 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

• Berat Jenis Rata-rata =  $\frac{2.594700 + 2.530600}{2} = 2.562650 \text{ gram/cm}^3$



### BERAT JENIS PASIR (SSD)

1. Berat awal = 400 gram.

V1 = 500 cc

V2 = 645 cc

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat awal}}{V2 - V1} \\ &= \frac{400}{145} = 2.7586207 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

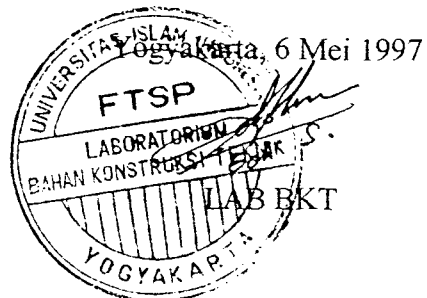
2. Berat awal = 400 gram.

V1 = 500 cc

V2 = 648 cc

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat awal}}{V2 - V1} \\ &= \frac{400}{148} = 2.7027027 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Berat Jenis Rata-rata} = \frac{2.7586207 + 2.7027027}{2} = 2.7306617 \text{ gram/cm}^3$$



## PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

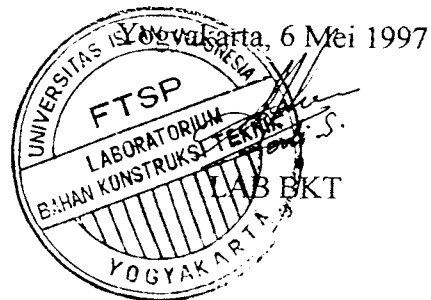
Nama benda uji : Pasir 2  
 Asal : Kali Progo  
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir  
 Diterima tgl : 3 Mei 1997  
 Diperiksa tgl : 5 Mei 1997  
 Oleh : 1. Yanuar Hadi  
       : 2. Martopo

NO	LUBANG AYAKAN  (mm)	BERAT TERTINGGAL  (gram)	BERAT TERTINGGAL  (%)	BERAT TERTTINGGAL KOMULATIF  (%)
1.	38	0	0	0
2.	19	0	0	0
3.	9.6	0	0	0
4.	4.8	53	2.6342	2.6342
5.	2.4	97	4.8211	7.4553
6.	1.2	343.5	17.0726	24.5279
7.	0.6	600	29.8211	54.3490
8.	0.3	361	17.9423	72.2913
9.	0.15	422	20.9742	93.2655
10.	sisa	135.5	6.7346	-

Jumlah  $\Sigma = 2012.0$

$\Sigma = 254.5232$

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{254.5232}{100} \times 100\% = 2.545232$$



## PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Nama benda uji : Pasir 1  
 Asal : Kali Progo  
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir  
 Diterima tgl : 3 Mei 1997  
 Diperiksa tgl : 5 Mei 1997  
 Oleh : 1. Yanuar Hadi  
       : 2. Martopo

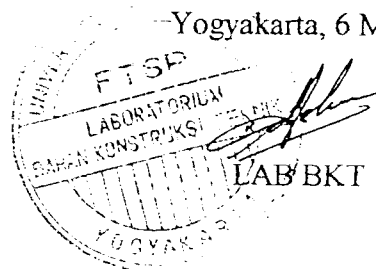
NO	LUBANG AYAKAN  (mm)	BERAT TERTINGGAL  (gram)	BERAT TERTINGGAL  (%)	BERAT TERTINGGAL KOMULATIF  (%)
1.	38	0	0	0
2.	19	0	0	0
3.	9.6	0	0	0
4.	4.8	67.2	3.3667	3.3667
5.	2.4	119	5.9619	9.3286
6.	1.2	404	20.2405	29.5691
7.	0.6	577.8	28.9479	58.5170
8.	0.3	401	20.0902	78.6072
9.	0.15	319	15.9819	94.5892
10.	sisa	108	5.4108	-

Jumlah         $\Sigma = 1996$

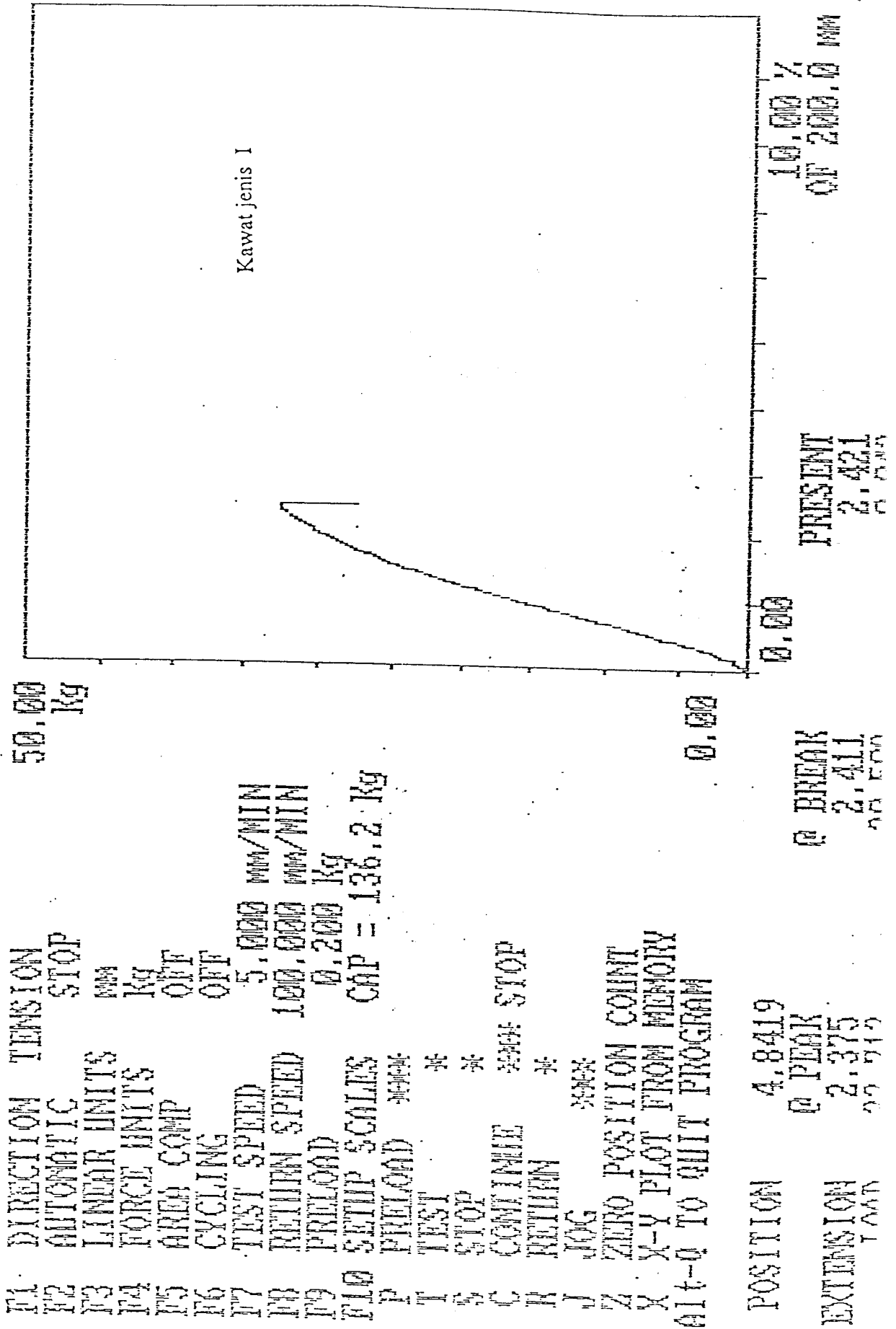
$\Sigma = 273.9778$

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{273.9778}{100} \times 100\% = 2.739778$$

Yogyakarta, 6 Mei 1997



HASIL UJI TARIK KAWAT AYAM



50.00 kg

F1 DIRECTION TENSION  
 F2 AUTOMATIC STOP  
 F3 LINEAR UNITS mm  
 F4 FORCE UNITS kg  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 5.0000 mm/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.0000 mm/MIN  
 F9 PRELOAD 0.2000 kg  
 F10 SETUP SCALS CAP = 136.2 kg  
 F PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-0 TO QUIT PROGRAM

POSITION 4.8419  
 @ PEAK 2.375  
 @ BREAK 2.411