

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELEI	
TGL. TERIMA :	03 JUL 2001
NO. JUDUL :	
NO. INV. :	522/TA/03
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

512 000 1265001

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAMBU  
TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON  
BERTULANG**

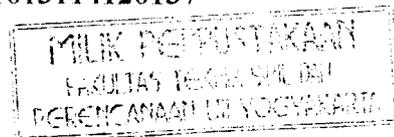


Disusun oleh :

Nama : ZARLIS ARDHANI  
No Mahasiswa : 93 310 106  
NIRM : 930051013114120103

Nama : ANANG BUDI SANTOSO  
No Mahasiswa : 93 310 140  
NIRM : 930051013114120137

TA  
603-54  
ARD  
P  
01



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2001**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAMBU  
TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON  
BERTULANG**

Disusun Oleh :

**Zarlis Ardhani**

No. Mhs : 93310106

NIRM : 930051013114120103

**Anang Budi Santoso**

No. Mhs : 93310140

NIRM : 930051013114120137

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Moch. Teguh, MSCE.**

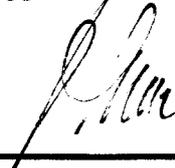
**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Kasam, MT.**

**Dosen Pembimbing II**



Tanggal : 21-04-2001



Tanggal : 6-4-2001

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa program strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, untuk memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu teknik sipil.

Bantuan dari berbagai pihak banyak membantu dalam proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Mochamad Teguh, MSCE, selaku pembimbing pertama yang telah memberikan kesempatan dan pikiran kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku pembimbing ke-dua yang telah ikhlas memberikan pengarahan, pemikiran dan kesempatan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. Tadjudin BM Aries, MS, selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,

4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia..

Disadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga diharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang dapat lebih menyempurnakan. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan mahasiswa teknik sipil pada khususnya.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Maret 2001

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
ABSTRAK.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Pendekatan masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Masalah .....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Beton.....	7
2.2.2 Agregat.....	8
2.2.3 Semen.....	9
2.2.4 Air.....	11
2.2.5 Serat Bambu.....	12
2.2.6 Beton Serat.....	13
2.2.7 Metode Perancangan Adukan Beton.....	15
2.2.8 Metode Rawatan Benda Uji.....	21
2.2.9 Kuat Desak Beton.....	21
2.2.10 Kuat Tarik Beton.....	24
2.2.11 Balok dengan beban lentur.....	26
2.2.12 Pola Retak Pada Balok.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Umum .....	29
3.2 Pengumpulan Data.....	29
3.3 Analisis Data.....	30
3.4 Bahan dan Peralatan.....	30
3.4.1 Bahan.....	30

3.4.2	Peralatan.....	31
3.4.3	Metode Pengambilan Serat.....	31
3.4.4	Komposisi Benda Uji.....	32
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....		34
4.1	Umum.....	34
4.2	Persiapan Bahan .....	34
4.2.1	Semen.....	35
4.2.2	Agregat Halus.....	35
4.2.3	Agregat Kasar.....	35
4.2.4	Air.....	35
4.2.5	Serat Bambu (bahan tambah).....	36
4.3	Pelaksanaan Penelitian.....	36
4.3.1	Proses Pembuatan Benda Uji.....	36
4.3.2	Proses Pengujian.....	37
BAB V HASIL PENELITIAN .....		40
5.1	Hasil Pengujian Kuat Desak.....	40
5.2	Hasil Pengujian Kuat Tarik (" <i>splitting test</i> ").....	43
5.3	Hasil Pengujian Ientur Balok.....	44
BAB VI PEMBAHASAN.....		46
6.1	Kuat Desak Beton.....	46
6.1.1	Kuat Desak rata-rata beton.....	46

6.1.2	Perbandingan Peningkatan Kuat Desak.....	47
6.2	Kuat Tarik Beton.....	49
6.3	Kuat Lentur Beton.....	51
6.4	Workabilitas.....	55
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
7.1	Kesimpulan.....	56
7.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan	Halaman
1.1.	Perencanaan tulangan balok	4
2.1.	Grafik hubungan antara faktor dan bagian dari hasil pemeriksaan yang diperkirakan jatuh dibawah kekuatan minimum.	17
2.2.	Hubungan fas dan kuat tekan silinder beton.	23
2.3.	Uji tarik pada pembelahan silinder.	25
2.4.	Diagram momen akibat beban satu titik.	27
3.1.	Pengambilan spesimen bambu.	31
6.1.	Diagram hubungan kuat desak beton rata-rata.	46
6.2.	Grafik perbandingan kuat desak beton dengan konversi PBI dan SKSNI.	48
6.3	Diagram kuat tarik rata-rata beton serat dan non-serat umur 28 hari.	49
6.4..	Diagram prosentase kuat tarik terhadap kuat desak pada umur 28 hari	50
6.5.	Diagram prosentase kuat tarik terhadap kuat desak pada umur 28 hari.	51

6.6.	Hubungan antara beban dan lendutan masing-masing benda uji.	52
6.7.	Pola retak BLNS1.	53
6.8.	Pola retak BLNS2.	53
6.9.	Pola retak BLS1	54
6.10.	Pola retak BLS2.	54

## DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
2.1.	Bahan dasar penyusun semen.	10
2.2.	Nilai deviasi standar.	16
2.3.	Nilai k untuk beberapa keadaan.	17
2.4.	Faktor modifikasi simpangan baku.	17
2.5.	Hubungan faktor air semen dan kuat beton silinder umur 28 hari.	18
2.6.	Faktor air semen maksimum.	18
2.7.	Nilai slump (cm).	19
2.8.	Ukuran maksimum agregat (mm).	19
2.9.	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump ukuran maksimum agregat.	20
2.10.	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik berdasarkan ukuran maksimum agregat dan mhb ( $m^3$ ).	20
2.11.	Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat di Laboratorium.	22

3.1	Kuat tarik bambu tanpa buku kering oven.	32
3.2.	Jumlah benda uji untuk pengujian desak silinder.	33
3.3.	Jumlah benda uji untuk pengujian tarik silinder.	33
3.4.	Jumlah benda uji balok untuk pengujian lentur.	33
5.1.	Kuat desak beton non-serat dan beton serat umur 7 hari.	40
5.2.	Kuat desak beton non-serat dan beton serat umur 21 hari.	41
5.3.	Kuat desak beton non-serat dan beton serat umur 28 hari.	42
5.4.	Kuat tarik beton non-serat dan beton serat umur 28 hari.	43
5.5.	Hasil pengujian lentur balok.	44
5.6.	Hasil lendutan masing-masing benda uji.	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data pemeriksaan gradasi agregat halus
Lampiran 2	Data pemeriksaan berat jenis agregat halus
Lampiran 3	Data pemeriksaan berat volume agregat halus
Lampiran 4	Data pemeriksaan berat volume agregat kasar
Lampiran 5	Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar
Lampiran 6	Perancangan adukan beton (metode ACI)
Lampiran 7	Perhitungan tulangan beton
Lampiran 8	Perhitungan kuat desak karakteristik
Lampiran 9	Foto-foto penelitian

## DAFTAR SIMBOL

$A$  = Luas

$A_s$  = Luas tulangan

$A_s'$  = Luas tulangan tarik

$A_v$  = Luas sengkang vertikal

$a$  = Panjang bentang geser

$b$  = Lebar balok

$d$  = Tinggi efektif balok

$f_c'$  = Kuat tekan beton

$\bar{f}_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$f_{ct}$  = Kuat tarik beton / beton fiber

$f_s$  = Tegangan baja

$f_y$  = Tegangan leleh baja

$L$  = Panjang bentang balok

$M_D$  = Momen akibat beban mati

$M_u$  = Momen berfaktor

$M_n$  = Momen nominal

$P$  = Beban

$s_d$  = standard deviasi

$V_c$  = Kekuatan geser

$\pi$  = konstanta (3,14159)

$\rho_w$  = Rasio tulangan

$\sigma$  = Kuat tekan silinder beton / beton fiber

## **Abstrak**

Penelitian tentang beton dengan serat ("fibre concrete") telah banyak dilakukan, tetapi penggunaan serat bambu masih sangat sedikit, padahal bambu mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi, harga relatif murah dan mudah didapatkan di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur balok beton bertulang terdukung sederhana dengan penambahan serat bambu. Pengujian awal dilakukan pada silinder untuk mengetahui kuat desak dan kuat tarik rata-rata. Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat dari bambu Ori dengan diameter 0.5 mm dan bervariasi terhadap panjang. Benda uji untuk desak dan tarik digunakan silinder, sedangkan lentur benda uji berupa balok beton bertulang. Pengujian desak menggunakan variasi serat BSd4, BSd6, BSd8, diuji pada umur 7, 21 dan 28 hari, jumlah benda uji masing-masing 4 buah. Untuk pengujian tarik variasi serat adalah BSt4, BSt6 dan BSt8, diuji pada umur 28 hari, jumlah benda uji masing-masing 4 buah tiap variasi. Pada pengujian lentur variasi yang digunakan 4 cm atau BLS4, diuji pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Prosentase berat serat terhadap semen sebesar 2 % pada semua variasi. Serat yang digunakan diawetkan dengan cara direndam dalam air yang mengalir selama 2 minggu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi prosentase serat workabilitasnya semakin berkurang. Pada pengujian awal dengan benda uji silinder terjadi peningkatan kuat desak rata-rata beton serat terhadap beton normal, pada BSd4 sebesar 8.1635 %, BSd6 sebesar 1.2841 %, BSd8 sebesar 7.2941 %. Untuk kuat tarik rata-rata, BSt8 terjadi peningkatan sebesar 7.77406 %, BSt6 sebesar 2.07889 % dan BSt4 sebesar 1.85799 %. Pada pengujian lentur dengan variasi serat 4 cm, pada beban yang sama sebesar 5000 kg, lendutan pada BLNS sebesar 1.050 cm, sedangkan untuk BLS 0.945 cm. Pada BLNS beban maksimum sebesar 5050 kg, lendutannya sebesar 1.175 cm, retak pertama pada beban 2300 kg. Pada BLS beban maksimum 5350 kg, terjadi lendutan sebesar 1.345 cm, retak pertama pada beban 3000 kg. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pada beban yang sama balok dengan penambahan serat bambu mengalami lendutan lebih kecil, sedangkan retak awal pada beban yang sama sebesar 2300 kg pada BLNS terjadi retak awal sedangkan pada BLS belum terjadi retak.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton mempunyai kekuatan tekan cukup besar, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur-struktur dengan gaya tekan yang dominan. Selain itu ditinjau dari proses pembuatannya beton bersifat fleksibel. Kekuatan beton dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang sangat rendah dan bersifat getas ("brittle"). Untuk mengatasi hal tersebut beton diberi tulangan baja secukupnya untuk menahan gaya tarik. Namun demikian pada daerah tarik masih sering kali timbul retak-retak halus akibat tegangan tarik

Salah satu cara untuk mengurangi retak-retak halus ( retak awal ) tersebut adalah dengan menambah serat-serat pada adukan beton. Penambahan serat diharapkan dapat mengeliminasi timbulnya retak awal yang terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik serta meningkatkan tegangan aksial dan tegangan lentur beton.

Di Indonesia, secara umum konsep pemakaian serat pada beton baru sebatas penelitian. Untuk penerapan pada konstruksi bangunan belum banyak digunakan karena belum ada produksi secara massal dan harganya yang relatif mahal. Untuk

mengatasi hal tersebut, perlu dicari alternatif penggunaan bahan lokal yang mudah dan murah.

Atas dasar uraian tersebut dilakukan penelitian tentang pemanfaatan serat bambu Ori yang telah diawetkan untuk bahan campuran beton normal. Penelitian ini untuk mengetahui kekuatan desak, kekuatan tarik dan lentur beton.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Serat bambu mempunyai kuat tarik yang besar, tetapi dalam penggunaannya perlu suatu penelitian untuk mendapatkan panjang serat dan perbandingan yang sesuai sebagai bahan tambah dalam campuran beton normal, sehingga diharapkan terjadi lekatan yang kuat antara serat bambu dengan pasta dalam beton (“bond strength”) yang berpengaruh pada kuat tarik dan lentur. Dengan demikian masalah yang akan diteliti dapat dirumuskan seberapa besar pengaruh penambahan serat bambu Ori yang sudah diawetkan pada beton normal dengan variasi panjang serat terhadap kuat tarik dan kuat lentur.

## **1.3 Pendekatan Masalah**

Untuk mengetahui pengaruh serat bambu pada kekuatan beton, ada beberapa pengujian yang dilakukan antara lain :

1. Uji desak, dipakai silinder untuk beton serat dan non serat.

2. Uji tarik, dipakai uji “splitting test” yaitu meletakkan silinder dengan posisi horisontal / direbahkan.
3. Pengujian lentur, digunakan balok beton bertulang pada dukungan sederhana.

#### **1.4 Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bambu terhadap kuat lentur balok beton bertulang terdukung sederhana. Pada penelitian ini diharapkan dapat memperkecil retak-retak beton pada daerah tarik, sehingga kelemahan-kelemahan pada beton dapat dikurangi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang serat terhadap kekuatan beton.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

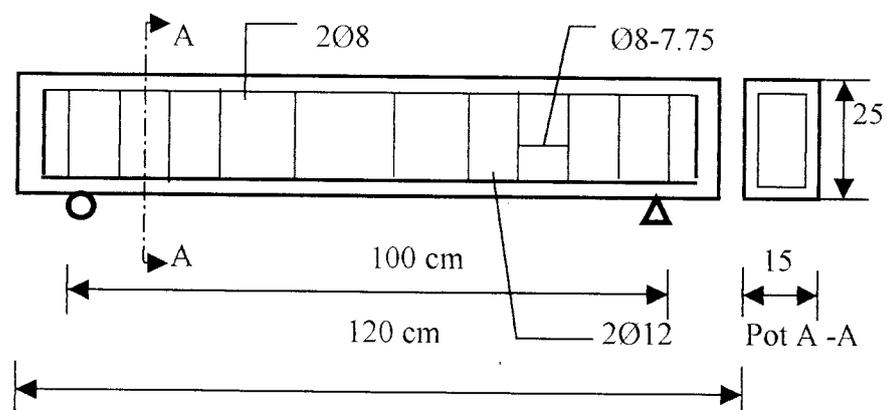
Penelitian beton serat diharapkan dapat memperbaiki kemampuan beton, terutama kekuatan tarik dan kemampuan menahan retak awal (“first crack”). Serat bambu Ori dapat dipergunakan sebagai alternatif lain yang murah dan mudah didapat.

#### **1.6 Batasan masalah**

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian, maka perlu diberi batasan sebagai berikut ini.

1. Mutu beton  $f'c = 22,5$  Mpa.

2. Serat bambu yang digunakan adalah bambu jenis Ori. Dengan diameter serat 0,5 mm dan panjang serat 4, 6 dan 8 cm.
3. Berat serat 2% dari berat semen.
4. Metode pencampuran beton menggunakan metode ACI
5. Pengujian kuat desak dilakukan pada umur 7, 21 dan 28 hari untuk beton serat dan non serat, dengan panjang serat 4, 6, dan 8 cm.
6. Pengujian kuat lentur dilakukan untuk mengetahui besar lendutan dan pola retak balok pada umur 28 hari pada beton serat dan non serat. Dimensi balok 120x15x25 cm, dengan tulangan sebelah 2  $\varnothing$  12 dan tulangan sengkang  $\varnothing$  8 – 7,75 cm pada daerah tumpuan dan 12,5 pada daerah lapangan. Panjang serat dipakai berdasarkan hasil dari variasi terbaik.



**Gambar 1.1** Perencanaan tulangan balok

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **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") serta serat dari bahan alamiah seperti ijuk, rami atau serat tumbuhan lainnya yang juga bisa digunakan. 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.

*Januar dan Martopo (1997)* menyimpulkan bahwa peningkatan kuat lentur serat lurus kawat strimin pada umur 28 hari sebesar 6.28 %, untuk serat silang sebesar 7.93 %. Peningkatan kuat lentur belum mencapai kuat lentur maximum.

*Firman (1998)*, menyimpulkan bahwa penambahan serat bambu kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan ("workability") bervariasi tergantung dengan konsentrasi serat, semakin tinggi konsentrasi serat workabilitasnya semakin berkurang.

*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.

*Bambang Suhendro (1991)*, menyimpulkan kuat batas balok beton bertulang berukuran 15X25X180 cm yang diberi fibre meningkat 73% dibandingkan dengan kemampuan balok beton bertulang konvensional.

*Dudy & Ali Husni (1996)*, menyimpulkan bahwa bamboo Ori mempunyai nilai lebih besar dari bamboo Apus dan Petung dalam kadar air, berat jenis, kuat desak dan kuat lentur.

*Liese (1980)*, secara anatomi elemen-elemen penyusun bambu hampir sama dengan elemen-elemen penyusun kayu, oleh karena itu faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat kayu juga berpengaruh sama terhadap sifat-sifat bambu.

*Morisco (1996)*, dengan memperhatikan kuat tarik bambu yang tinggi, serta mengingat bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan rawatan khusus, maka bambu mempunyai peluang menggantikan kayu. Hal-hal inilah yang menyebabkan perlu dijajaki lebih lanjut untuk menggunakan bambu secara lebih luas dalam bidang konstruksi bangunan.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Beton**

Beton adalah 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 kondisis lingkungan,
3. karena kuat tekannya 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 diberi 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 seperti berikut ini.

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.

2. Agregat halus( pasir)

Diameter butiran agregat halus berkisar antara 0.15-5,00 mm. Agregat halus yang baik adalah yang terbebas dari beberapa bahan organik, lempung dan bahan-bahan lain yang dapat merusak beton. Seperti juga agregat kasar, agregat halus seharusnya mempunyai butir-butir yang tajam, keras, dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan atau sumber pasir dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Untuk beton, pasir dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus atau untuk pasir urug.

### **2.2.3 Semen**

Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat dalam adukan beton agar terjadi susut massa yang kompak atau padat. Pasta semen adalah campuran antara semen dengan air, menjadi mortar apabila dicampur dengan pasir dan akan membentuk beton bila ditambah kerikil.

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

**Tabel 2.1** Bahan dasar penyusun semen

Oxid	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>
% rata-rata	63	22	7	3	2	2

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

1. Tricalcium Silikat ( 3 CaO SiO<sub>2</sub> )
2. Dicalcium Silicate ( 2 CaO SiO<sub>2</sub> )
3. Trikalsium Aluminate ( 3 CaO SiO<sub>2</sub> )
4. Tetrakalsium Aluminaferite ( 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 ini.

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya. Kandungannya tidak lebih dari 2gr/lt

2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton misalnya Asam, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gr/lit
3. Tidak mengandung chlorida (Cl ) lebih dari 0.5gr/lit.
4. Tidak mengandung senyawa Sulfat lebih dari 1 gr/lit.

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 menyebabkan kekuatan beton berkurang. Untuk itu penggunaan air harus diperhitungkan dengan teliti agar kekuatan beton tidak berkurang dan mudah dalam pengerjaan.

### **2.2.5 Serat Bambu**

Bambu adalah tanaman yang termasuk Bamboideae, salah satu anggota sub familia rumput, pertumbuhannya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh verikal 5 cm per jam, atau 120 cm per hari (Morisco, 1996). Dari segi ekonomi bambu sangat menguntungkan, karena selain murah bambu juga mudah didapat.

Menurut Morisco (1996), Adanya serabut sklerenkin didalam batang bambu menyebabkan bambu dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan. Uji coba yang telah dilakukan dengan bambu menunjukkan adanya peningkatan kuat desak sejajar serat dari pangkal ke arah ujung. Telah diketahui bahwa kuat tarik dan modulus

elastisitas tarik umumnya didapat dari prosentase serat-serat sklerenkin dan prosentase selulosa.

Metode pengawetan bambu ada bermacam-macam cara, yang paling lazim dan sederhana dikerjakan adalah perendaman dalam air mengalir, air berhenti, lumpur dan air asin. Waktu perendaman 1 sampai 24 minggu.

### **2.2.6 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. 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. Teori ini menjelaskan bahwa dengan mendekatkan jarak antar serat dalam campuran beton, maka beton akan lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar. Serat dapat bekerja lebih efektif jika berjajar secara urut dan seragam tidak tumpang tidih (“ overlapping”). Pada kondisi yang sebenarnya penyebaran serat tidak beraturan, 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 dan lentur dari "fiber reinforced concrete". Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposit pada saat timbul retak pertama ("first crack strength"). Dalam konsep ini diasumsikan bahwa bahan penyusun saling melekat sempurna.

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

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

Masalah "fiber dispersion" dapat diatasi dengan memperkecil diameter maksimum agregat dan memodifikasi teknik pencampuran adukan. ACI Committee 544 mengisyaratkan ukuran agregat maksimum yang digunakan pada beton serat adalah 19 mm, sehingga memudahkan pengadukan dan tersedia ruang bagi serat. Untuk teknik pencampuran, serat dimasukkan kedalam mesin pengaduk beton setelah semen, kerikil, pasir, dan air tercampur merata.

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

1. "fiber aspect ratio", yaitu rasio antara panjang serat dengan diameter serat,
2. "fiber volume fraction", yaitu prosentase volume serat yang ditambahkan pada satuan volume beton.

Penambahan serat ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek rasio serat ( nilai banding panjang dan diameter serat). Aspek rasio yang tinggi akan menyebabkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola (“balling effects”) yang sangat sulit disebar secara merata dalam proses pengadukan. Batas maksimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan pengadukan secara mudah dilakukan adalah  $l_f/d_f < 100$ , dengan  $l_f$  adalah panjang serat dan  $d_f$  adalah diameter serat.

### **2.2.7 Metode Perancangan Adukan Beton**

Perancangan adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yang antara lain dapat diuraikan sebagai berikut (*Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992*):

1. kuat desak tinggi,
2. mudah dikerjakan,
3. tahan lama (awet),
4. murah, dan
5. tahan aus.

Pada penelitian ini 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, untuk perhitungan mix desain dapat dilihat pada lampiran 6.

Urutan langkah perencanaan menurut ACI (*Kardiyono Tjokrodimulyo, 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 :

$$m = k \cdot sd$$

Dengan  $sd$  adalah nilai deviasi standart yang diambil dari tabel 2.2, sedang faktor  $k$  dapat dilihat pada grafik 2.3, Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang disyaratkan ditambah margin :

$$f^c = f^{cr} + m$$

dengan :  $f^{cr}$  = kuat desak rata-rata (Mpa)

$f^c$  = kuat desak rencana (Mpa)

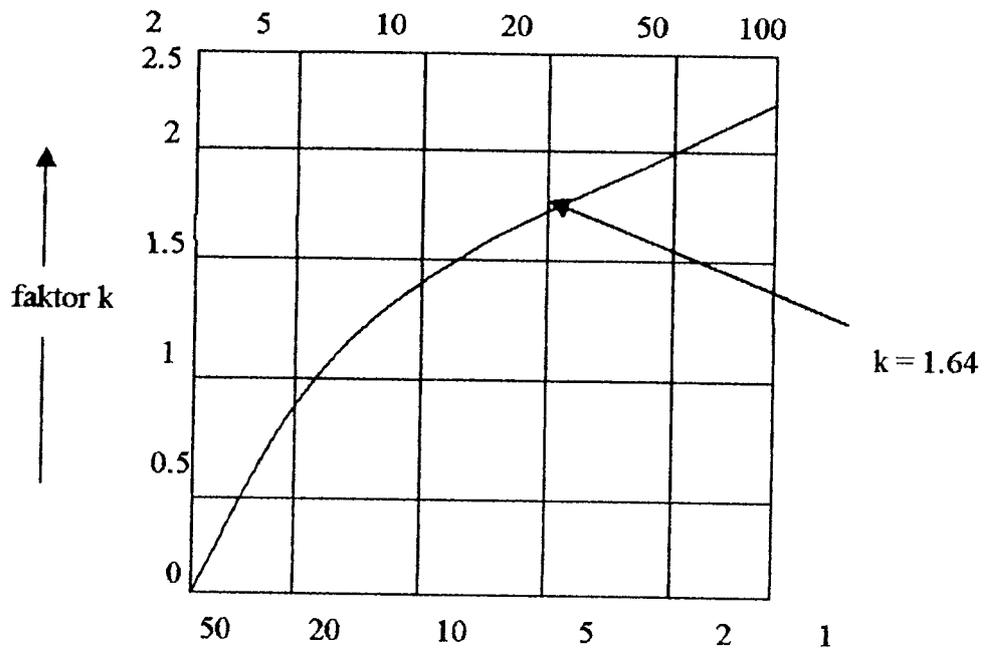
$m$  = nilai margin

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

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



Gambar 2.1 Grafik Hubungan antara faktor 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

2. 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 didapat 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 diluar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk 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

- 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 tak 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 massal	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

- Menetapkan jumlah air yang diperlukan pada adukan beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (tabel 2.9)
- 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 3.10)
7. Perhitungan volume agregat halus yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan beton (tabel 2.10) 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  $m^3$  berdasarkan  
Ukuran maksimum agregat dan MHB ( $m^3$ )

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

### **2.2.8 Metode Rawatan Benda uji**

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, diperlukan perawatan terhadap benda uji. Perawatan benda uji meliputi beberapa cara, antara lain :

1. beton dibasahi terus menerus dengan menggunakan air,
2. beton direndam dalam air dengan keadaan lingkungan bersuhu  $23^{\circ}$ - $27^{\circ}$ C, dan,
3. beton diselimuti dengan karung basah, atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan benda uji silinder dengan merendam didalam air, sedangkan untuk benda uji balok beton diselimuti dengan karung basah sampai menjelang waktu pengujian. Sehari sebelum dilakukan pengujian, benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat benda uji dalam keadaan kering.

Kekuatan beton akan bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

### **2.2.9 Kuat Desak beton**

Kuat Desak beton adalah beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya desak tertentu. Sifat beton lebih baik jika kuat desaknya lebih tinggi, karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat desak saja. Umur beton berpengaruh juga pada kekuatan desak beton

Menurut *Kardiyono Tjokrodimulyo (1992)*, kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor tersebut dapat disimak dalam uraian berikut ini.

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis dan kualitas semen sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas semen.

2. Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat.

Pada kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat dengan permukaan kasar akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih besar daripada penggunaan agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi peralatan.

Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan dilakukan sebelum waktunya.

4. Faktor umur.

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung secara terus secara lambat sampai beberapa tahun. Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur dapat dilihat pada tabel

2.11.

**Tabel.2.11** Perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat di Laboratorium (DPU, 1989)

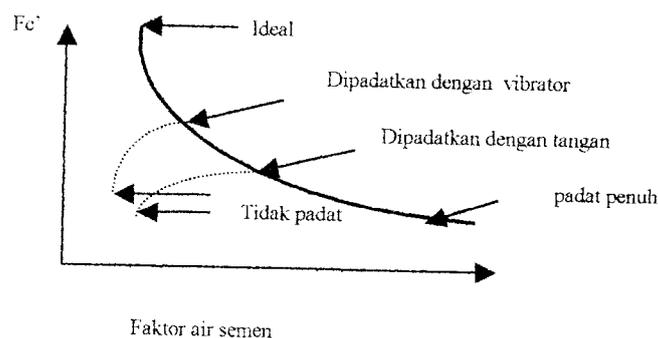
Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portlan type I	0,46	0,7	0,88	0,96	1,00

Sesuai dengan bertambahnya umur beton, kecepatan bertambahnya kekuatan beton juga dipengaruhi oleh antara lain faktor air semen dan suhu rawatan. Semakin tinggi fas semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya (Tjokrodimulyo, 1992).

#### 5. Mutu agregat.

Pada kenyataannya kekuatan dan ketahanan aus (abrasi) agregat kasar, besar pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

Kekuatan tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Hubungan antara fas dan kuat tekan silinder ( $f_c'$ ) dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini (Tjokrodimulyo, 1992).



**Gambar 2.2** Hubungan fas dan Kuat Tekan Silinder Beton

Kekuatan tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$f_c' = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :  $f_c'$  = kuat desak beton,  $\text{kg/cm}^2$

$P$  = beban maksimum, kg

$A$  = luas penampang benda uji,  $\text{cm}^2$

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji.

#### **2.2.10 Kuat Tarik beton.**

Nilai kuat desak dan tarik beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan desak hanya disertai peningkatan kecil kuat tariknya, yaitu 7-10 % dari kuat desaknya.

Kekuatan beton didalam tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi rambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Pendekatan yang baik untuk menghitung kuat tarik beton  $f_c$  adalah dengan rumus  $0,10 f_c' < f_c < 0,2 f_c'$  (Nawy, 1985).

Menurut ASTM C496, pada percobaan pembebanan silinder (“the split cylinder”), silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan desak diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter sepanjang benda uji. Benda silinder akan terbelah dua saat dicapainya kekuatan tarik. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai “split cylinder strength” dihitung dengan rumus berikut dibawah ini.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

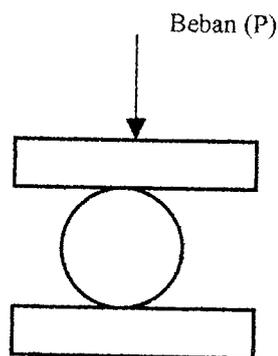
$f_{ct}$  = kuat tarik silinder ( $\text{kg/cm}^2$ )

P = beban (kg)

$\pi$  = 3.14

L = panjang silinder (cm)

Rumus tersebut berdasarkan teori elastistas untuk bahan yang homogen dalam pengaruh keadaan tegangan biaksial.



**Gambar 2.3** Uji tarik pada pembelahan silinder

Metode pembelahan silinder ini biasa disebut tes Brasil.

Kekuatan tarik  $f_{ct}$  dari percobaan pembelahan silinder telah ditemukan sebanding dengan  $\sqrt{f_c'}$  sedemikian sehingga diperoleh (*Wang dan Salman, 1993*):

$$f_{ct} = 0,5\sqrt{f_c'} \text{ sampai } 0,6\sqrt{f_c'} \text{ untuk beton berbobot biasa,}$$

$$f_{ct} = 0,4\sqrt{f_c'} \text{ sampai } 0,5\sqrt{f_c'} \text{ untuk beton berbobot ringan,}$$

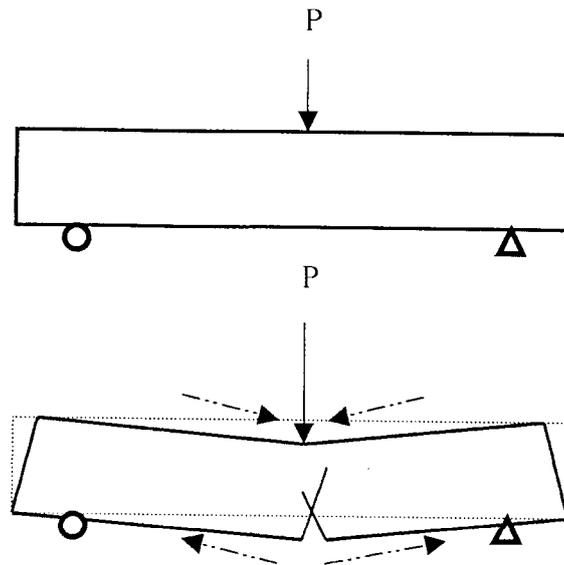
dengan  $f_c'$  dan  $f_{ct}$  dalam Mpa.

Kekuatan tarik adalah suatu sifat yang lebih bervariasi dibanding dengan kuat tekan dan besarnya untuk beton normal berkisar antara 9 sampai 15 % dari kekuatan tekan (*Istimawan Dipohusodo, 1994*).

### **2.2.11 Balok dengan beban lentur**

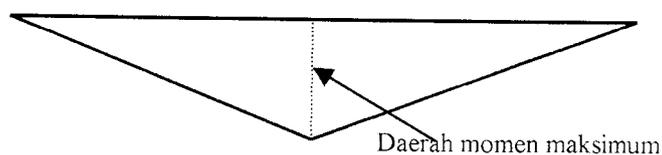
Balok didefinisikan sebagai suatu batang struktural menjadi subyek dari momen lentur. Balok sederhana hanya mendapatkan pembebanan transversal dan pembebanan momen. Lentur adalah keadaan gaya kompleks yang berkaitan dengan melenturnya elemen (balok) akibat gaya transversal, menyebabkan serat-serat pada muka elemen memanjang, mengalami tarik dan muka lainnya mengalami tekan. Tarik dan tekan terjadi pada penampang yang sama dan bekerja dalam arah tegak lurus permukaan penampang. Kekuatan elemen yang mengalami lentur tergantung pada distribusi material pada penampang dan jenis material. Dapat dilihat pada gambar

dibawah, balok mengalami lentur serat bagian atas balok mengalami tekan sedang serat bagian bawah tertarik.



### 2.2.12 Pola retak pada balok

Berdasarkan pengamatan pada balok, retak-retak terletak disekitar daerah momem maksimum. Daerah momen maksimum dengan tanpa menyertakan beban merata akibat berat sendiri balok, diperlihatkan seperti pada gambar 2.4 berikut.



**Gambar 2.4** Diagram Momen Akibat Beban Satu Titik

Retak-retak dimulai pada sisi balok paling bawah yang berupa retak-retak rambut. Reta-retak meningkat dan merambat dengan penambahan beban. Pada saat beban P luluh atau luluhnya tulangan, balok masih dapat memberikan kekuatan, hingga beban P maksimum tercapai balok sudah tidak dapat menahan beban. Beban P luluh dapat diidentifikasi pada saat pengujian lentur, dimana jarum penunjuk beban terhenti beberapa saat dan retak-retak terus bertambah kemudian beban naik kembali. Sedangkan beban P maksimum dapat diketahui dimana alat yang terdapat jarum penunjuk beban menurun dan selanjutnya tidak menunjukkan kenaikan. Meningkatnya beban setelah beban P luluh, karena setelah tulangan luluh tegangan pada tulangan masih terus meningkat.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Hasil akhir suatu penelitian ditentukan oleh metode yang digunakan pada penelitian tersebut. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

Berikut ini akan diuraikan metode penelitian yang digunakan mengenai cara pengumpulan data, analisis data, bahan dan peralatan yang digunakan, metode pengambilan serat, benda uji yang digunakan.

#### **3.2 Pengumpulan data**

Data merupakan faktor yang berpengaruh dan sangat diperlukan untuk menentukan kuat desak, kuat tarik dan kuat lentur beton. Pada penelitian ini data yang diperlukan diperoleh dari dari percobaan di Laboratorium BKT Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.

### **3.3 Analisis data**

Setelah data yang diperlukan cukup maka dilakukan analisis data, yaitu dengan perhitungan langsung dari data laboratorium dengan menggunakan formula yang ada untuk menentukan kuat desak, kuat tarik dan kuat lentur balok.

### **3.4 Bahan dan Peralatan**

Selain semen, bahan yang digunakan merupakan bahan lokal dari daerah Istimewa Yogyakarta dan peralatan yang digunakan adalah peralatan yang tersedia pada laboratorium BKT Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta. Bahan dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

#### **3.4.1 Bahan**

Bahan yang digunakan pada campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Semen yang digunakan adalah semen portland merk Nusantara tipe I.
2. Agregat halus yang diambil (pasir) diambil dari Kali Boyong Yogyakarta.
3. Agregat kasar (kerikil) diambil dari Kali Progo Yogyakarta.
4. Air yang digunakan diambil dari Laboratorium BKT UII.
5. Serat bambu yang digunakan diambil dari Desa Kandangan, kabupaten Ngawi Jawa Timur.

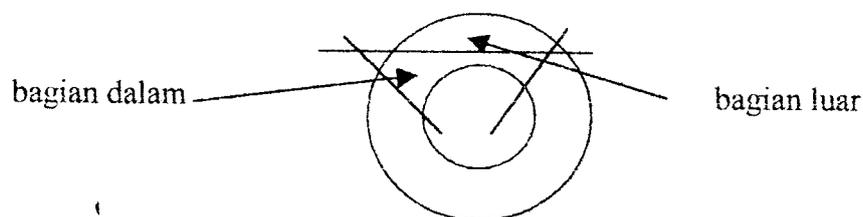
### 3.4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah : cetakan silinder, oven, bak pengaduk beton kedap air, satu set pemeriksaan “slump”, mesin Los Angeles, mesin uji desak beton, mesin uji lentur beton, ayakan, timbangan, kaliper dan peralatan bantu lainnya.

### 3.4.3 Metode Pengambilan Serat

Ruas-ruas bambu yang diambil dibelah menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut direndam dalam air selama 2 minggu. Tujuan perendaman adalah untuk mengurangi kandungan pati (kandungan yang menjadi bahan makanan bagi kumbang perusak bambu), sehingga keawetan bambu bisa terjaga. Selain itu perendaman juga bisa membantu dalam kemudahan pengambilan serat. Bagian bambu yang direndam, diambil bagian luar mendekati kulit sebesar 20 % dari tebal bambu. Bagian tersebut dipukul-pukul sehingga serat yang dibutuhkan dapat ditarik.

Setelah serat diambil, dipotong dengan panjang 4, 6, dan 8 cm berdiameter masing-masing 0.5 mm.



**Gambar 3.1** Pengambilan Spesimen Bambu

Bambu bagian luar mempunyai kekuatan jauh lebih tinggi daripada bambu bagian dalam, Kekuatan yang tinggi ini diperoleh dari kulit bambu. (Morisco, 1994-1999). Bagian bambu yang diambil 7 ruas, dihitung dari bawah bambu (150 cm), guna mendapatkan serat bambu dengan kuat tarik tinggi. Serat bambu yang diambil untuk penelitian ini adalah serat pada ruas antara buku-buku bambu, karena bambu tanpa buku lebih kuat dibandingkan bambu dengan buku. Hal ini disebabkan karena pada buku ada sebagian serat bambu yang berbelok, dan sebagian lagi tetap lurus. Dari serat yang berbelok ini, sebagian menuju sumbu batang, sedang yang sebagian lagi menjauhi sumbu batang, sehingga pada buku arah gaya tidak lagi sejajar semua serat. Oleh karena itu buku bambu adalah bagian yang paling lemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang (Morisco, Rekayasa Bambu, 1999).

**Tabel 3.1** Kuat tarik Bambu tanpa buku kering oven (Morisco 1994-1999)

Jenis Bambu	Kuat tarik bagian dalam (kg/cm )	Kuat tarik bagian Luar (kg/cm )
Ori	1.640	4.170
Petung	970	2.850
Hitam	960	2.370
Tutul	1.460	2.860

#### 3.4.4 Komposisi Benda Uji

Benda uji yang digunakan untuk uji desak dan tarik beton adalah berbentuk silinder dengan jumlah keseluruhan 64 sampel dilakukan pada umur beton 7, 21, dan

11 1M<sup>3</sup>

28 hari untuk uji desak dan umur 28 hari untuk uji tarik. Untuk uji lentur balok digunakan 4 buah balok beton bertulang dengan perincian 2 balok untuk beton berserat dan 2 balok untuk beton non serat. Komposisi benda uji yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2 untuk pengujian desak, tabel 3.3 untuk pengujian tarik dan untuk pengujian lentur dapat dilihat pada tabel 3.4.

**Tabel 3.2** Jumlah benda uji untuk pengujian desak silinder.

Uji desak silinder	kode	Umur 7 hari	Umur 21 hari	Umur 28 hari	Jumlah benda uji
Beton normal	NSd	4	4	4	12
Beton serat 4 cm	BSd 4	4	4	4	12
Beton serat 6 cm	BSd 6	4	4	4	12
Beton serat 8 cm	BSd 8	4	4	4	12
Total					48 buah

**Tabel 3.3** Jumlah benda uji untuk pengujian tarik silinder.

Uji tarik silinder	Kode	Umur 28 hari
Beton normal	NSt	4
Beton serat 4 cm	BSt 4	4
Beton serat 6 cm	BSt 6	4
Beton serat 8 cm	BSt 8	4
Total		16 buah

**Tabel 3.4** Jumlah benda uji balok untuk pengujian lentur

Uji lentur balok	kode	Umur 28 hari
Balok beton bertulang 15x25x120 non serat	BLNS	2
Balok beton bertulang 15x25x120 serat	BLS	2
Total		4 buah

## **BAB 1V**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Benda Uji yang direncanakan sebanyak 64 silinder beton, dan 4 buah balok.

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

Pelaksanaan yang akan diuraikan dalam bab ini meliputi persiapan bahan, persiapan alat, penentuan proporsi campuran dan pembuatan, proses pengujian benda uji serta hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel.

#### **4.2 Persiapan Bahan**

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah semen portland, agregat halus, agregat kasar, air dan serat bambu.

#### **4.2.1 Semen**

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton menggunakan semen portland tipe I merk Nusantara, produksi pabrik semen Nusantara, Cilacap. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 40 kg, tertutup rapat, dan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan, bj semen 3,15 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **4.2.2 Agregat halus**

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam dengan data sebagai berikut :

Asal pasir : Kali Boyong, kabupaten Sleman dan,

Bj pasir : 2,5835 gr/cm<sup>3</sup>.

MHB pasir : 2,4845.

#### **4.2.3 Agregat kasar**

Agregat kasar yang digunakan adalah batu kerikil.

Asal kerikil : Kali Progo, kabupaten Wates, dan

Bj kerikil : 2.5375 gr/cm<sup>3</sup>

#### **4.2.4 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.

#### **4.2.5 Serat bambu ( bahan tambah )**

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah serat bambu Ori yang berasal dari desa Kandangan kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Dengan diameter serat 0,5 mm dengan panjang serat masing-masing 4, 6, 8 cm.

### **4.3 Pelaksanaan penelitian**

#### **4.3.1 Proses Pembuatan benda uji**

Perencanaan adukan beton menggunakan metode ACI dapat dilihat pada lampiran 6, sedangkan untuk perhitungan tulangan balok dapat dilihat pada lampiran

7. 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. Memasukkan semen, pasir, kerikil, air serta serat sedikit demi sedikit kedalam molen, dilanjutkan dengan menghidupkan mesin pengaduk beton.
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 rata..
5. Setelah serat tercampur rata, adukan beton dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai slump dengan menggunakan kerucut abrams.

6. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli.
7. Mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam.
8. Memasukkan adukan beton kedalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
9. Adukan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan didiamkan selama 24 jam.
10. cetakan dapat dibuka, dengan memberi kode/keterangan pada beton.

#### **4.3.2 Proses Pengujian**

Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur yang direncanakan. Pengujian kuat desak dilakukan pada umur 7, 21, 28 hari, sedangkan pada pengujian tarik dan lentur dilakukan pada umur 28 hari.

##### **1. Pengujian Kuat Desak Beton**

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

- a. mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya,
- b. menimbang benda uji,
- c. meletakkan benda uji diatas mesin penguji desak, lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur,

- d. mencatat beban maksimum yang terjadi, pada saat benda uji mulai mengalami kehancuran.

## **2. Pengujian kuat tarik beton**

Pelaksanaan pengujian kuat tarik beton pada silinder dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya,
- b. menimbang benda uji,
- c. meletakkan benda uji silinder dengan posisi rebah, pada mesin penguji desak lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur,
- d. mencatat beban maksimum yang terjadi, pada saat benda uji mulai mengalami kehancuran.

## **3. Pengujian kuat lentur**

Pelaksanaan pengujian kuat lentur beton pada balok dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. benda uji yang digunakan adalah balok berukuran 120x15x25 cm yang telah dicatat dimensinya seperti panjang lebar dan tingginya,
- b. memberi tanda dengan spidol pada benda uji titik-titik untuk pembebanan, titik-titik untuk perletakan tumpuan, dan titik-titik untuk meletakkan dial,

- c. meletakkan benda uji pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan di atas mesin penguji kuat lentur, kemudian mesin dihidupkan dan pembebanan ditingkatkan secara berangsur-angsur,
- d. pembebanan maksimum pada benda uji dicatat sesuai skala penunjuk pada mesin uji,
- e. penurunan balok pada setiap penambahan beban dicatat berdasarkan hasil pada dial. Jumlah dial yang dipakai sebanyak 3 buah diletakkan di tengah-tengah bagian bawah balok dan pada jarak 20 cm dari tengah bentangan,
- f. setiap keretakan pada balok akibat pembebanan ditandai dan dicatat bebannya.

**BAB V**  
**HASIL PENELITIAN**

**5.1 Hasil Pengujian kuat desak beton**

Hasil pengujian kuat desak beton dengan silinder dalam berbagai variasi umur dan panjang serat dapat dilihat pada tabel 5.1, 5.2, dan 5.3 di bawah ini.

**Tabel 5.1** Kuat desak beton non serat dan beton serat umur 7 hari

panjang serat (cm)	no/kode benda uji	slump (cm)	diameter (cm)	tinggi (cm)	berat (kg)	berat vol. (kg/cm <sup>3</sup> )	beban (KN)	kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	1NS-D-7HR	9.7	15	30.1	12.482	0.0023466	410	236.70551	227.57907
0	2NS-D-7HR	9.7	14.9	29.8	12.442	0.0023945	420	245.74448	
0	3NS-D-7HR	9.7	15.2	29.9	12.571	0.002317	340	191.16077	
0	4NS-D-7HR	9.7	15	29.9	12.46	0.0023582	410	236.70551	
4	1BS4-D-7HR	8.5	15.1	30.2	12.54	0.0023187	465	264.91471	245.32261
4	2BS4-D-7HR	8.5	15	30	12.51	0.0023597	425	245.36546	
4	3BS4-D-7HR	8.5	14.9	30	12.32	0.0023552	440	257.4466	
4	4BS4-D-7HR	8.5	14.9	30	11.97	0.0022883	365	213.56366	
6	1BS6-D-7HR	8.0	14.9	29.8	12.55	0.0024153	342	200.10622	233.96016
6	2BS6-D-7HR	8.0	15.1	30.1	12.369	0.0022947	425	242.12635	
6	3BS6-D-7HR	8.0	15.1	30	12.68	0.0023602	380	216.48944	
6	4BS6-D-7HR	8.0	15	30	12.362	0.0023318	480	277.11864	
8	1BS8-D-7HR	8.0	14.9	30.15	12.271	0.0023342	465	272.07425	248.17789
8	2BS8-D-7HR	8.0	14.85	30.2	12.619	0.0024125	405	238.56632	
8	3BS8-D-7HR	8.0	15	29.9	12.367	0.0023406	455	262.68538	
8	4BS8-D-7HR	8.0	15	30.2	12.523	0.0023465	380	219.38559	

**Tabel 5.2** Kuat desak beton non serat dan beton serat umur 21 hari

panjang serat (cm)	no/kode benda uji	slump (cm)	diameter (cm)	tinggi (cm)	berat (kg)	berat vol. (kg/cm <sup>3</sup> )	beban (KN)	kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	1NS-D-21HR	9.7	15.1	29.95	12.465	0.0023241	475	265.24661	270.39576
0	2NS-D-21HR	9.7	14.9	30	12.367	0.0023642	445	255.20994	
0	3NS-D-21HR	9.7	14.65	30.1	12.71	0.002505	535	317.38665	
0	4NS-D-21HR	9.7	14.9	30.2	12.434	0.0023612	425	243.73983	
4	1BS4-D-21HR	8.5	14.9	31	12.492	0.002311	500	286.75275	311.65379
4	2BS4-D-21HR	8.5	14.8	30	12.471	0.0024164	510	296.45369	
4	3BS4-D-21HR	8.5	14.9	29.9	12.45	0.002388	545	312.56049	
4	4BS4-D-21HR	8.5	15	30.2	12.612	0.0023632	620	350.84823	
6	1BS6-D-21HR	8.0	15.1	30.2	12.357	0.0022849	500	284.85453	280.49594
6	2BS6-D-21HR	8.0	15	29.15	12.266	0.0023812	430	248.25212	
6	3BS6-D-21HR	8.0	15	30.1	12.592	0.0023673	530	305.98517	
6	4BS6-D-21HR	8.0	15	30.2	12.567	0.0023548	490	282.89195	
8	1BS8-D-21HR	8.0	15	29	12.486	0.0024364	575	325.38344	281.18854
8	2BS8-D-21HR	8.0	15.1	30	12.533	0.0023329	590	329.4642	
8	3BS8-D-21HR	8.0	14.9	30.1	12.416	0.0023657	440	252.34242	
8	4BS8-D-21HR	8.0	15.3	29.9	12.563	0.0022853	400	217.56411	

**Tabel 5.3** Kuat desak beton non serat dan beton serat umur 28 hari

panjang serat (cm)	no/kode benda uji	slump (cm)	diameter (cm)	tinggi (cm)	berat (kg)	berat vol. (kg/cm <sup>3</sup> )	beban (KN)	kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat desak rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	1NS-D-28HR	10	14.9	29.7	12.267	0.0023688	450	263.29766	277.46958
0	2NS-D-28HR	10	15	30	12.428	0.0023443	490	282.89195	
0	3NS-D-28HR	10	15.3	30	12.601	0.0022846	485	269.13235	
0	4NS-D-28HR	10	14.7	30	12.378	0.0024311	490	294.55638	
4	1BS4-D-28HR	9.5	15	29.9	12.826	0.0024274	540	311.75847	314.2126
4	2BS4-D-28HR	9.5	15	29.7	12.426	0.0023676	510	294.43856	
4	3BS4-D-28HR	9.5	14.9	29.8	12.578	0.0024207	520	304.25507	
4	4BS4-D-28HR	9.5	15	29.8	12.592	0.0023911	600	346.3983	
6	1BS6-D-28HR	9.5	14.8	30	12.548	0.0024313	500	296.51973	286.09626
6	2BS6-D-28HR	9.5	15.1	29.7	12.34	0.0023201	525	299.09726	
6	3BS6-D-28HR	9.5	15.1	30.1	12.43	0.002306	460	262.06617	
6	4BS6-D-28HR	9.5	14.9	29.9	12.357	0.0023702	490	286.7019	
8	1BS8-D-28HR	8.7	14.9	30.2	12.51	0.0023757	485	283.77637	303.5256
8	2BS8-D-28HR	8.7	15	29.8	12.364	0.0023478	550	317.53178	
8	3BS8-D-28HR	8.7	14.9	30	12.405	0.0023714	500	292.55295	
8	4BS8-D-28HR	8.7	14.8	30.1	12.316	0.0023784	540	320.24131	

## 5.2 Hasil Pengujian Kuat tarik beton (“Spliting test”)

Hasil pengujian kekuatan tarik beton dengan silinder pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini.

**Tabel 5.4** Kuat tarik beton non serat dan beton serat umur 28 hari

panjang serat (cm)	no/kode benda uji	slump (cm)	diameter (cm)	tinggi (cm)	berat (kg)	berat vol. (kg/cm <sup>3</sup> )	beban (KN)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tarik rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	1NS-T-28HR	10	15	29.7	12.298	0.0023432	187	27.262829	26.78348
0	2NS-T-28HR	10	14.9	30.1	12.498	0.0023813	174	25.198432	
0	3NS-T-28HR	10	14.8	30.1	12.448	0.0024039	185	26.972459	
0	4NS-T-28HR	10	15	29.7	12.549	0.002391	190	27.700201	
4	1BS4-T-28HR	9.5	15.2	30.2	12.284	0.0022416	195	27.590598	27.281116
4	2BS4-T-28HR	9.5	15.2	30.2	12.521	0.0022848	182	25.751224	
4	3BS4-T-28HR	9.5	14.9	30	12.151	0.0023229	200	29.06026	
4	4BS4-T-28HR	9.5	15.1	30.1	12.702	0.0023565	187	26.722383	
6	1BS6-T-28HR	9.5	15	30	12.431	0.0023448	185	26.701536	27.34028
6	2BS6-T-28HR	9.5	14.9	30.2	12.513	0.0023762	190	27.424418	
6	3BS6-T-28HR	9.5	15	30	12.46	0.0023503	180	25.979873	
6	4BS6-T-28HR	9.5	14.9	29.8	12.316	0.0023702	200	29.255295	
8	1BS8-T-28HR	8.7	14.9	30.2	12.629	0.0023983	186	26.847062	28.856696
8	2BS8-T-28HR	8.7	14.7	29.8	12.189	0.0024101	195	28.911994	
8	3BS8-T-28HR	8.7	14.8	30.1	12.537	0.0024211	190	27.701444	
8	4BS8-T-28HR	8.7	15	29.8	12.41	0.0023566	220	31.966286	

### 5.3 Pengujian Lentur Balok

Hasil pengujian lentur balok pada dapat dilihat pada tabel 5.5 dan 5.6 dibawah ini.

Tabel 5.5 Hasil pengujian lentur balok

No	Benda uji	Maximum	
		Beban (kg)	Lendutan ( $10^{-2}$ mm)
1	Blk-NS 1	4300	10.52
2	Blk-NS 2	5050	11.75
3	Blk- S 1	5250	11.35
4	Blk- S 2	5350	13.45

**Tabel 5.6** Hasil lendutan masing-masing benda uji

Beban P (kg)	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III		Benda Uji IV	
	lendutan (0.001mm)	Interval (0.001mm)	Lendutan (0.001mm)	Interval (0.001mm)	Lendutan (0.001mm)	Interval (0.001mm)	Lendutan (0.001mm)	Interval (0.001mm)
250			27	-	5	-	29	-
500			35	8	10	5	68	39
750			67	28	30	20	104	36
1000	150	-	78	11	40	10	158	54
1250			94	16	60	20	180	22
1500			109	15	70	10	209	29
1750			128	19	87	3	230	21
2000	335	185	187	59	110	23	252	22
2250			220	13	135	25	267	15
2500			240	20	162	27	283	16
2750			262	22	175	13	309	26
3000	550	215	292	30	209	34	359	50
3250			310	18	240	31	382	23
3500			332	22	260	20	410	28
3750			365	35	395	35	444	34
4000	729	179	460	95	440	5	470	34
4250			609	149	510	70	509	39
4300	1052	323						
4500			898	289	630	120	539	30
4750			912	14	890	260	690	151
5000			1050	138	990	100	945	255
5050			1175	125				
5250					1135	145		
5350							1345	400



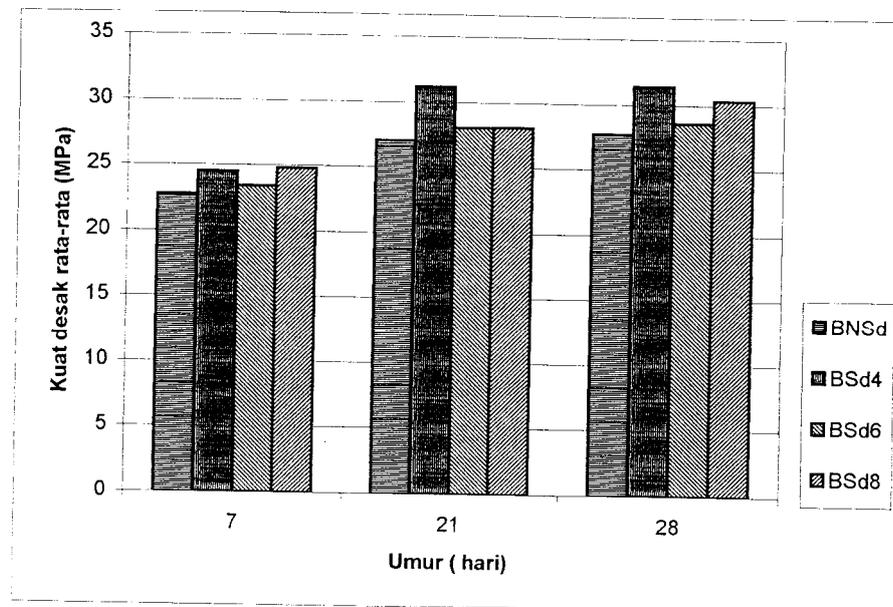
## BAB VI

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Kuat desak beton

##### 6.1.1 Kuat desak rata-rata beton

Dari gambar 6.1 dapat dilihat peningkatan kuat desak rata-rata beton pada umur 7, 21, dan 28 hari.



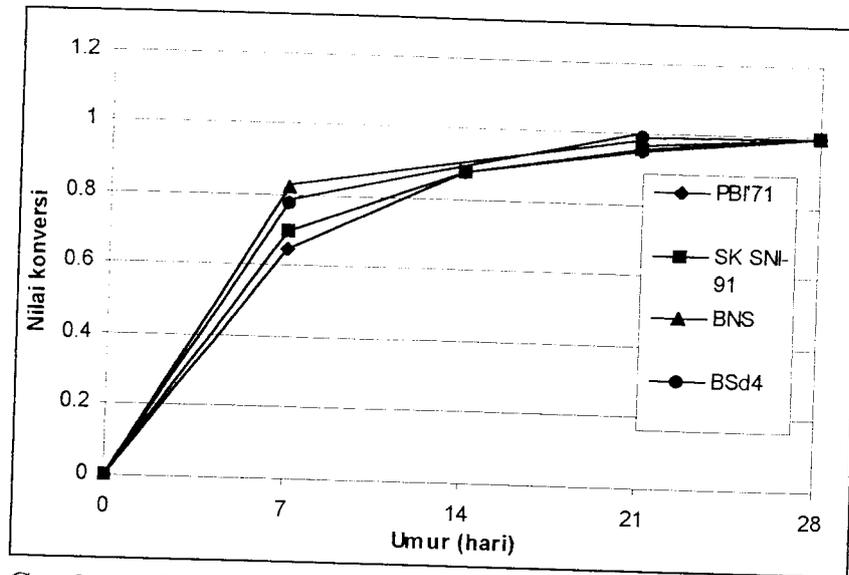
**Gambar 6.1** Diagram hubungan kuat desak beton rata-rata pada berbagai variasi umur.

Dari diagram batang hasil pengujian pada beton umur 28 hari dapat dilihat untuk beton normal mempunyai kuat desak rata-rata sebesar 27.747 MPa, BSd4 dengan kuat desak rata-rata 31.421 MPa, BSd6 sebesar 28.61 MPa dan BSd8 sebesar 30.353 MPa. Prosentase peningkatan kuat desak rata-rata terbesar dengan nilai prosen (%) tertinggi terjadi pada BSd4. Hal ini terjadi karena serat dengan panjang 4 cm mempunyai perbandingan jumlah serat yang lebih besar dari pada kedua variasi lainnya. Dengan demikian, serat akan lebih banyak mengisi rongga dalam beton, dan menambah daya dukung beton terhadap beban.

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, saat mencapai beban maksimum benda uji tidak mengalami runtuh, hanya terjadi retak-retak pada tampang dan relatif masih utuh. Dari uraian di atas ditarik kesimpulan bahwa serat berfungsi sebagai bahan pengisi yang dapat menambah kepadatan beton dan menambah lekatan dalam adukan beton.

### **6.1.2 Perbandingan Peningkatan kuat desak**

Gambar 6.2 menunjukkan perbandingan kuat desak rata-rata beton berbagai umur pada benda uji silinder dengan konversi standart SK-SNI T-15-1991-3 pasal 3.4.3 dan PBI'.

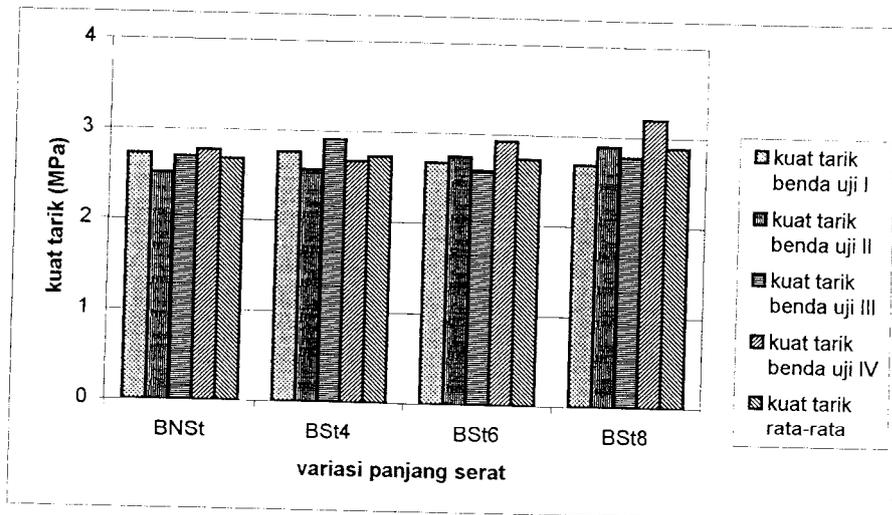


**Gambar 6.2** Perbandingan Kuantitas desak beton berbagai umur dengan konversi PBI dan SK-SNI

Dari gambar 6.2 dapat dilihat nilai konversi kuat desak rata-rata beton pada berbagai variasi umur terhadap kuat desak beton umur 28 hari. Menurut PBI'71 kuat desak beton pada umur 7 hari sebesar 65 % , umur 14 hari 88 % , dan pada umur 21 hari 95 % dari kuat desak rencana umur 28 hari. Untuk SK-SNI'91 pada umur 7 hari sebesar 70 % , umur 14 hari 88 % dan umur 21 hari kuat desak beton 96 % . Dari hasil penelitian pada BNS umur 7 hari kuat desak beton sebesar 82 % , umur 14 hari 97 % , sedangkan untuk BSd4 umur 7 hari 78 % , dan umur 21 hari 99 % . Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pada BNS dan BSd4 mempunyai nilai konversi yang masih berkisar pada nilai PBI.71 dan SK-SNI'91.

## 6.2 Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik rata-rata beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Analisa hasil pengujian tarik beton dapat dilihat pada gambar 6.3 berikut ini.

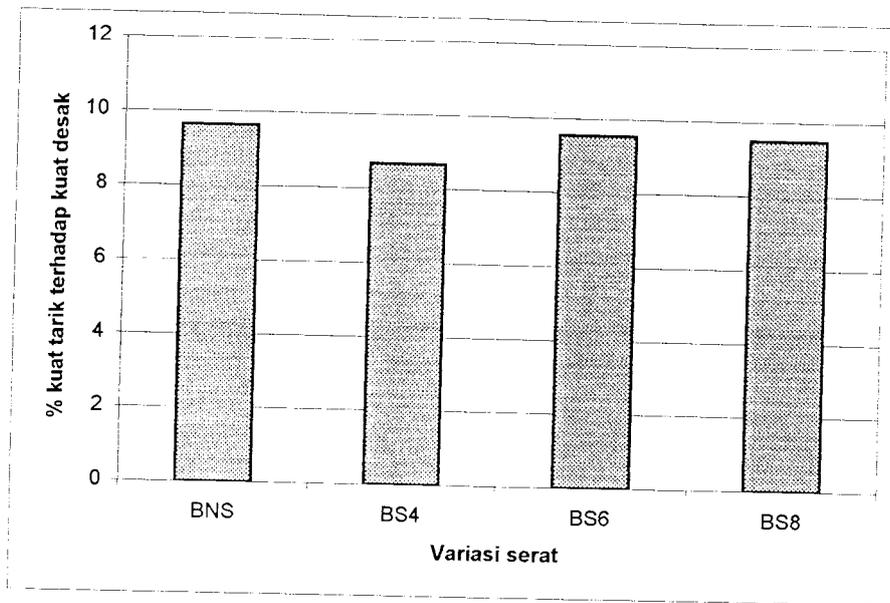


**Gambar 6.3** Diagram kuat tarik rata-rata beton serat dan non-serat umur 28 hari

Dari gambar 6.3 didapat hasil kuat tarik rata-rata untuk BNSt sebesar  $26.78341 \text{ kg/cm}^2$ , untuk beton BSt4 sebesar  $27.281116 \text{ kg/cm}^2$ , BSt6 sebesar  $27.34028 \text{ kg/cm}^2$ , BSt8 kuat tarik rata-ratanya sebesar  $28.856696 \text{ kg/cm}^2$ . Prosentase peningkatan kuat tarik terbesar terjadi pada variasi panjang serat 8 cm sebesar  $7.77406 \%$ . Hal ini karena serat dengan panjang 8 cm memperbesar daya lekat pada agregat, juga serat mempunyai kekuatan tarik yang mampu menahan gaya tarik atau terpisahnya agregat akibat pengaruh beban tarik. Selain itu letak serat yang random mampu menahan tarik dari segala arah. Serat yang pendek mempunyai lekatan yang tidak sempurna serta mempunyai alur retakan yang tidak melewati serat karena

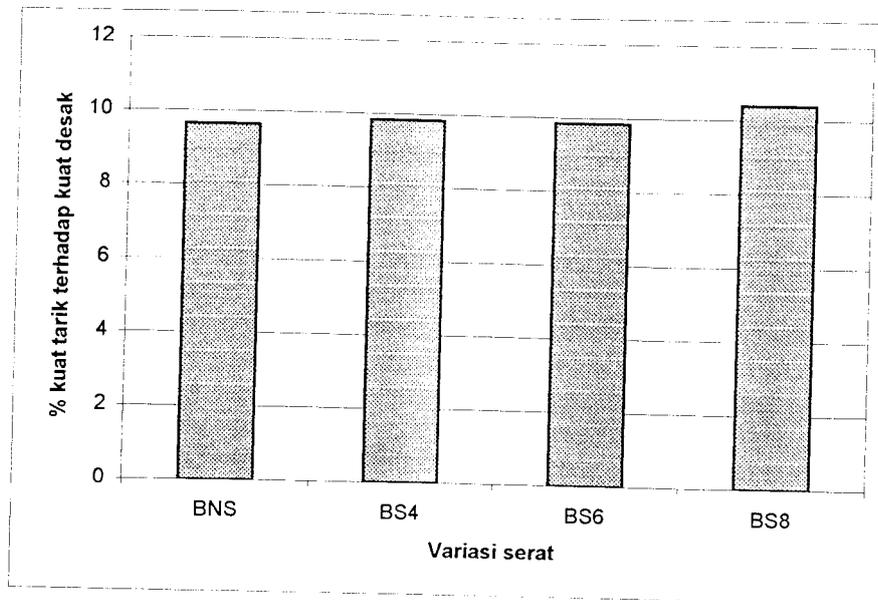
distribusi alur retak yang sembarang menyebabkan alur retak tidak selalu memotong serat di tengah-tengah ( “composite material concept”).

Untuk mengetahui besar prosentase kuat tarik terhadap kuat desak dapat dilihat pada gambar 6.4 dan 6.5 di bawah ini.



**Gambar 6.4** Diagram prosentase kuat tarik terhadap kuat desak berbagai variasi benda uji pada umur 28 hari.

Dari gambar 6.4 didapat prosentase kenaikan kuat tarik terhadap kuat desak beton, nilai banding BNS<sub>t</sub> terhadap BNS<sub>d</sub> sebesar 9.653 %, BS<sub>t</sub>4 / BS<sub>d</sub>4 8.682 %, BS<sub>t</sub>6 / BS<sub>d</sub>6 9.556 %, dan BS<sub>t</sub>8 / BS<sub>d</sub>8 9.507 %. Dari uraian diatas dapat dilihat bahwa BS4 mempunyai nilai lebih rendah, karena kenaikan kuat tarik beton terjadi seiring dengan peningkatan kuat desak beton yang besar.



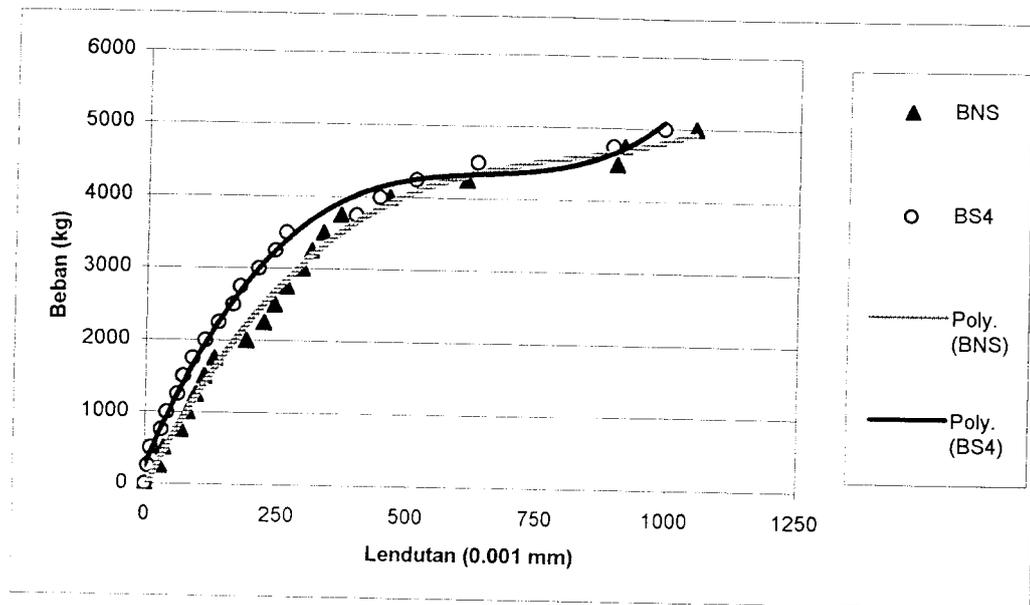
**Gambar 6.5** Diagram prosentase kuat tarik terhadap kuat desak pada umur 28 hari.

Dari gambar 6.6 dapat dilihat peningkatan kuat tarik terhadap kuat desak beton dengan nilai banding terhadap beton normal. BNS<sub>t</sub> terhadap BNS<sub>d</sub> sebesar 9.653 %, BS<sub>t</sub>4 / BNS<sub>d</sub> 9.832 %, BS<sub>t</sub>6 / BNS<sub>d</sub> 9.853, BS<sub>t</sub>8 / BNS<sub>d</sub> 10.399 %.

### 6.3 Kuat Lentur Beton

Pelaksanaan uji lentur dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Pada balok beton serat dan non-serat tersebut dikerjakan dengan pembebanan 1 titik secara bertahap dengan interval pembebanan 250 kg pada setiap tahap pembebanan, untuk mencatat lendutan yang terjadi dipasang dial gauge sebanyak 3 buah yang diletakkan

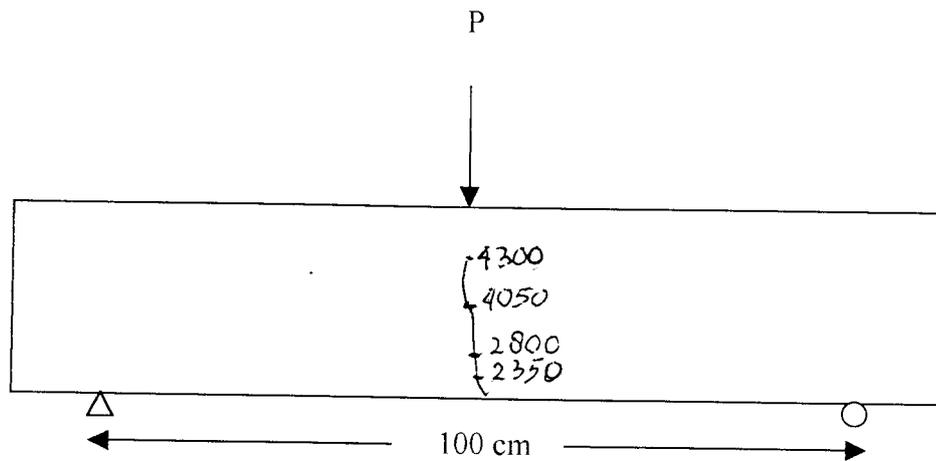
di bawah model uji. Gambar 6.6 di bawah ini menunjukkan perbandingan antara beban dan Lendutan.



**Gambar 6.6** Hubungan antara Beban dan Lendutan masing-masing benda uji

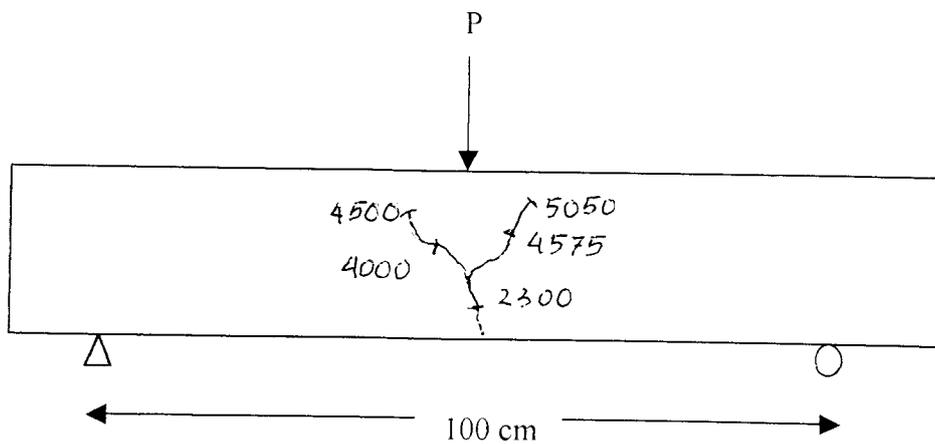
Serat yang digunakan pada balok adalah serat dengan panjang 4 cm, diambil berdasarkan hasil terbaik pada pengujian desak. Beton dengan penambahan serat mempunyai tingkat keretakan yang lebih kecil dibandingkan beton tanpa serat. Dari gambar 6.6 terlihat bahwa sampai dengan beban 4000 kg serat masih berpengaruh pada lendutan, balok dengan penambahan serat lendutannya lebih kecil dibandingkan dengan balok tanpa serat. Sebaliknya pada beban diatas 4000 kg serat sudah tidak

berpengaruh terhadap lendutan balok. Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa serat berpengaruh pada pembebanan awal.



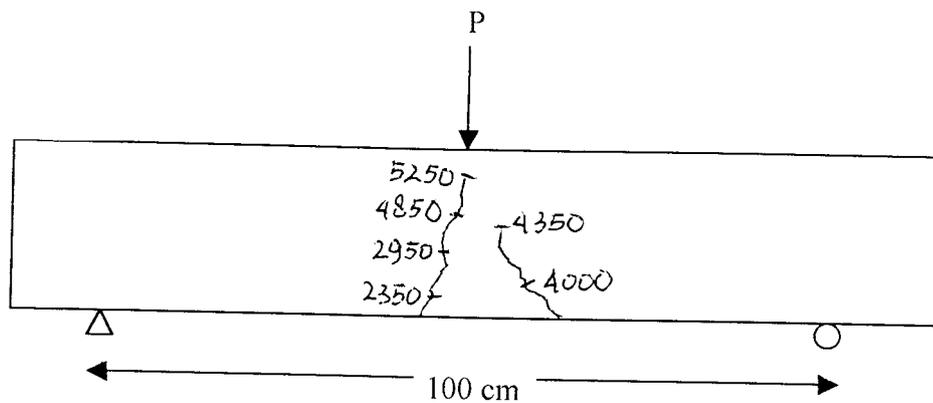
Gambar 6.7 Pola retak BLNS I

Balok BLNS I mengalami retak awal pada beban 2350 kg, retak kedua pada beban 2800 kg, retak ketiga pada beban 4050 kg dan mencapai beban maksimal sebesar 4300 kg.



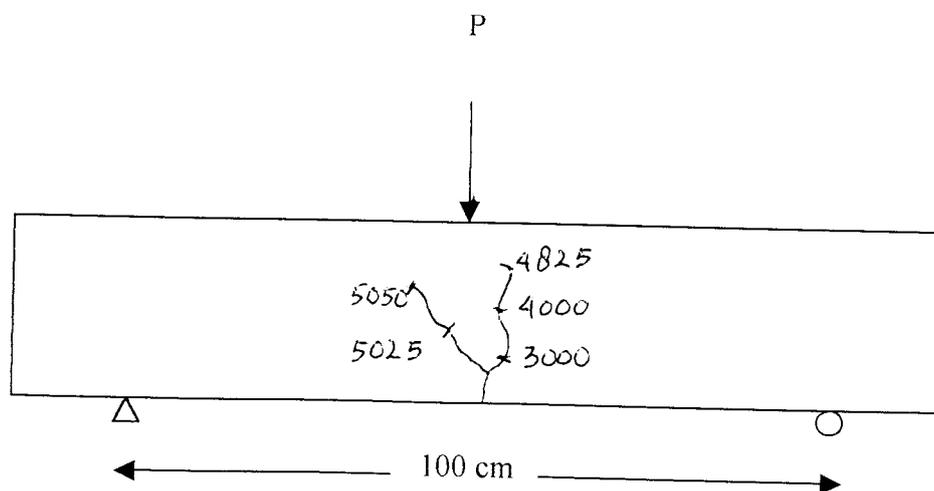
Gambar 6.8 Pola retak BLNS II

Pada BLNS II retak pertama terjadi pada beban 2300 kg, retak kedua pada beban 4000 kg, retak ketiga pada beban 4500 kg, retak keempat pada beban 4575 kg, dan mencapai beban maksimum sebesar 5050 kg.



**Gambar 6.9** Pola retak BLS I

Pada balok BLS I retak pertama terjadi pada beban 2350 kg, retak kedua pada beban 2950 kg, retak ketiga pada beban 4000 kg, retak keempat pada beban 4050 kg, retak kelima pada beban 4350 kg, beban maksimum sebesar 5250 kg.



**Gambar 6.10** Pola retak BLS II

Pada BLS II retak pertama terjadi pada beban 3000 kg, retak kedua terjadi pada beban 4000 kg, retak ketiga pada beban 4825 kg, retak keempat pada beban 5025 kg, beban maksimum sebesar 5350 kg.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa beton dengan serat mampu menahan beban lentur lebih besar daripada beton non serat. Hal itu disebabkan serat dapat mengikat agregat dan mampu menahan terpisahnya agregat dengan pasta semen, sehingga memperlambat terjadinya retak awal dan menambah kekuatan beban maksimum. Serat menahan beton dengan dua cara yaitu dengan rekatan antara serat dengan pasta semen dan kekuatan serat bambu itu sendiri. Pola retak pada balok serat dan non-serat adalah relatif memiliki kesamaan pola, dan hanya dibedakan oleh nilai beban yang menyebabkan retak awal.

#### **6.4 Workabilitas**

Penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi serat dan aspek rasio serat ( nilai banding panjang dan diameter serat). Penambahan serat dalam adukan beton dengan nilai banding panjang dan diameter serat yang tinggi menyebabkan serat cenderung menggumpal yang sangat sulit disebar secara merata dalam proses pengadukan. Selain itu serat bambu yang menyerap air membuat nilai slumpnya tinggi sehingga mempersulit tingkat pengerjaanya.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang beton dengan penambahan serat bambu Ori, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Dari pengujian kuat lentur beton didapat bahwa beton dengan penambahan serat terjadi retak awal pada beban yang lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa serat. Hal ini ditunjukkan pada balok tanpa serat, beban maksimum yang didapat sebesar 5050 kg, terjadi retak pertama pada beban 2300 kg. Sedangkan untuk balok dengan serat beban maksimum 5350 kg dan retak pertama terjadi pada beban 3000 kg (periksa gambar 6.7 – 6.10 ).
2. Pengujian awal pada kuat desak silinder terjadi peningkatan kuat desak rata-rata beton pada BSd4 sebesar 13.2421 %, sedangkan untuk BSd6 sebesar 3.1090 % dan 9.3905 % untuk BSd8 terhadap beton normal, pada pengujian kuat tarik terjadi peningkatan pada BSt8 sebesar 7.77406 %, sedangkan untuk BSt6 terjadi peningkatan sebesar 2.07889 % dan 1.85799 % untuk BSt4 terhadap beton normal (periksa gambar 6.1 dan 6.3 ).

3. Penambahan serat bambu pada beton mempengaruhi penurunan kelecakan (“workability”), karena serat bambu menyerap kandungan air dalam adukan beton.

## 7.2 Saran

Dari pengalaman selama melaksanakan penelitian di laboratorium dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut ini.

1. Dalam pengujian lebih lanjut perlu diperhatikan variasi panjang dan diameter serat karena berpengaruh pada kuat desak dan kuat tarik betonnya.
2. Perlu diteliti sampai berapa lama ketahanan (“durability”), serat bambu terhadap pembusukan dan pelapukan serat oleh kondisi lingkungan.
3. Perlu diteliti lebih lanjut penggunaan bahan alami lainnya, seperti: serat kayu berdaun jarum, ampas/sepah tebu, tangkai padi dan serabut kelapa.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ACI COMITTE 544, 1982.
2. Bambang Suhendro, 1991, PENGARUH PEMAKAIAN FIBER SECARA PARSIAL PADA BALOK BETON BERTULANG, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
3. Dudy Ismawanto & Ali Husni, 1997, PERILAKU MEKANIKA BAMBU, Makalah Seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
4. Firman, 1998, BAMBOOS FIBRE CEMENT BOARD, Makalah seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
5. Gideon Kusuma, 1993, DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG, SKSNI T-15-1991-03, Erlangga, Jakarta.
6. Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, DPU-RI, PT Gramedia Jakarta.
7. Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
8. Liesse, 1980, ANATOMY OF BAMBOO, Proceeding Of The Internatoinal Bamboo Workshop held in Cochin, India.
9. Morisco, 1999, REKAYASA BAMBU, Nafiri Offset.
10. Nawy, E.G, 1985, BETON BERTULANG ( Suatu Pendekatan dasar ), penterjemah Universitas Katholik Parahyangan, PT Eresco, IKAPI.
11. Sudarmoko, 1998, KUAT LENTUR BETON SERAT BENDRAT DENGAN MODEL SKALA PENUH, PAU Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.
12. Wang & Salmon, 1989, DISAIN BETON BERTULANG, alih bahasa ir. Binsar Hariandja, M. Eng, ITB, Erlangga, Jakarta.

13. Yanuar dan Martopo, 1997, PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON , Makalah Seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.

LAMPIRAN



TA 3.02  
 Program 1.02

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	ZARLIS ARDHANI	93 310 106		TSS
2	ANANG BUDI SANTOSO	93 310 140		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : .....

.....

.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. MOCH. TEGUH, MSCE  
 Dosen Pembimbing II : IR. II. KASAM, MT

1



2



Yogyakarta, 29 JULI 2000  
 a/n Dekan,  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil  
 IR. H. TAHAUDDIN BM ARIS, MS

**CATATAN - KONSULTASI**

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
	23-8-00		- Perlu variasi bucu uji (panjang serat 4, 6, 8 cm)	[Signature]
	26-8-00		- Kuat yg di uji desale dan Tarile - Sempurnakan susalehan & ketok, - perbaiki & sempurnakan kalimat, - format penulisan supaya mengikuti pedoman yg ada.	
	30-8-00		- perbaiki - metode penulisan, semua ini dit	[Signature]
	2-9-00		- Siapkan animar	[Signature]
	14-12-00		• Gausar uji belale perlu di perbaiki	[Signature]



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

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

JUDUL TUGAS AKHIR : .....

.....

.....

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1

2

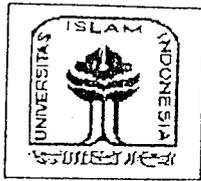
Yogyakarta,  
 Dekan,

3 x 4

3 x 4

**CATATAN - KONSULTASI**

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	10/3 2001		- partikel abotah & gtr 2	
	26/3 2001		- raphan oiledy	
	27/3 2001		- tujuan, judul dan rumusan masalah.	
	3/4 2001		- Diajukan ke DP I dps. rujan	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS Diperiksa oleh :  
Nama Benda uji : PASIR 1) \_\_\_\_\_  
Asal : KALI BOYONG 2) \_\_\_\_\_  
Keperluan : PENELITIAN  
TUGAS AKHIR Tanggal : \_\_\_\_\_

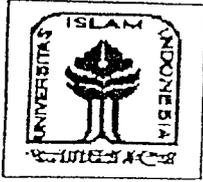
ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder (  $\varnothing 15 \times t 30$  ) cm
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	3,231 Kg	..... Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	5,953 Kg	5,968 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,00157 M <sup>3</sup>	..... M <sup>3</sup>
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1733,757	1743,312
Berat Volume Agregat Rata - rata	1738,5345	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sieman Yogyakarta

## DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS  
Nama Benda uji : PASIR  
Asal : KALI BOYONG  
Keperluan : PENELITIAN  
TUGAS AKHIR

Diperiksa oleh :

1) ZARLIS ARDHANI  
2) ANANG BUDI SANTOSO

Tanggal : \_\_\_\_\_

### ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat ( W )	400 Gram	400... Gram
Gelas ukur + Air ( V1 )	500 Cc	500... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat ( V2 )	650... Cc	660 Cc
BERAT JENIS ( BJ ) $\frac{W}{V2 - v1}$	2,667	2,50
BERAT JENIS ( BJ ) RATA-RATA	2,5835	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



DATA PEMERIKSAAN  
 GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS  
 Nama Benda uji : PASIR  
 Asal : KALI BOYONG  
 Keperluan : PENELITIAN  
TUGAS AKHIR

Diperiksa oleh :  
 1) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_

Tanggal : \_\_\_\_\_

ALAT – ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set ( 40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan ) mm
4. Sikat baja ( Kasar / halus )
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN ( mm )	BERAT TERTINGGAL ( gram )		BERAT TERTINGGAL ( % )		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40						
20						
10						
4.80	20	20,5	1,0	1,025	1,0	1,025
2.40	168,5	105	8,427	5,248	9,427	6,273
1.20	275	389,7	13,754	19,479	23,181	25,752
0.60	537,2	475,5	26,868	23,768	50,049	49,52
0.30	593	435	29,659	21,748	79,708	71,268
0.15	287,5	409,7	14,380	20,479	94,088	89,648
SISA	118,2	165,2	5,912	8,253	---	---
Jumlah	1999,4	2000,6	100	100	257,433	239,480
Jumlah rata-rata	2000		100		248,4695	

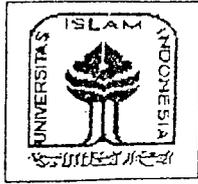
Modulus Halus Butir (MHB)

$\frac{248,4695}{100} = 2,4845$

100

Yogyakarta

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :  
Nama Benda uji : KERIKIL 1) \_\_\_\_\_  
Asal : \_\_\_\_\_ 2) \_\_\_\_\_  
Keperluan : PENELITIAN  
TUGAS AKHIR Tanggal : \_\_\_\_\_

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder (  $\varnothing 15 \times t 30$  ) cm
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,398 Kg	..... Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	12,332 Kg	13,579 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \pi d^2 t$	0,005301437 M <sup>3</sup>	..... M <sup>3</sup>
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1307,9473	1543,1665
Berat Volume Agregat Rata - rata	1425,5569	

Yogyakarta,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji :
Nama Benda uji :
Asal :
Keperluan :

Diperiksa oleh :
1)
2)

Tanggal :

ALAT - ALAT

- 1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

Table with 3 columns: Measurement/Calculation, BENDA UJI I, and BEDA UJI II. Rows include Berat Agregat (W), Gelas ukur + Air (V1), Gelas ukur + Air + Agregat (V2), BERAT JENIS (BJ) formula, and BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA.

Yogyakarta,
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK

## Perancangan Adukan Beton (metode ACI)

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan:

1. kuat desak rencana	: 22.5 Mpa
2. diameter maksimum agregat	: 20 mm
3. modulus halus butiran (mhb) pasir	: 2.4845
4. berat jenis pasir (SSD)	: 2.5835 t/m <sup>3</sup>
5. berat jenis kerikil (SSD)	: 2.5375 t/m <sup>3</sup>
6. berat jenis kerikil kering tusuk (SSD)	: 1.4255569 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 adalah

$$m = k \cdot s_d$$

$$= 1.64 \cdot 6.0 = 9.84 \text{ Mpa}$$

$$\text{mutu beton } f'_{cr} = f'_c + m$$

$$= 22.5 + 9.84 = 32.34 \text{ Mpa}$$

2. Menetapkan faktor air semen
  - a. Berdasarkan tabel 2.5 dan kekuatan umur yang dikehendaki didapatkan nilai  $f_{as}$  dengan interpolasi  $f_{as} = 0.4742$
  - b. Berdasar tabel 2.6 beton yang terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung didapat nilai  $f_{as} = 0.6$
  - c. Dari dua nilai  $f_{as}$  tersebut, dipakai nilai  $f_{as}$  terkecil yaitu  $= 0.4742$

3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan tabel 2.7 untuk jenis struktur balok dan kolom dipakai nilai slump 75 – 150 mm

4. 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

$$F_{as} = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{f_{as}} = \frac{203}{0.4742} = 427.9992 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{W_{semen}}{B_{jsemen}} = \frac{0.4279992}{3.15} = 0.135873 \text{ m}^3$$

6. menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton berdasarkan tabel 2.10 Untuk diameter maksimum 20 mm dan modulus butiran ( $m_{hb}$ ) = 2.4845 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (VK)} = 0.64155 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat agregat kasar} &= \text{VK} \times \text{Bj kerikil kering tusuk} \\ &= 0.64155 \times 1.4255569 = 0.91456 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{Volume agregat} = \frac{\text{berat kerikil}}{\text{BJ kerikil (SSD)}} = \frac{0.91456}{2.5375} = 0.36042 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume pasir (VP)

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir (VP)} &= 1 - (\text{VA} + \text{VS} + \text{VK} + \text{VU}) \\ &= 1 - (0.203 + 0.135875 + 0.36042 + 0.02) \\ &= 0.28071 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{VP} \times \text{Bj pasir (SSD)} \\ &= 0.28071 \times 2.5835 = 0.72521 \text{ ton}\end{aligned}$$

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

a. semen = 427.9992 kg

b. pasir = 725.2100 kg

c. kerikil = 914.5600 kg

d. air = 203 liter

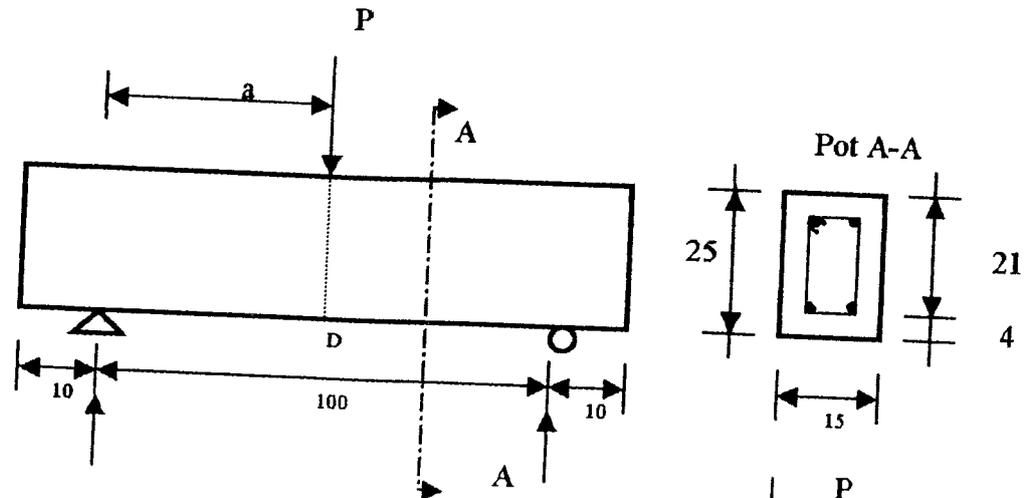
Perbandingan bahan-bahan penyusun beton : 1 : 1.69 : 2.14 : 0.47

9. Kebutuhan material benda uji dapat dilihat pada tabel.

Tabel. kebutuhan material benda uji

kode	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (lt)	Serat (kg)
Sil- NS-16	36.2848	61.4833	77.5364	17.2104	0
Sil- S- 48	108.8544	184.45008	232.6092	51.6321	2.177088
Bl- NS- 2	38.5199	65.2689	82.3104	18.27	0
Bl- S - 2	38.5199	65.2689	82.3104	18.27	0.77

## Perhitungan tulangan beton



$$d = 25 - 4$$

$$q = 0,25 \cdot 0,15 \cdot 23 = 0.8625 \text{ KN/m}$$

$$R_A = \frac{1}{2}qL + \frac{1}{2}P$$

$$M_D = R_A \left( \frac{1}{2} - 0.1 \right) - \frac{1}{2}qL \cdot \frac{1}{4}L - P \cdot 0$$

$$= \left( \frac{1}{2}qL + \frac{1}{2}P \right) \left( \frac{1}{2}L - 0.1 \right) - \left( \frac{1}{2}qL \cdot \frac{1}{4}L \right)$$

$$= 0.215625 - 0.043125 + 0.25P - 0.05P - 0.1078125$$

$$M_D = (0.0646875 + 0.2P) \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,2MD}{0.8}$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$A = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{226,1946711 \cdot 360}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 150} = \frac{81430,08150}{2868,75} = 28,38524$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 226,1946711 \cdot 360 \left( 21 - 14,19260681 \right)$$

$$= 15,944612 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$= 15,944612 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{1,2MD}{0,8}$$

$$15,944612 = \frac{1,2(0,0646875 + 0,2P)}{0,8}$$

$$15,944612 = 0,077625 + 0,24 P$$

$$0,24 P = 12,6780646$$

$$P = 52,82526 \text{ KN}$$

$$P = 5282,2526 \text{ Kg (P Lentur)}$$

$$V_u = \frac{1}{2} qL + \frac{1}{2} P_2$$

$$= \frac{1}{2} 0,8625 \cdot 1 + \frac{1}{2} P_2$$

$$= 0,43125 + \frac{1}{2} P_2$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{22,5} \cdot 150 \cdot 210 = 24902,93657 \text{ N} \\
 &= 24,90293657 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

S diambil 100 mm  $A_v \text{ } \varnothing 8 = 50,2654 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{50,2654 \cdot 360 \cdot 210}{100} = 38000,6424 \text{ N} \\
 &= 38,00 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_u = V_s + V_c$$

$$0,43125 + \frac{1}{2} P_2 = 38 + 24,90293657$$

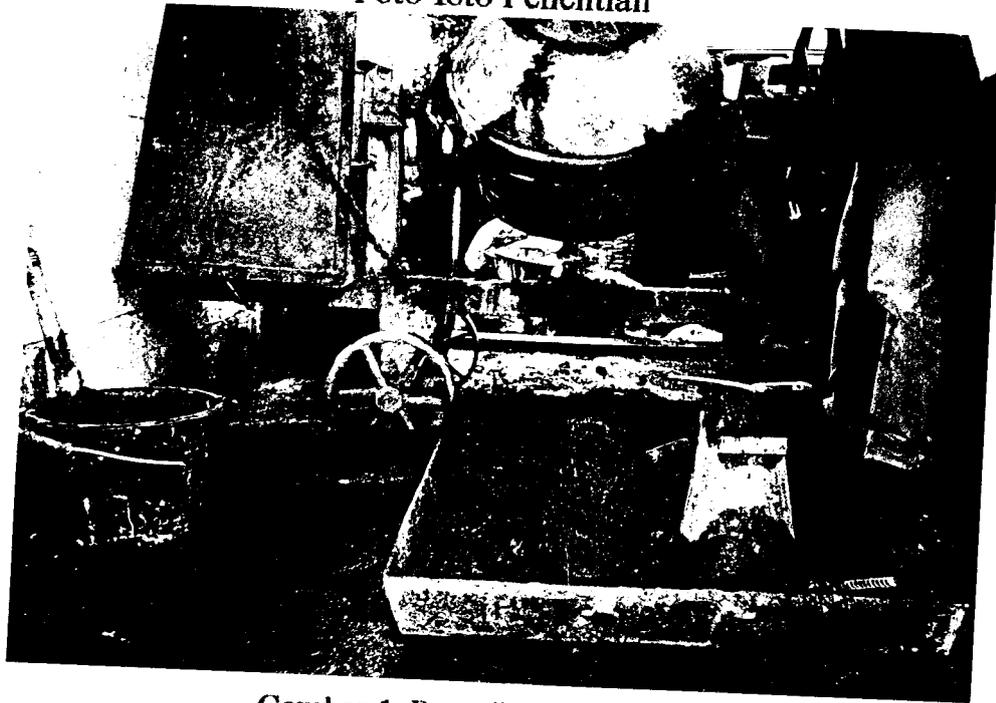
$$\frac{1}{2} P_2 = 62,47168657$$

$$P_2 = 124,9433731 \text{ KN ( P Geser )}$$

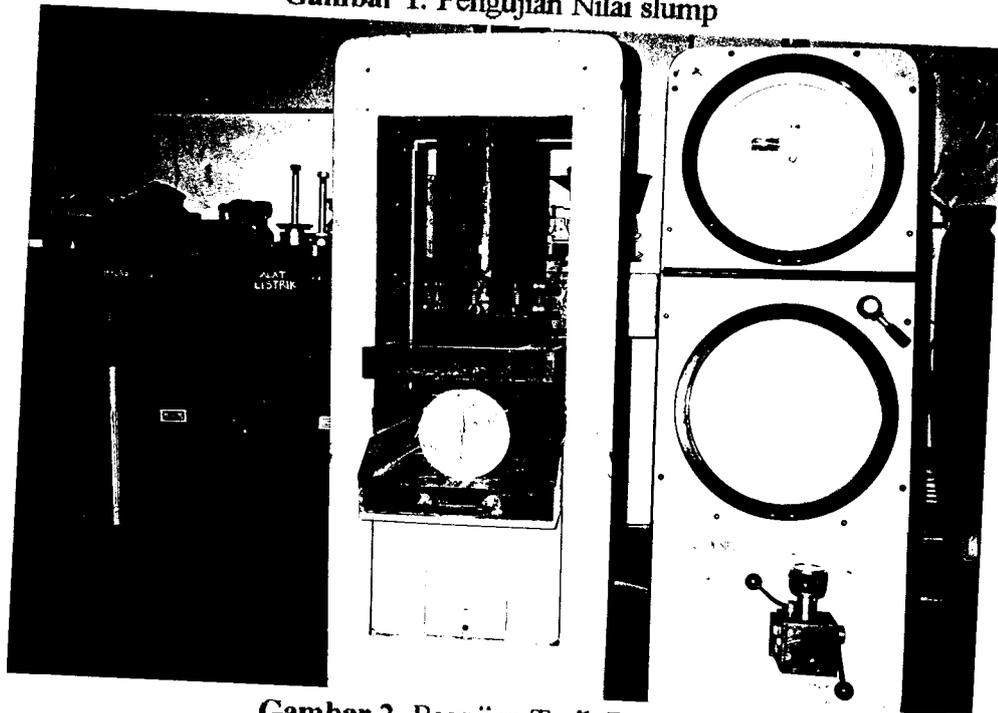
$$\# \ 2,365 \text{ P Lentur} = P_2 \text{ ( P Geser )}$$

$$\underline{\underline{P \text{ Geser} > P \text{ Lentur}}}$$

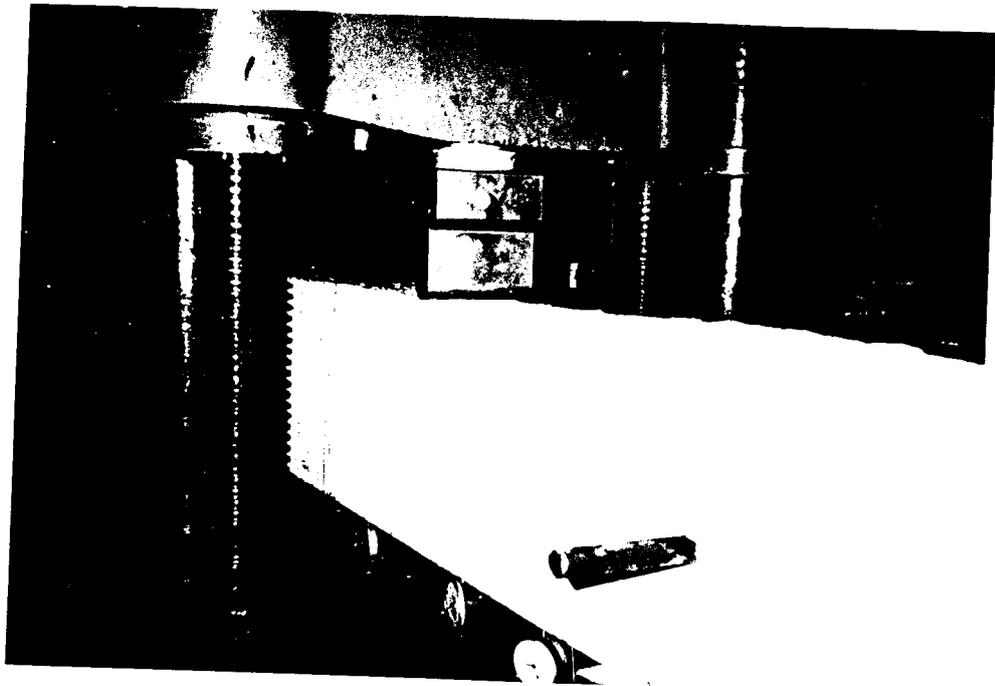
Foto-foto Penelitian



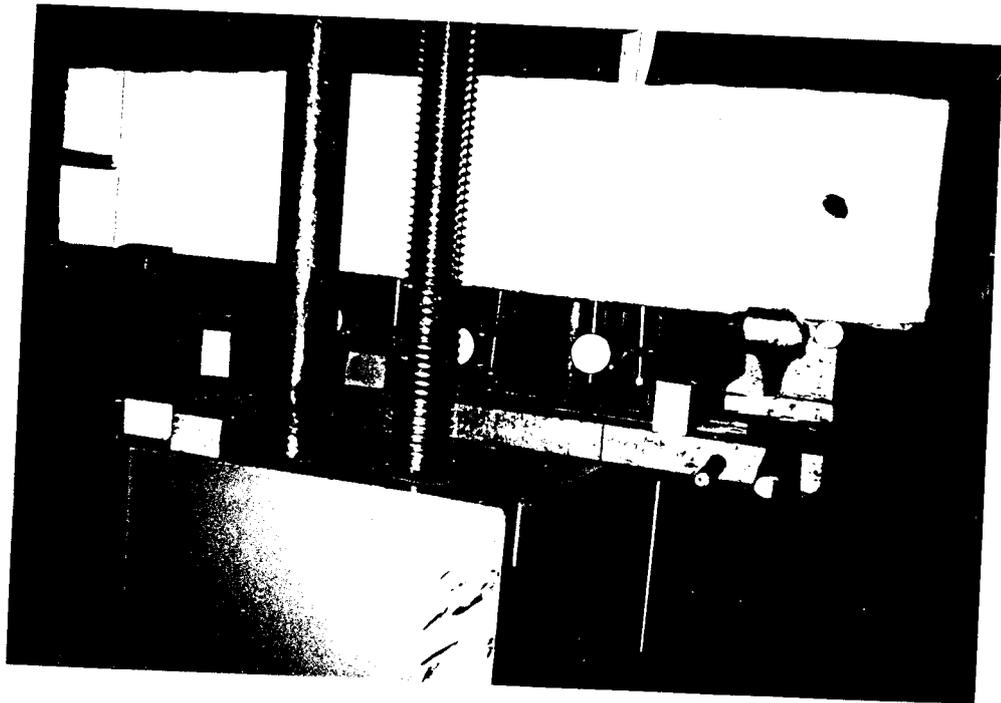
Gambar 1. Pengujian Nilai slump



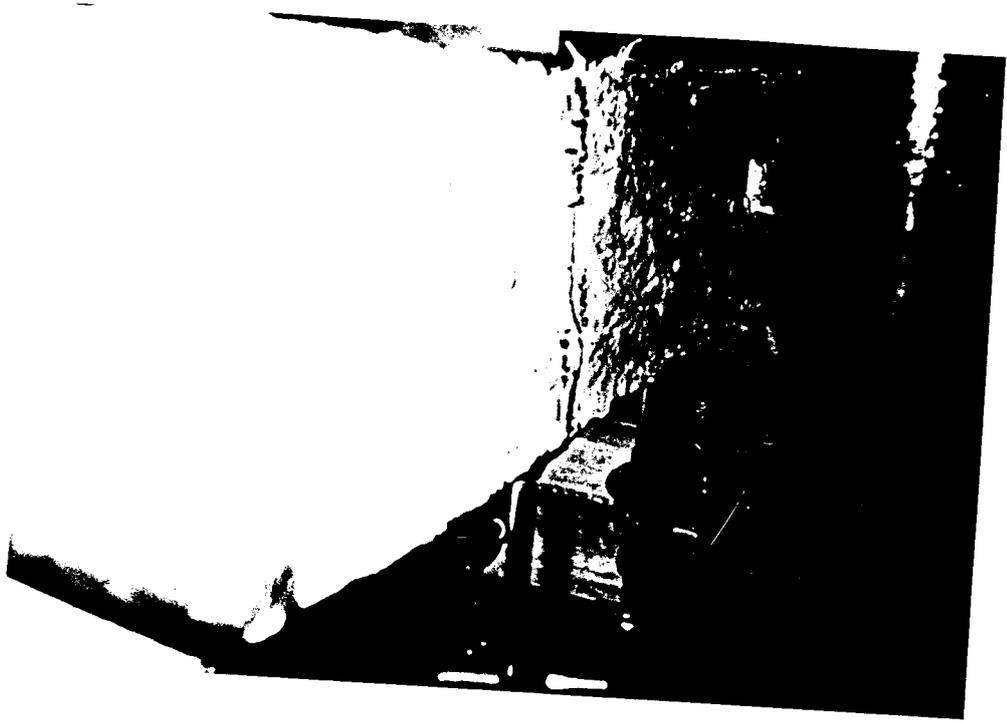
Gambar 2. Pegujian Tarik Beton



**Gambar 3. Pengujian Lentur Balok**



**Gambar 4. Balok Sebelum Diuji**



Gambar 5. Balok Setelah diuji