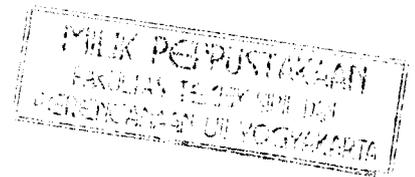


## TUGAS AKHIR

# PENELITIAN LABORATORIUM KARAKTERISTIK BETON NON-PASIR DENGAN VARIASI PANJANG SERAT KAWAT BENDRAT

*Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil*

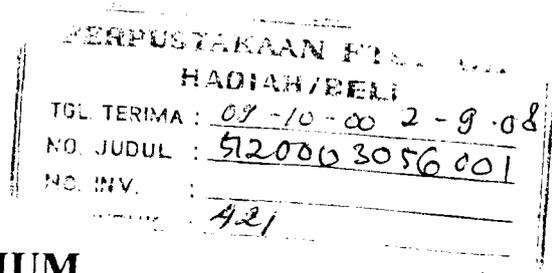


*Disusun oleh :*

Nama : Melky Aliandri  
No. Mhs. : 95 310 092  
NIRM : 950051013114120091

Nama : Muhammad Abdul Aziz  
No. Mhs. : 95 310 212  
NIRM : 950051013114120209

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2000**



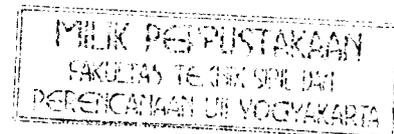
TA  
691.3  
ALI  
p  
Roo

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**KARAKTERISTIK BETON NON-PASIR**  
**DENGAN VARIASI PANJANG SERAT KAWAT**  
**BENDRAT**

Disusun oleh :

Nama : Melky Aliandri  
No. Mhs. : 95 310 024  
NIRM : 950051013114120091

Nama : Muhammad Abdul Aziz  
No. Mhs. : 95 310 212  
NIRM : 950051013114120209



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Ilman Noor, MSCE

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 3/8/2000

Tanggal : 3/10/2000

## MOTTO

- “ ....Allah meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...”

(QS. Mujadillah : 11)

- “ ...Katakanlah, “ Apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ? “ Sesungguhnya orang yang berakal yang dapat menerima pelajaran.”

(QS. Az-Zumar : 9)

- Akal pemikiran merupakan tanda kemuliaan manusia di antara makhluk lainnya, karena dengan itulah manusia bisa berkarya, merombak dan mencapai derajat yang tinggi.

(Abdurrohman Al Baghdadi)

- Mencari ilmu itu seperti ibadah, mengungkapkannya seperti berdzikir, menyelidikinya seperti berjihad, mengajarkannya seperti bersedekah dan memikirkannya seperti berpuasa.

(Ibnu Ady bin Jabbat)

Syukur alhamdulillah, atas berkah rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Serta sholawat dan salam tetap tucurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

Kupersembahkan karya ini untuk menghapus sebagian kecil keringat dan air mata Papa M. Ali Darsyad dan Ibu Rosmahayati tercinta, buat Nita, Kak Armadi dan Reza cilik di Tempino, terima kasih atas do'a dan dorongannya. Dan buat De' Anggie yang telah memberi motivasi dan perhatiannya selama ini, serta Bapak DR. Sumardi dan Ibu di Jakarta yaang telah memberi semangat.

Tak lupa saya ucapkan terimakasih buat teman-teman dan Abang-Abang di SURAU SAIFUL AMIN Yogyakarta, buat Acun, Didi, Betox dab Sihombing semoga kita semua tetap berada di jalan Allah SWT.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridlo-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun, karena dengan Kasih dan Sayang-Nyalah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas Akhir dalam bentuk penelitian laboratorium dengan judul “KARAKTERISTIK BETON NON PASIR DENGAN VARIASI PANJANG SERAT KAWAT BENDRAT “ ( THE CHARACTERISTICS OF NO FINES CONCRETE WITH THE VARIATION OF LOCAL FIBRES’ LENGTH ) ini kami ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Indonesia.

Hal ini tidak terlepas dari dukungan serta sumbangan pikiran dari pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyuna laporan. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati penyusun haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Widodo MSCE, Ph.D, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaa Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak, Ibu tercinta, Kakak dan Adik yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan moril maupun materiil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Karyawan dilingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Rekan-rekan mahasiswa seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Buat Mas Arief Dosen UGM yang telah memberikan ide tentang Tugas Akhir ini.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan di masa mendatang. Penyusun berharap semoga Tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa teknik sipil dan pembaca pada umumnya.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua sehingga kita sebagai hamba-Nya bisa senantiasa mensyukuri nikmat yang telah diberikan-Nya dan kita selalu dapat berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang telah kita peroleh sekarang. Amiin.

*Wabil taufiq wal hidayah*

*Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, Agustus 2000

Penyusun

**MELKY ALIANDRI**  
**MUHAMMAD ABDUL AZIZ**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah .....	4
1.6. Hipotesa .....	5
1.7. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Beton Serat .....	6

2.2. Beton Ringan .....	9
2.3. Beton Non Pasir .....	12
2.3.1. Karakteristik Kekuatan Beton Non Pasir .....	12
2.3.2. Perbandingan Campuran Beton Non Pasir .....	16
2.4. Kebutuhan Bahan Penyusun Beton Non Pasir .....	16
2.4.1. Semen Portland .....	17
2.4.2. Agregat .....	17
2.4.3. Air .....	18
2.5. Serat .....	18
2.6. Modulus Elastisitas .....	20
<b>BAB III. CARA PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Bahan Penelitian .....	21
3.1.1. Semen Portland .....	21
3.1.2. Agregat Kasar .....	22
3.1.3. Air .....	22
3.1.4. Serat Kawat Bendrat .....	22
3.1.5. Bensin .....	22
3.2. Alat Penelitian .....	22
3.3. Metodologi Penelitian .....	23
3.3.1. Tahap Pemeriksaan dan Persiapan Bahan .....	23
3.3.1.1. Pemeriksaan Agregat .....	24
3.3.1.2. Persiapan Serat .....	25
3.3.2. Perencanaan Campuran Bahan Susun Beton Non Pasir .....	25
3.3.3. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji .....	26

3.3.3.1. Pembuatan Benda Uji .....	26
3.3.3.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Volume Rongga Beton Non Pasir .....	27
3.3.3.3. Pengujian Kuat Desak Beton dan Kuat Tarik Beton .....	27
3.4. Cara Analisis .....	28
3.4.1. Berat Jenis Agregat Jenuh Kering Muka (BJ).....	28
3.4.2. Berat Jenis Beton Non Pasir.....	28
3.4.3. Volume Rongga ( $V_r$ ).....	28
3.4.4. Nilai Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ).....	28
3.4.5. Nilai Kuat Tarik Beton ( $f_c$ ).....	29
3.4.6. Nilai Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ).....	29
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Bahan Susun Beton .....	30
4.2. Beton Non Pasir dengan Serat .....	31
4.2.1. BJ Beton Non Pasir .....	31
4.2.2. Volum Rongga .....	34
4.2.3. Kekuatan Tekan Maksimum Beton Non Pasir .....	37
4.2.4. Kekuatan Tarik Maksimum Beton Non Pasir .....	39
4.2.5. Modulus Elastisitas Beton Non Pasir .....	42
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1. Kesimpulan .....	43
5.2. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hubungan antara Kuat Tekan dan Perbandingan Volume Agregat- Semen Untuk Beton Non Pasir pada Fas 0,4 .....	15
Gambar 4.1. Perbandingan BJ Beton Terhadap Panjang Serat.....	33
Gambar 4.2. Hubungan BJ Beton dan Kosentrasi Serat (Sudarmanto, 1998).....	34
Gambar 4.3. Hubungan Volume Rongga dan Panjang Serat .....	35
Gambar 4.4. Hubungan Volume Rongga dan Kosentrasi Serat (Sudarmanto, 1998)	36
Gambar 4.5. Hubungan Kuat Tekan dan Panjang Serat .....	38
Gambar 4.6. Hubungan Kuat Tekan dan Kosentrasi Serat (Sudarmanto, 1998).....	39
Gambar 4.7. Hubungan Kuat Tarik dan Panjang Serat .....	40
Gambar 4.8. Hubungan Kuat Tarik dan Kosentrasi Serat (Sudarmanto, 1998) .....	41
Gambar 4.9. Hubungan Modulus Elastisitas dan Panjang Serat.....	42

## DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1. : Hubungan antara Tegangan dan Regangan.....	20
Rumus 3.1. : Berat Jenis Beton .....	24
Rumus 3.2. : Berat Jenis Agregat (SSD) .....	28
Rumus 3.3. : Berat Jenis Beton Non Pasir .....	28
Rumus 3.4. : Volume Rongga .....	28
Rumus 3.5. : Nilai Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ) .....	28
Rumus 3.6. : Nilai Kuat Tarik Beton ( $f_c$ ) .....	29
Rumus 3.7. : Nilai Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ) .....	29

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. : Jenis Serat dan Spesifikasinya (Suhendro, 1998) .....	8
Tabel 3.1. : Kebutuhan Bahan per Adukan .....	25
Tabel 4.1. : Hasil Pengukuran Dimensi Sampel Kosentrasi 1 % .....	32
Tabel 4.2. : Hasil Pengukuran Dimensi Sampel Kosentrasi 1 % .....	32
Tabel 4.3. : Nilai Slump .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lamp. 1 : Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat
- Lamp. 2 : Hasil Pemeriksaan Volume Rongga
- Lamp. 3 : Hasil Pengukuran Berat Jenis Beton Non Pasir
- Lamp. 4 : Hasil Pengujian Tekan Silinder
- Lamp. 5 : Hasil Pengujian Kuat Tarik Silinder
- Lamp. 6 : Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton
- Lamp. 7 : Mix Design Beton Non Pasir dengan Serat

## ABSTRAKSI

*Di Indonesia jenis struktur modern yang paling populer digunakan adalah beton, karena memiliki beberapa keunggulan dari jenis struktur yang lain seperti kemudahan dalam pelaksanaan, kemudahan dalam perawatan, kemudahan dalam mendapatkan bahan dasarnya dan memiliki kekuatan tekan yang besar, sehingga mampu menahan struktur berat. Di samping keunggulan tersebut, beton juga mempunyai kelemahan yang sangat menonjol, yaitu memiliki kekuatan tarik yang sangat kecil, sehingga mengakibatkan beton tidak boleh diperhitungkan menahan tarikan karena beton akan segera retak jika mendapatkan tegangan tarik yang tidak begitu besar sekalipun.*

*Dalam perancangan struktur beton, tegangan tarik yang terjadi ditahan oleh tulangan. Untuk mengurangi retak-retak pada beton, adukan beton dapat diberi serat kawat bendrat dengan panjang dan kosentrasi tertentu. Untuk mengurangi jumlah tulangan yang dibutuhkan maka dicari alternatif beton yang mempunyai berat jenis yang ringan, salah satunya adalah beton non pasir. Dengan tidak adanya agregat halus, membuat beton non pasir lebih murah daripada beton normal pada penerapannya untuk struktur ringan, karena kebutuhan pasta semen menjadi berkurang untuk melapisi permukaan butir-butir agregat halus.*

*Penelitian beton non pasir dengan serat ini bertujuan untuk mencari panjang kawat optimal yang dapat meningkatkan kuat tarik, kuat tekan dan modulus elastisitas beton non pasir dengan serat. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, kosentrasi serat yang optimal adalah 1 % berat adukan untuk kuat tekan dan 1,5 % untuk kuat tarik. Dan untuk mencari panjang serat kawat bendrat yang optimal, serat dipotong dengan ukuran 60 mm, 80 mm dan 100 mm dengan geometri yang lurus.*

*Hasil pengujian beton non pasir dengan serat dengan menggunakan fas 0,4 dan perbandingan berat semen agregat 1 : 4, menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 9,04 MPa dengan panjang serat 60 mm pada kosentrasi 1,5 %. Sedangkan kuat tarik rata-rata sebesar 1,7827 MPa atau sebesar 29,93 % dari kuat tekannya dengan panjang serat 80 mm pada kosentrasi 1,5 %, sedangkan panjang serat 60 mm pada kosentrasi yang sama menghasilkan kuat tarik sebesar 1,6828 Mpa dan nilai ini tidak berbeda jauh dengan panjang serat 80 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa panjang serat 60 mm adalah panjang serat yang optimal dengan kosentrasi serat 1,5 % berat adukan.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Dengan melihat perkembangan di bidang teknik sipil dewasa ini, khususnya mengenai penggunaan beton dalam struktur bangunan, maka dalam penyusunan tugas akhir ini penulis akan melakukan penelitian tentang beton non pasir yang dicampur dengan serat kawat bendrat. Hal-hal yang dicakup dalam bab pendahuluan ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan hipotesis, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Jenis bahan struktur yang paling populer di Indonesia adalah beton. Bahan baku beton tersedia cukup melimpah dengan harga yang sangat murah, sehingga dapat menghemat cadangan devisa negara.

Pertimbangan lain dalam pemakaian struktur beton adalah kemudahan dalam pelaksanaan, baik kemudahan dalam pengangkutan, pengkonstruksian maupun kontrol kualitas, sehingga membuat struktur beton mempunyai nilai lebih dibanding jenis bahan struktur yang lain. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan, kebakaran dan kemudahan perawatan juga memberi nilai tambah terhadap bahan

struktur ini. Ditinjau dari sudut struktural, kuat tekan beton yang besar membuat beton mampu menahan struktur-struktur yang berat.

Tetapi di samping semua keuntungan-keuntungan di atas, beton sebagai bahan struktur mempunyai kelemahan yang cukup menonjol, yaitu kuat tarik beton yang sangat rendah mengakibatkan beton tidak boleh diperhitungkan menahan tarikan. Dalam perancangan struktur beton, tegangan tarik yang terjadi ditahan oleh tulangan, sedangkan beton tidak diperhitungkan menahan tegangan – tegangan tarik yang terjadi karena beton akan segera retak jika mendapat tegangan tarik yang tidak begitu besar. Ditinjau dari sudut keawetan struktur, retakan ini akan mengakibatkan korosi pada baja tulangan sehingga akan mengurangi luas tampang baja tulangan, meskipun dari tinjauan struktur retak ini belum membahayakan. Hal ini berarti merupakan suatu pemborosan, karena pada kenyataannya daerah beton tarik itu betul-betul ada dan juga harus dilaksanakan. Dengan suatu perancangan khusus, kuat tarik beton ini dapat ditingkatkan sehingga mampu menahan tegangan tarik tanpa mengalami retakan. Salah satu caranya adalah dengan penambahan serat-serat pada adukan beton sehingga retak-retak yang mungkin terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik akan ditahan oleh serat-serat tambahan ini, sehingga kuat tekan beton serat akan lebih tinggi dibanding beton normal. Banyak sekali jenis serat yang dapat dipakai mulai dari serat karbon yang sangat mahal sampai serat alam yang murah.

Jika suatu jenis serat telah ditambahkan pada suatu adukan beton, maka serat dapat meningkatkan beberapa sifat struktural beton tetapi tidak seluruh sifat dapat ditingkatkan oleh penambahan serat ke dalam adukan beton. Serat dengan

modulus elastisitas yang tinggi seperti serat baja, serat gelas dan serat karbon akan mampu menghasilkan struktur yang kuat dan kaku serta menghasilkan daya redaman yang tinggi terhadap gaya-gaya kejut. Akan tetapi di Indonesia konsep pemakaian beton serat khususnya serat baja pada adukan beton untuk struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan belum pernah dipakai dalam praktek. Salah satu sebabnya adalah tidak tersedianya serat baja di Indonesia, dan juga disamping harganya yang relatif mahal maupun ketergantungan yang beresiko tinggi bila harus mendatangkan dari negara lain.

Disamping pertimbangan di atas, kita perlu mempertimbangkan masalah harga. Pada beton normal, dengan menggunakan agregat halus menyebabkan kebutuhan semen menjadi banyak karena dibutuhkannya pasta semen untuk melapisi permukaan butir-butir pasir. Namun, pada beton non pasir dengan menghilangkan agregat halus maka kebutuhan semen bisa dikurangi yaitu sekitar 210 kg – 230 kg semen tiap meter kubik adukan beton dibandingkan pada beton normal sebesar 280 kg – 350 kg semen tiap meter kubik adukan beton (Kardiyono, 1991). Dengan demikian penggunaan beton non pasir lebih menghemat biaya, disamping mempunyai keunggulan lain yaitu berat jenis yang sangat ringan dan mempunyai isolasi panas yang baik serta pembuatannya lebih cepat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Menurut Sudarmanto (1998), penggunaan serat kawat bendrat dengan variasi konsentrasi 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 %, dan 2 % pada beton non pasir dengan

diameter serat 1 mm dan panjang 60 mm menghasilkan kuat tekan beton maksimal pada konsentrasi 1 % dan kuat tarik beton pada konsentrasi 1,5 %.

Namun berapakah panjang serat yang optimal pada konsentrasi tersebut ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini ialah untuk mencari panjang kawat optimum yang dapat meningkatkan kuat tekan beton, kuat tarik beton dan modulus elastis beton yang maksimal. Serat kawat yang terlalu panjang akan menurunkan nilai slump sehingga pekerjaannya menjadi sulit, tetapi bila terlalu pendek tidak dapat menambah kekuatan tarik beton. Dengan demikian perlu dicari panjang kawat yang optimal. Serat bendrat dipilih pada penelitian ini karena harganya relatif murah dan mudah didapat, sehingga hasil penelitian ini mudah diterapkan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil perencanaan dan analisis pada penelitian ini di harapkan mampu menghasilkan suatu beton struktur yang baik dan dengan karakteristik sebagai berikut ini.

1. Pemakaian bahan tambah serat kawat bendrat pada adukan beton dapat meningkatkan kuat tarik, kuat tekan dan modulus elastisitas beton secara optimal.
2. Penggunaan serat kawat bendrat dengan panjang yang optimal dapat menghasilkan beton struktur dengan kuat tekan dan kuat tarik yang maksimal, dan tahan terhadap retak-retak rambut yang terjadi secara dini pada saat awal pembebanan (berat sendiri).

### 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, untuk memudahkan penelitian kami memberikan beberapa batasan masalah yang disebutkan sebagai berikut ini.

1. Jenis beton yang digunakan adalah beton non pasir dengan serat.
2. Serat yang digunakan adalah serat kawat bendrat dengan diameter 1 mm, panjang 60 mm, 80 mm dan 100 mm dengan geometri lurus.
3. Digunakan konsentrasi serat dalam kandungan beton sebesar 1 % dan 1,5 % dari berat beton.
4. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
5. Agregat yang dipakai adalah agregat batu pecah asal Clereng, Kulon Progo.
6. Digunakan semen portland type I merk Nusantara dalam kemasan 50 kg per sak.
7. Penyebaran serat dalam adukan beton dianggap random.
8. Dilakukan tiga pengujian, yaitu uji desak beton, uji belah silinder (*Split Test*) dan uji modulus elastisitas beton.

### 1.6 Hipotesa

Pada penelitian ini, kami mempunyai beberapa dugaan sementara yang akan kami kemukakan sebagai berikut ini.

1. Pemakaian panjang serat yang optimal pada beton akan mampu menaikkan kekuatan beton dan dapat memperbaiki beberapa sifat struktural beton dalam konsentrasi tertentu.
2. Peningkatan aspek rasio serat pada campuran beton akan berbanding terbalik dengan tingkat kelecakkan beton.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan pada penelitian ini terdiri dari lima bab penulisan dan disertai dengan daftar pustaka dan lampiran, yang terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, cara penelitian, hasil dan pembahasan serta kesimpulan dan saran sebagaimana yang akan kami jelaskan berikut ini.

- BAB I Bab ini berisikan tentang pendahuluan dari penulisan penelitian kami, yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesa dan sistematika penulisan.
- BAB II Bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka yang digunakan untuk menyusun konsep dan langkah-langkah penelitian dengan memuat penelitian terdahulu. Pada penelitian ini tinjauan pustaka kami terdiri dari beton serat, beton ringan, beton non pasir dan bahan penyusun beton non pasir dengan serat.
- BAB III Bab ini berisikan tentang cara penelitian yang terdiri dari bahan-bahan penelitian, alat penelitian, metodologi penelitian dan cara perhitungan analisis.
- BAB IV Bab ini berisikan tentang hasil dan pembahsan dari penelitian ini yang terdiri dari bahan susun beton dan karakteristik beton non pasir.
- BAB V Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil dan pembahasan penelitian beton non pasir dengan serat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Teknologi Beton harus terus dikembangkan sesuai dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal yang penting untuk dikembangkan adalah jenis beton, baik dari segi karakteristik ataupun dari segi bahan penyusunnya.

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas lebih mendalam tentang jenis – jenis beton seperti beton serat, beton ringan dan beton non pasir serta karakteristik beton dan bahan penyusunnya.

#### **2.1. Beton Serat**

Di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Inggris, para peneliti telah berusaha memperbaiki sifat-sifat yang kurang baik dari beton dengan cara menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton. Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random, sehingga dapat mencegah terjadinya retak-retak beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun pembebanan (Soroshian & Bayasi, 1987). Dengan demikian kemampuan bahan untuk menahan tegangan-tegangan dalam ( aksial, lentur dan geser) yang terjadi akan jauh lebih besar.

Beberapa macam bahan fiber yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton telah ditentukan oleh ACI Committe (1982) dan Soroshian & Bayasi (1987). Bahan fiber tersebut adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), kaca (*glass*), karbon (*carbon*). Untuk keperluan non struktural, fiber dari bahan alam (seperti ijuk atau serat tumbuhan-tumbuhan lainnya), juga dapat dipakai. Hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukan bahwa sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki (Suhendro, 1998) adalah :

- a. daktilitas (*Ductility*) yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*Energy Absorbtion*),
- b. ketahanan terhadap beban kejut (*Impact Resistant*),
- c. kemampuan menahan tarik dan momen lentur,
- d. ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Life*),
- e. ketahan terhadap pengaruh susut (*Shrinkage*), dan
- f. ketahan terhadap ausan (*Abration*), fragmentasi dan *Spalling*.

Fiber dari plastik dan kaca mempunyai kekurangan yaitu sifat-sifat mekanikanya (*mechanical propertis*) untuk jangka panjang tidak dapat bertahan lama. Disamping itu serat plastik mempunyai nilai modulus elastisnya rendah, titik leleh yang rendah sehingga mudah terbakar, lekatan (*Bond*) yang jelek terhadap adukan. Kekurangan lain dari fiber kaca adalah harganya yang relatif lebih mahal.

Fiber dari karbon pada pencampurannya akan mengalami kesulitan karena serat karbon mempunyai diameter yang sangat kecil ( $\pm 0.02$  mm). Dari berbagai macam fiber di atas disajikan ke dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Jenis Serat dan Spesifikasinya ( Soroushian dan Bayasi,1987 dalam Suhendro,1998)

<i>Fibers</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Tensile Strenght (Ksi)</i>	<i>Young's Modulus (10<sup>3</sup> Ksi)</i>	<i>Common Volume Fraction</i>	<i>Common Diameter (in)</i>	<i>Common Length (in)</i>
<i>Steel</i>	7.86	100 – 300	30	0.75 - 3	0.0005 – 0.04	0.5 – 1.5
<i>Glass</i>	2.70	Up to 180	11	2 – 8	0.004 – 0.03	0.5 – 1.5
<i>Plastic</i>	0.91	Up to 100	0.14 – 1.20	1– 3	Up to 0.1	0.5 – 1.5
<i>Carbon</i>	1.60	Up to 100	Up to 7.2	1 – 5	0.0004 – 0.0008	0.02 – 0.5

Pada penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan serat-serat pada adukan beton akan meningkatkan kuat tarik beton sehingga mampu menahan retak yang terjadi. Pada penelitian Rahman (1972 dalam Sudarmoko, 1991) dengan memakai serat baja dan serat polypropylene menghasilkan bahwa penambahan serat baja akan menghasilkan kuat tarik lebih tinggi dari pada serat polypropylene, hal ini di sebabkan karena lekatan antara serat polypropylene pada beton tidak terjadi dengan baik, ini terlihat pada pemeriksaan tampang pecah banyak serat polypropylene yang putus dan tercabut dari beton. Penelitian ini juga mengamati penambahan serat pada adukan akan meningkatkan pembentukan kuat tarik berhubungan dengan waktu. Peningkatan kuat tarik untuk mortar dan beton dengan agregat 10 mm akan proporsional, sedangkan dengan agregat 20 mm peningkatan kuat tarik akan lambat pada dua jam pertama diikuti dengan suatu loncatan pada jam yang ketiga.

Penelitian Sudarmoko (1991), tentang beton serat dengan menggunakan serat kawat bendrat yang dipotong 2,5 – 3 cm dan bergeometri lurus, mempunyai beberapa kesimpulan, yaitu :

- a. Pada proses pengadukan beton serat akan terjadi penggumpalan (*Balling Effect*),
- b. Penambahan serat kedalam adukan akan menurunkan nilai slump. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan pasta semen dan *superplasticizer*,
- c. Makin tinggi konsentrasi serat, makin tinggi pula kebutuhan semen agar didapat nilai slump yang konstan,
- d. Penambahan serat bendrat ke dalam adukan akan mempertinggi kuat tarik beton, makin tinggi konsentrasi serat makin tinggi pula peningkatan kuat tariknya, dan
- e. Tegangan tarik yang terjadi akibat beban akan ditahan oleh tegangan lekat antara serat dan beton.

Penelitian Sudarmanto (1998), penelitian beton non-pasir dengan menggunakan serat kawat bendrat panjang 60 mm berdiameter 1 mm dan konsentrasi serat 0 % - 2 % berat adukan, dan agregat yang dipakai pecahan genting. Menunjukkan bahwa konsentrasi 1,5 % dapat meningkatkan kuat tekan optimum sedangkan pada konsentrasi 1 % dapat meningkatkan kuat tarik beton optimum. Penelitian ini berkesimpulan bahwa panjang serat dan konsentrasi serat dalam adukan beton sangat berpengaruh pada kelecakan adukan beton.

## 2.2. Beton Ringan

Menurut Neville (1975) dan Gambhir (1986, dalam Kardiyono,1991), Murdock dan Brook (1979 dalam Kandar, 1995) jenis beton ringan (*Lightweight Concrete*) dapat dibuat dengan tiga cara, yaitu :

- a. agregat halus yang ringan, atau keduanya dipakai,

- b. Beton rongga, adalah dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam beton dengan cara memberi bahan tambahan tertentu pada adukan beton, dan
- c. Beton non-pasir (*No - Fines Concrete*), adalah dengan menghilangkan agregat halus sehingga terdapat rongga yang terdistribusi merata diantara butir-butir agregat kasar.

Beton ringan adalah dengan menggunakan agregat kasar yang ringan.

Beton ringan mempunyai berat jenis di bawah  $2,0 \text{ t/m}^3$ , menurut Neville (1975) beton ringan menurut berat jenisnya secara kasar dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a. beton ringan dengan berat jenis antara  $0,3 - 0,8 \text{ t/m}^3$  pada umumnya digunakan untuk bahan isolasi,
- b. beton ringan dengan berat jenis antara  $0,8 - 1,4 \text{ t/m}^3$  pada umumnya digunakan untuk struktur ringan, dan
- c. beton ringan dengan berat jenis antara  $1,4 - 2,0 \text{ t/m}^3$  digunakan untuk struktur sedang.

Menurut Ghambir (1986) beton ringan mempunyai beberapa kelebihan dalam sifat-sifatnya, yaitu ringan, tidak menghantarkan panas, tahan api, mudah dikerjakan, awet, mudah dibuat, isolasi suara yang kurang baik dan harganya murah, sebagaimana penjelasan berikut ini.

#### 1. Ringan.

Berat jenis beton normal berkisar antara  $2,3 - 2,5 \text{ t/m}^3$ , sedangkan beton ringan mempunyai berat jenis di bawah  $2,0 \text{ t/m}^3$ . Beton yang sangat ringan

biasanya baik dipakai untuk bahan isolasi, sedangkan beton yang tidak begitu ringan dapat digunakan untuk struktur ringan.

2. Tidak menghantarkan panas.

Beton ringan mempunyai nilai isolasi panas sebesar 3 – 6 kali bata dan sekitar 10 kali beton normal. Dinding tembok setebal 200 mm yang terbuat dari beton ringan dengan berat jenis  $0,8 \text{ t/m}^3$  mempunyai tingkat isolasi yang sama dengan dinding bata setebal 400 mm yang berat jenisnya  $1,6 \text{ t/m}^3$ .

3. Tahan api.

Beton ringan mempunyai sifat yang baik sekali dalam menahan bahaya kebakaran. Sifatnya yang tidak baik dalam menghantarkan panas membuat beton ringan itu amat baik untuk melindungi bagian struktur dari pengaruh api.

4. Mudah dikerjakan.

Beton dapat dengan mudah digergaji, dipotong, dibor atau dipaku. Perbaikan setempat juga mudah dilakukan tanpa merusak bagian yang lain yang tidak diperbaiki.

5. Keawetan.

Karena beton ringan biasanya bersifat tidak kedap air, maka pada beton ini dapat terjadi karat pada baja tulangan sebagaimana terjadi pada beton normal. Oleh karena itu baja tulangan yang dipakai harus diberi lapisan khusus untuk mencegah terjadinya korosi.

6. Kecepatan pembuatan.

Beton ringan ini dapat dengan mudah dibuat di pabrik, maka sangat mungkin merancang struktur dengan dasar konsep koordinasi modul.

7. Bahan isolasi suara yang kurang baik.

Beton ringan jika dipakai sebagai bahan isolasi suara tidak sebaik beton normal yang lebih padat.

#### 8. Harga murah.

Karena beratnya yang ringan dan nilai banding antara kuat tekan dan berat jenisnya kecil maka pemakaian beton jenis ini akan membuat pemakaian baja tulangan menjadi sedikit. Struktur pelat komposit yang menggunakan blok beton bertulang menghasilkan pemakaian semen dan baja tulangan sedikit, sehingga harga pembuatan struktur plat lantai dan plat atap dapat dihemat, penghematannya antara 15 – 20 % dibandingkan jika dibuat dengan plat beton normal bertulang.

Menurut Ghambir (1986), penggunaan beton ringan dalam berbagai bangunan struktur telah banyak dikerjakan, antara lain dinding tembok struktural, tembok penyekat antar ruang (biasanya berupa panel-panel beton bertulang), dinding isolasi pada gedung-gedung terutama pada bangunan perindustrian.

### 2.3. Beton Non - Pasir

Salah satu jenis beton ringan ialah beton non – pasir (*no- fines concret*), yaitu beton yang hanya dibuat dari campuran air, semen portland dan krikil tanpa pasir ( Neville, 1975 dan Ghambir, 1986). Dengan demikian beton non pasir ini merupakan suatu gumpalan butir-butir krikil yang saling melekat. Krikil tersebut dapat saling melekat karena terlapisi oleh pasta semen dengan ketebalan sekitar 1,3 mm. Adanya rongga-rongga diantara butir-butir krikil itu mengakibatkan kekuatan beton berkurang, dan berat jenisnya menurun.

### 2.3.1. Karakteristik Kekuatan Beton Non Pasir

Beton non pasir mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari beton normal, akan tetapi karena bobotnya yang ringan mengakibatkan berat sendirinya lebih rendah. Salah satu contohnya di Jerman telah dibangun gedung delapan lantai dengan menggunakan beton non pasir dengan adukan kaya semen (Murdock dan Brook, 1979).

Berat jenis ( $B_j$ ) beton non pasir antara 60 – 75 % dari beton normal (Raju, 1983). Dan menurut Macintosh (1956 dalam Kandar, 1995) berat jenis beton non pasir antar 1,6 – 2,0 t/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan antara 1,4 – 14 MPa, maka berat jenis beton non pasir lebih ringan dari bata beton pejal yang mempunyai berat jenis 2,2 t/m<sup>3</sup> maupun batu cetak beton untuk pasangan tembok yang berat jenisnya 2,0 t/m<sup>3</sup> (Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia, 1982). Dengan demikian jika beton non pasir dipakai untuk mengganti bata beton pejal atau batu cetak beton maka beban mati menjadi lebih kecil sehingga dapat menghemat biaya struktur. Selain itu biaya pembuatan beton non pasir ini juga dapat lebih murah karena hanya membutuhkan semen portland sedikit, hal ini terjadi karena tidak diperlukannya pasta semen untuk melapisi butir-butir pasir. Selain kebaikan tersebut, pada beton non pasir tidak terjadi segregasi karena tidak menggunakan pasir sehingga memungkinkan untuk dituang dari tempat yang tinggi.

Kuat tekan beton non pasir dipengaruhi oleh gradasi agregat, suhu, jenis dan jumlah semen, dan faktor air semen, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

a. Gradasi agregat.

Menurut Raju (1983), agregat yang umumnya dipakai gradasinya berukuran 10 – 20 mm, walaupun ukuran-ukuran yang lain dapat digunakan. Penggunaan agregat kasar dan bersudut akan menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi dari pada menggunakan agregat permukaan halus. Menurut Neville (1975) agregat yang mempunyai gradasi baik dan butiran kasar akan menghasilkan beton rongga dengan berat jenis yang sekitar 10 % lebih tinggi dari pada menggunakan agregat kasar dengan gradasi seragam. Butiran gradasi yang baik (gradasi tidak seragam) dapat memadatkan campuran, sehingga dapat menaikkan berat jenis dan kuat tekan beton non pasir. Tetapi jika menginginkan berat jenis yang lebih rendah digunakan agregat kasar bergradasi seragam.

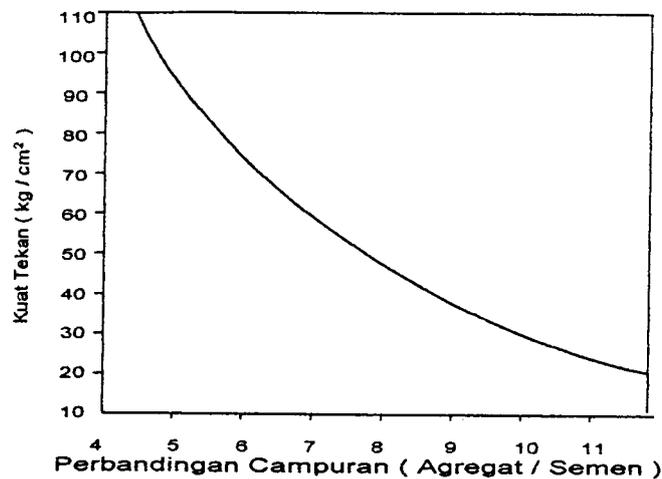
Efisiensi perawatan beton non pasir, kekuatan dapat berkurang karena pengeringan sebelum waktunya. Benda uji sebaiknya di rawat dalam air atau dibasahi terus menerus, kemudian pengeringannya di udara bebas. Umur yang cukup dalam perawatan dapat memberikan kekuatan beton non pasir sejalan dengan bertambahnya umur sampai beberapa tahun.

b. Suhu.

Suhu dapat mempengaruhi pengerasan beton, karena kecepatan dapat bertambah bila suhu bertambah.

c. Jenis dan jumlah semen.

Jenis dan jumlah semen portland per meter kubik akan mempengaruhi kekuatan beton non pasir, seperti pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Hubungan antara kuat tekan dan perbandingan berat agregat semen pada beton non pasir pada fas 0,4 (Sumartono, 1993 dalam Kandar, 1995)

d. Faktor air semen (fas) .

Fas mempengaruhi kemudahan pengerjaan, fas yang terlalu besar menyebabkan pasta semen mengalir ke bawah meninggalkan agregat, tetapi jika fasnya terlalu rendah pasta semen tidak cukup untuk mengikat agregat dan pekerjaannya menjadi sulit sehingga beton tidak dapat dipadatkan dengan baik (Raju, 1983 dalam Kardiyono, 1991).

Faktor air semen optimum yang sesuai untuk perbandingan agregat semen tertentu berguna sekali untuk menentukan perbandingan campuran adukan beton non pasir. Nilai fas yang optimal untuk agregat tertentu dan perbandingan agregat semen tertentu sulit diperkirakan, sehingga harus diadakan percobaan (McIntosh, 1956 dalam Kardiyono, 1991). Menurut penelitian Tjokrodimulyo (1992), faktor air semen optimal adalah sekitar 0,4 yang menghasilkan kuat tekan tertinggi untuk berbagai macam komposisi volume agregat - semen.

### **2.3.2. Perbandingan Campuran Beton Non Pasir**

Menurut McIntosh (1956) beton non pasir hanya menggunakan semen sedikit yaitu untuk melapisi permukaan agregat kasar saja sehingga harganya relatif murah. Pemakaian semen sekitar 70 – 130 kg per meter kubik adukan beton. Dari penelitian Kardiyono (1992) dengan menggunakan pecahan genteng keramik asal Kebumen dengan ukuran agregat 5 – 40 mm, perbandingan volume agregat genteng : semen yaitu 6 : 1, ternyata kebutuhan semen antara 200 – 220 kg per meter kubik beton dan dapat menghasilkan kuat tekan rata-rata 6 MPa. Dengan perbandingan untuk beton normal dipakai semen minimal 275 kg per meter kubik.

Menurut penelitian Sudarmanto (1998), tentang penambahan serat kawat bendrat terhadap daktilitas pada beton non pasir dengan agregat pecahan genteng, dengan menggunakan perbandingan berat semen agregat 1 : 4 menghasilkan proporsi campuran yang ideal.

Menurut Raju (1983), proporsi antara semen dan air pada beton non pasir lebih ditentukan oleh perlunya mencapai keseragaman struktur, yaitu dengan terlapisnya setiap butir agregat oleh pasta semen dari pada keperluan kuat tekannya.

### **2.4. Kebutuhan Bahan Penyusun Beton Non Pasir**

Bahan penyusun beton non pasir merupakan suatu bahan bangunan yang diperoleh dengan cara mencampur semen portland, krikil dan air. Bahan penyusun beton tersebut dicampur sehingga diperoleh suatu adukan yang homogen, kemudian dituang pada suatu cetakan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Sifat campuran tersebut akhirnya akan mengeras karena terjadi proses kimiawi antara

semen portland dan air.

Dalam perancangan adukan beton non pasir didasarkan atas nilai perbandingan agregat kasar semen dan fas yang menentukan kekuatan yang dihasilkan. Proporsi bahan-bahan tersebut harus mempertimbangkan kebutuhan bahan, sehingga menghasilkan beton non pasir yang homogen dan setiap butir agregat tersebut terlapsi oleh pasta semen (Kardiyono,1992). Beton non pasir di susun oleh semen portland, agregat kasar dan air.

#### **2.4.1. Semen Portland.**

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker-klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982).

Fungsi semen adalah merekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak, walaupun hanya mengisi  $\pm 10\%$  dari volume beton dan semen sebagai bahan yang aktif. Penggunaan semen harus dikontrol dengan baik (Kardiyono, 1996).

#### **2.4.2. Agregat**

Fungsi agregat sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar yang hanya menempati 70 % volume beton, sehingga pemilihan agregat merupakan hal penting dalam pembuatan beton.

Pengaruh agregat kasar terhadap beton non pasir yang mempunyai gradasi butir baik akan menghasilkan beton rongga dengan berat jenis 10 % lebih tinggi dari pada agregat yang mempunyai gradasi butir seragam.

### 2.4.3. Air

Air selain berfungsi sebagai pelumas antara butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan, air juga diperlukan untuk bereaksi dengan semen. dalam proses hidrasi air diperlukan sekitar 25 % dari berat semen (Kardiyono, 1996).

Jumlah penggunaan air dalam adukan beton harus dibatasi karena sangat berpengaruh pada kekuatan beton. Selain itu air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air (Kardiyono, 1996) yaitu :

- a. tidak mengandung lumpur (benda melayang) lebih dari 2 gram per liter,
- b. tidak mengandung garam - garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 1,5 gram per liter,
- c. tidak mengandung klorid lebih dari 0,5 gram per liter, dan
- d. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

Secara umum air dapat dipakai untuk bahan penyusun beton adalah air yang apabila dipakai dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % leluatan beton dengan memakai air suling. Air yang dapat diminum manusia biasanya dapat juga dipakai untuk bahan campuran beton.

### 2.5. Serat

Serat dalam adukan beton berfungsi dalam mengatasi retak-retak yang mungkin akan terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik sehingga kuat tarik beton serat dapat lebih tinggi dari pada beton normal. Jenis serat yang dapat ditambahkan sangat bervariasi, mulai dari bahan, panjang, diameter maupun bentuk seratnya. Jenis serat dapat dari serat alami yang sangat murah, seperti

serat ijuk, serat rami, ampas tebu dan sebagainya, maupun serat buatan seperti *steel fibres*, *polypropylene fibres*, *glass fibers*, *bronze fibres* dan *carbon fibers* yang sangat mahal. Setiap jenis serat mempunyai keuntungan dan kerugian sendiri-sendiri, tergantung dari tujuan pemakaiannya.

Serat polypropylene dapat mempertinggi kuat impak beton, tetapi modulus elastisitas yang rendah, lekatan yang jelek dengan beton dan titik nyala yang rendah menghalangi pemakaian serat polimer.

Serat karbon dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan terhadap retak, regangan retak serta kuat batas pasta semen atau mortar, tetapi kelemahannya 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 akan terjadi penggumpalan (*balling effect*) sehingga diperlukan penanganan khusus.

Demikian juga konsentrasi serat dalam adukan dapat bermacam-macam yang kesemuanya akan membawa akibat perubahan sifat-sifat struktural beton. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian untuk melihat pengaruh penambahan serat – serat ini dan prospek pemakain struktur beton serat untuk masa yang akan datang.

Aspek rasio serat yang tinggi akan menyebabkan serat cenderung untuk menggumpal menjadi suatu bola (*balling effect*) yang sangat sulit disebarkan secara merata dalam proses pengadukan beton. Pada penelitian Briggs dan kawan-kawan (1974, dalam Sudarmoko, 1993) meneliti bahwa batas minimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan pengadukan dapat dilakukan dengan mudah

adalah  $\frac{L}{D} < 100$ , jika melampaui batas tersebut maka akan menyebabkan kesulitan

dalam pengadukan.

Kendala yang dihadapi dalam pemakaian beton serat, terutama serat-serat buatan adalah belum tersedianya serat-serat tersebut di pasaran bahan konstruksi. Dengan memakai dasar pemikiran pemakaian serat, dalam diusahakan suatu bentuk atau jenis serat dari bahan yang terdapat di Indonesia yang dapat digunakan, yaitu potongan-potongan kawat bendrat yang biasa dipakai untuk mengikat tulangan dan disamping harganya yang relatif murah.

## 2.6. Modulus Elastisitas

Menurut Ferguson (1986, dalam Sudarmanto, 1998) mengemukakan bahwa mulai tegangan 0 – 0,5 tegangan maksimum beton masih bersifat elastis, dan hubungan antara tegangan regangan beton hampir linier untuk berbagai kuat tekan beton, pada daerah ini hukum Hooke dapat dianggap masih berlaku. Kemiringan garis melalui tegangan 0 – 0,5 tegangan maksimum merupakan nilai modulus elastisitas beton.

Menurut ACI 318M-83 (dalam Ilham, 1997) besarnya regangan pada tegangan maksimum hampir sama untuk berbagai kuat tekan beton yaitu sekitar 0,002. Hubungan antara tegangan regangan untuk berbagai kuat tekan silinder menurut ACI adalah :

$$E_c = \gamma^{1.5} \times 0.045 \sqrt{f_c}, \text{ untuk } B_j \text{ beton antara } 1500 - 2500 \text{ kg/m}^3, \quad (2.1)$$

dengan :

$$\gamma = B_j \text{ beton ( kg/m}^3), \text{ dan}$$

$$f_c = \text{kuat tekan beton (kg/m}^2).$$

## **BAB III**

### **CARA PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, akan didesain suatu campuran beton non pasir dengan serat dengan menggunakan bahan – bahan berupa semen, agregat kasar, air dan serat kawat bendrat. Sedangkan alat – alat penelitian yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta (BKT FTSP UII).

Dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium tersebut akan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan dan pemeriksaan bahan. Selanjutnya, diteruskan dengan perencanaan campuran beton non pasir.

#### **3.1 Bahan Penelitian**

Pada penelitian ini, perencanaan campuran adukan beton non pasir dengan serat menggunakan perbandingan berat semen agregat 1 : 4 dengan faktor air semen 0,4. Campuran adukan beton non pasir dengan serat terdiri dari semen portland, air, agregat kasar dan serat bendrat dengan panjang 6 cm, 8 cm dan 10 cm.

##### **3.1.1 Semen Portland**

Pada penelitian ini digunakan semen portland tipe I merk Nusantara dalam kemasan 50 kg per zak.

### **3.1.2 Agregat Kasar**

Agregat kasar yang digunakan adalah split ukuran 10 – 20 mm yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Ukuran tersebut didapat dari hasil penyaringan dengan menggunakan ayakan yang terdapat di laboratorium.

### **3.1.3 Air**

Pada penelitian ini air yang digunakan berasal dari instalasi air di laboratorium BKT FTSP UII.

### **3.1.4 Serat Kawat Bendrat**

Pada penelitian ini, serat kawat bendrat dipotong dalam tiga variasi dan bergeometri lurus, variasinya adalah 6 cm, 8 cm dan 10 cm dan jumlah konsentrasi dalam adukan beton adalah 1 % dan 1,5 %.

### **3.1.5 Bensin**

Pada penelitian ini bensin digunakan untuk mencuci kawat bendrat yang telah dipotong agar tidak berminyak dan tidak berkarat.

## **3.2 Alat Penelitian**

Pada penelitian kali ini alat-alat yang dipakai berasal dari Laboratorium BKT FTSP UII Yogyakarta. Alat-alat tersebut seperti yang disebutkan di bawah ini, yaitu :

- a. gelas Ukur, yang dipakai untuk mengukur volume air yang akan dipakai,
- b. timbangan , untuk mengukur berat semen portland, split dan serat bendrat,
- c. neraca Ohaus, untuk mengukur berat lisinder beton,
- d. kalifer dan jangka sorong, untuk mengukur dimensi silinder beton,

- e. tang, untuk pemotong kawat bendrat,
- f. ayakan, untuk menyaring split dengan ukuran 9,5 mm dan 19,5 mm,
- g. nampan Baja, untuk tempat mencuci split,
- h. molen, untuk mengaduk campuran beton agar didapat hasil yang homogen,
- i. cetakan silinder, untuk mencetak sampel. Berukuran tinggi 300mm dan diameter 150 mm,
- j. krucut Abrams dan tongkat baja, untuk mengukur nilai slump beton,
- k. bak air, untuk merendam benda uji sejak dibuka dari cetakan sampai seminggu sebelum pengujian,
- l. ember besar, untuk pengukuran volume rongga sampel,
- m. tali rafia dan kawat, untuk pengukuran volume rongga sampel, dan
- n. mesin uji tekan merk *Control*, untuk mengetahui kuat tarik dan kuat desak beton.

### **3.3 Metodologi Penelitian**

Pada penelitian ini dimulai dengan pemeriksaan bahan susun beton hingga pengujian sampel silinder beton. Secara garis besar pelaksanaan penelitian terdiri dari tahap persiapan dan pemeriksaan bahan, perencanaan campuran, pembuatan benda uji dan pengujian.

#### **3.3.1 Tahap Persiapan dan Pemeriksaan Bahan**

Langkah persiapan dan pemeriksaan bahan susun beton meliputi pemeriksaan agregat dan persiapan serat, sebagaimana yang akan kami uraikan berikut ini.

### 3.3.1.1 Pemeriksaan Agregat

Pada pemeriksaan agregat ini meliputi pencucian agregat, penyaringan agregat dan pemeriksaan berat jenis agregat, seperti yang akan diterangkan berikut ini.

#### 1. Pencucian agregat.

Pencucian agregat dengan cara agregat ditebarkan pada nampan baja yang berukuran 1 x 2 meter yang diletakkan pada posisi agak miring, dan agregat dicuci dengan cara disemprotkan air secara berulang-ulang sampai kandungan lumpur dan pasirnya hilang.

#### 2. Penyaringan agregat.

Setelah agregat dicuci, dilakukan penyaringan agregat dengan menggunakan ayak, sehingga didapatkan agregat yang lolos ayakan ukuran 19,5 mm dan tertahan ayakan 9,5 mm.

#### 3. Pemeriksaan berat jenis agregat.

Berat jenis adalah perbandingan antara berat bahan dengan berat air pada volume yang sama. Langkahnya adalah agregat yang dalam keadaan jenuh kering muka atau *Saturated Surface Dry* (SSD) ditimbang sebagai  $W$ , kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisi air sebagai  $V_1$ , lalu diukur sebagai  $V_2$ . Kemudian diukur berat jenisnya ( $B_j$ ) dengan rumus :

$$B_j = \frac{W}{V_2 - V_1} \quad (3.1)$$

### 3.3.1.2 Persiapan Serat

Persiapan serat yang akan digunakan terdiri dari pemotongan serat dan pencucian serat, seperti yang akan dijelaskan di bawah ini.

#### 1. Pemotongan serat.

Pemotongan serat kawat bendrat terdiri dari tiga macam variasi panjang yaitu 6 cm, 8 cm dan 10 cm. Semuanya bergeometri lurus. Pemotongan serat kawat bendrat dilakukan dengan cara manual menggunakan tang, tetapi diusahakan kedua ujung kawat tetap lurus.

#### 2. Pencucian serat.

Pencucian serat kawat bendrat dilakukan untuk menghilangkan minyak oli yang terdapat dikawat dengan menggunakan minyak bensin, dan ini juga bisa mengurangi karat pada kawat karena terkena air.

### 3.3.2 Perencanaan Campuran Bahan Susun Beton Non-Pasir

Pada penelitian ini dipakai faktor air semen 0,4 dengan perbandingan berat semen agregat 1 : 4. Agregat yang dipakai ukuran 10 mm – 20 mm dengan konsentrasi serat 1% dan 1,5 % (Lampiran 7). Dengan kebutuhan bahan tiap adukan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Kebutuhan Bahan per Adukan.

No.	Kandungan Serat (%)	Panjang Serat (cm)	Agregat (Kg)	Semen (Kg)	Air (Lt)	Serat (Kg)
1.	1	10	39,587	9,883	3,953	3,205
	1,5	10	39,587	9,883	3,953	4,808
2.	1	8	39,587	9,883	3,953	3,205
	1,5	8	39,587	9,883	3,953	4,808
3.	1	6	39,587	9,883	3,953	3,205
	1,5	6	39,587	9,883	3,953	4,808

### 3.3.3 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Setelah perencanaan campuran selesai maka dilakukan pembuatan benda uji. Setelah benda uji berusia 28 hari dilakukan pemeriksaan berat jenis dan volume rongga beton, selanjutnya dilakukan pengujian.

#### 3.3.3.1 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mempersiapkan bahan susun beton, pengadukan, pencetakan dan perawatan, seperti yang diterangkan di bawah ini.

1. Persiapan bahan susun beton, yaitu :
  - a. membuat agregat dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) dengan cara direndam dalam air selama semalam, kemudian diangin-anginkan selama  $\pm 1$  jam,
  - b. menimbang bahan-bahan susun beton non-pasir, yaitu semen, agregat, air dan serat, dan
  - c. mempersiapkan cetakan silinder, yaitu dengan mengoleskan minyak olie pada cetakan agar beton tidak melekat pada cetakan.
2. Pengadukan dan pencetakan.

Pengadukan dilakukan dengan mesin pengaduk (*molen*) supaya didapatkan campuran yang homogen. Bahan-bahan susun beton dimasukan secara berturut-turut agregat, semen, air dan serat dimasukan secara sedikit demi sedikit. Dengan disebar merata untuk mendapatkan campuran serat yang random di seluruh adukan. Pengadukan dilakukan sebanyak enam kali dengan jenis campuran yang

berbeda. Masing –masing adukan untuk enam silinder beton, dengan perincian 3 untuk uji kuat desak beton dan 3 lagi untuk uji kuat tarik beton.

### 3. Perawatan.

Beton yang telah dicetak dibiarkan selama 24 jam, kemudian cetakan dibuka dan sempel silinder direndam dalam bak air sampai  $\pm$  seminggu sebelum pengujian.

### 4. Pengukuran dimensi dan pembuatan *capping*.

Sebelum pengujian, benda uji diukur tinggi, diameter dan beratnya. Kemudian dilakukan perataan permukaan silinder beton dengan belerang yang telah dicairkan agar pada saat pengujian benda uji mendapatkan beban yang merata pada seluruh permukaan silinder dan didapatkan data yang lebih baik.

#### **3.3.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Volume Rongga Beton Non-Pasir**

Pemeriksaan berat jenis ( $B_j$ ) beton non-pasir dilakukan dengan menimbang silinder beton dan mengukur volume silinder beton. Sedangkan volume rongga beton diketahui dengan menimbang berat ember berisi air, berat ember berisi air dan ditambah silinder beton yang tergantung dan terbenam dalam air. Dan mengukur volume silindernya.

#### **3.3.3.3 Pengujian Kuat Desak Beton dan Kuat Tarik Beton**

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dilakukan pada usia beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat uji desak merk *Controls* dengan pengujian kuat tarik dengan cara membaringkan silinder beton dan memberikan tekanan pada arah sumbu memanjang silinder.

### 3.4 Cara Analisis

Pada tahap ini kami menggunakan beberapa formula yang telah umum digunakan dengan perincian seperti dibawah ini.

#### 3.4.1 Berat Jenis Agregat Jenuh Kering Muka ( $B_j$ )

$$B_j = \frac{W}{V_2 - V_1} \quad (3.2)$$

dengan :  $W$  = berat agregat SSD (kg),

$V_1$  = berat gelas ukur berisi air (cc), dan

$V_2$  = berat gelas ukur berisi air ditambah agregat (cc).

#### 3.4.2 Berat Jenis Beton Non-Pasir

$$B_j = \frac{W_s}{V_s} \quad (3.3)$$

dengan :  $W_s$  = berat silinder (kg), dan

$V_s$  = volume silinder (cm<sup>3</sup>).

#### 3.4.3 Volume Rongga ( $V_r$ )

$$V_r = \frac{V_s - V_a}{V_s} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

dengan :  $V_s$  = volume silinder (cm<sup>3</sup>), dan

$V_a$  = volume air terbuang (cm<sup>3</sup>).

#### 3.4.4 Nilai Kuat Tekan Beton ( $f^c$ )

$$f^c = \frac{F}{A} \quad (3.5)$$

dengan :  $f^c$  = kuat tekan beton (MPa),

$F$  = beban maksimal (N), dan

$A$  = luas permukaan silinder ( $\text{mm}^2$ ).

### 3.4.5 Nilai Kuat Terik Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{2F}{\pi L d} \quad (3.6)$$

dengan :  $f_c$  = kuat tekan beton (MPa),

$F$  = beban masimal yang tertahan (N),

$L$  = tinggi silinder (mm), dan

$D$  = diameter silinder (mm).

### 3.4.6 Nilai Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

Untuk berat jenis beton antara  $1500 - 2500 \text{ kg/m}^3$  (Sudarmanto, 1998)

$$E_c = \gamma^{1,5} \cdot 0,045 \sqrt{f'_c} \quad (3.7)$$

dengan :  $f'_c$  = kuat desak beton ( $\text{kg/cm}^2$ ), dan

$\gamma$  = berat jenis beton ( $\text{kg/m}^3$ ),

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian yang telah dilaksanakan dari tanggal 12 April sampai 7 Juni 2000 di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (BKT FTSP UII), kami mendapatkan hasil dari bahan susun beton non pasir dengan serat yang terdiri dari air, semen, agregat dan serat seperti yang akan dijelaskan di bawah ini.

Pada penelitian ini, pembahasan hasil uji beton non pasir dengan serat berupa berat jenis, volume rongga, kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas.

#### **4.1. Bahan Susun Beton**

Bahan susun beton non pasir dengan serat terdiri dari air, semen, agregat dan serat. Pada umumnya bahan susun beton tersebut dalam kondisi yang baik.

##### **1. Air.**

Setelah dilakukan pengamatan secara visual, air untuk campuran adukan beton non-pasir yang berasal dari instalasi air di Laboratorium BKT FTSP UII tidak berwarna dan tidak berbau. Sehingga air tersebut dinyatakan memenuhi syarat untuk bahan campuran beton.

##### **2. Semen.**

Bahan semen yang digunakan adalah semen portland type I merk Nusantara dalam kemasan 50 kg per sak. Pengamatan secara visual semen dalam

keadaan baik, yaitu tidak menggumpal dan berbutir halus. Dengan demikian semen tersebut dalam kondisi yang baik.

### 3. Agregat.

Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini adalah split yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, dengan ukuran 10 mm – 20 mm. Setelah dilakukan pencucian split untuk menghilangkan kandungan lumpur dan penyaringan dengan saringan ukuran 19,5 mm dan 9,5 mm, kemudian dilakukan uji berat jenis agregat (Lampiran 1) didapatkan hasil  $2,662 \text{ gr/cm}^3$ .

### 4. Serat.

Serat bendrat yang dipakai adalah serat bendrat lokal yang banyak terdapat di toko-toko bahan bangunan dan dipotong dalam tiga variasi, yaitu panjang 6 cm, 8 cm dan 10 cm dengan geometri lurus. Setelah dilakukan pemotongan serat bendrat, serat yang diketahui bengkok atau berkait langsung diluruskan dan setelah itu dilakukan pencucian serat dengan menggunakan minyak bensin untuk menghilangkan minyak oli yang terdapat pada serat.

## 4.2 Beton Non-Pasir Dengan Serat

Pengujian beton non pasir dengan serat dilakukan pada sampel yang berusia 28 hari, pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik beton. Tetapi, sebelum dilakukan pengujian dilakukan pengujian berat jenis dan volume rongga beton.

### 4.2.1 Berat jenis beton non-pasir

Pengamatan berat jenis beton non pasir (Lampiran 3) dilakukan setelah beton berumur  $\pm 26$  hari, di mana setelah pengukuran dimensi silinder dan berat

silinder beton (Tabel 4.1 dan 4.2). Hasil penelitian berat jenis beton non pasir dengan menggunakan perbandingan berat semen agregat adalah 1: 4 dan fas 0,4 dengan variasi panjang serat kawat bendrat 6 cm, 8cm dan 10 cm pada kosentrasi 1 % dan 1,5 %.

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran dimensi sampel kosentrasi serat 1 %.

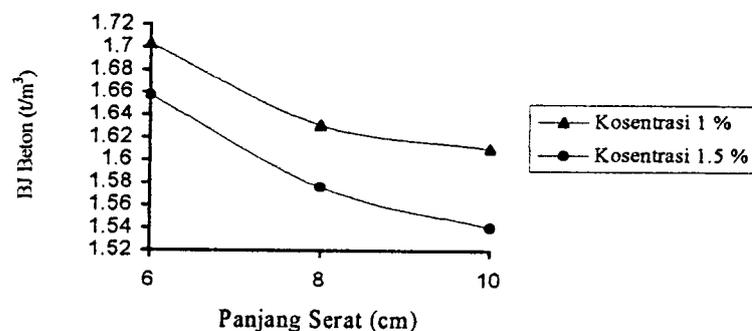
KODE	TINGGI (cm)	DIAMETER (cm)	BERAT (kg)	Volume Sampel (cm <sup>3</sup> )
SS1	30,52	15,1	8,612	5465,48
SS2	30,33	14,98	8,648	5345,46
SS3	30,1	14,92	8,695	5262,58
SS4	30,56	14,7	8,764	5186,60
SS5	30,12	15,28	7,556	5523,26
SS6	30,32	14,77	9,135	5194,90
SD1	30,12	14,76	8,627	5153,60
SD2	30,03	15,145	8,635	5411,61
SD3	29,92	15,09	9,015	5350,91
SD4	29,79	15,07	8,479	5313,53
SD5	29,87	15,40	8,357	5433,74
SD6	30,45	15,18	9,02	5510,95
SE1	30,24	14,945	9,088	5306,52
SE2	30,77	15,235	9,362	5609,22
SE3	30,355	15,230	9,533	5516,31
SE4	30,375	15,190	9,517	5505,04
SE5	30,400	15,025	9,127	5390,07
SE6	30,745	15,040	9,205	5462,98

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran dimensi sampel kosentrasi 1,5 %.

KODE	TINGGI (cm)	DIAMETER (cm)	BERAT (kg)	VOLUME (cm <sup>3</sup> )
LS1	30,68	14,97	8,210	5399,98
LS2	30,10	14,80	8,512	5178,22
LS3	30,62	15,27	9,120	5607,60
LS4	30,53	15,08	8,710	5537,83
LS5	30,75	15,08	8,775	5492,14
LS6	30,25	15,02	8,473	5359,89
LD1	30,54	14,93	8,512	5346,58
LD2	30,45	15,01	8,643	5388,14
LD3	30,43	15,08	8,677	5434,98
LD4	30,50	15,03	8,327	5411,40
LD5	30,14	14,91	8,622	5262,48
LD6	30,75	15,07	8,156	5484,88
LE1	30,58	14,950	9,044	5367,96
LE2	30,15	15,015	8,660	5338,58
LE3	30,54	15,020	8,950	5411,26
LE4	29,98	14,905	8,589	5231,06
LE5	30,31	14,99	8,940	5349,03
LE6	30,71	14,95	9,003	5390,82

Hasil pemeriksaan berat jenis beton non pasir dengan menggunakan perbandingan berat semen agregat 1 : 4 dengan faktor air semen 0,4 dan konsentrasi 1 % dan 1,5 % menghasilkan berat jenis rata – rata  $1,6446 \text{ t/m}^3$  dan  $1,6079 \text{ t/m}^3$  dan dapat diklasifikasikan termasuk beton ringan (Nevile, 1975). Sedangkan dari hasil penelitian Ilham (1997) pada beton non pasir dengan perbandingan volume semen agregat 1: 4 dan fas 0,4 menghasilkan berat jenis beton  $1,913 \text{ t/m}^3$ .

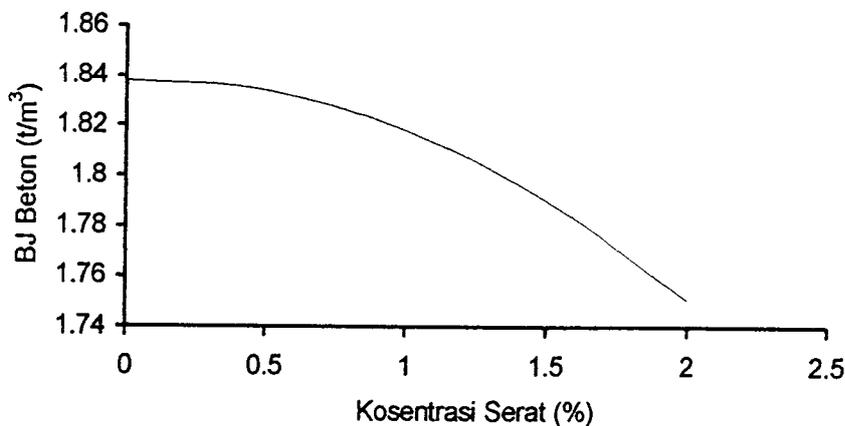
Pada penelitian Sudarmanto (1998), pada beton non pasir dengan perbandingan berat semen agregat 1: 4 dan fas 0,4 dengan menggunakan agregat pecahan genteng ukuran 5 – 10 mm, menghasilkan berat jenis  $1,8182 \text{ t/m}^3$  pada konsentrasi 1 % dan  $1,7905 \text{ t/m}^3$  pada konsentrasi 1,5 % seperti terlihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.1** Perbandingan Bj beton terhadap panjang serat (hasil penelitian)

Penurunan berat jenis beton dipengaruhi oleh adanya penambahan konsentrasi dan panjang serat, konsentrasi serat yang banyak akan menghalangi krikil untuk tersusun rapat, ditambah lagi dengan pertambahan panjang serat yang menyebabkan rongga – rongga semakin membesar sehingga beton menjadi

ringan. Seperti pada Gambar 4.1 terlihat serat dengan konsentrasi 1 % menghasilkan berat jenis beton tertinggi yaitu  $1,7028 \text{ t/m}^3$  dengan panjang serat 6 cm, lebih kecil dari hasil penelitian Sudarmanto (1998) yaitu  $1,8182 \text{ t/m}^3$  karena pada penelitian kami menggunakan ukuran agregat yang lebih besar dan bergradasi seragam sehingga menghasilkan volume rongga yang besar. Selain itu, pengaruh keausan agregat yang rendah menyebabkan krikil tidak dapat saling mengisi rongga pada saat pemadatan.



**Gambar 4.2** Hubungan Bj beton dan Konsentrasi Serat (%)  
(Sudarmanto, 1998)

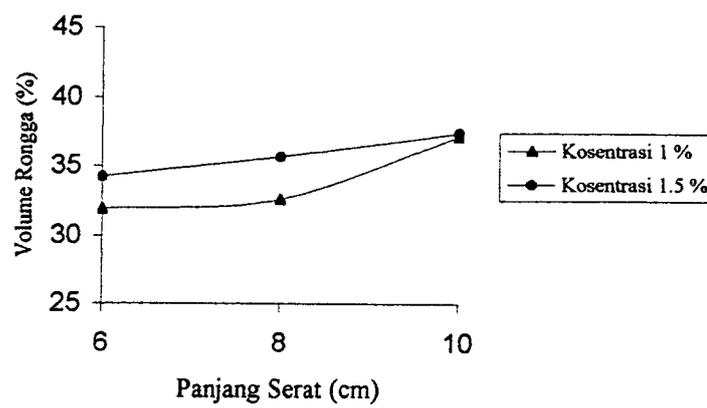
Pada gambar di atas terlihat bahwa berat jenis tertinggi tercapai pada konsentrasi 0 %, tetapi dengan menggunakan serat berat jenis tertinggi pada konsentrasi 0.5 %. Dengan pertimbangan untuk menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi maka penelitian kami menggunakan konsentrasi 1 % dan 1.5 %.

#### 4.2.2 Volume Rongga

Pengujian prosentase volume rongga dilakukan pada semua benda uji sebanyak 36 silinder, pengujian dilakukan 1 hari sebelum uji tekan dan tarik.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya volume rongga beton pada setiap variasi panjang serat pada konsentrasi 1 % dan 1,5 %.

Dari hasil pemeriksaan terhadap prosentase volume rongga beton dengan panjang serat yang berbeda pada beton non pasir menunjukkan hasil prosentase volume rongga rata-rata adalah 34,82 %.

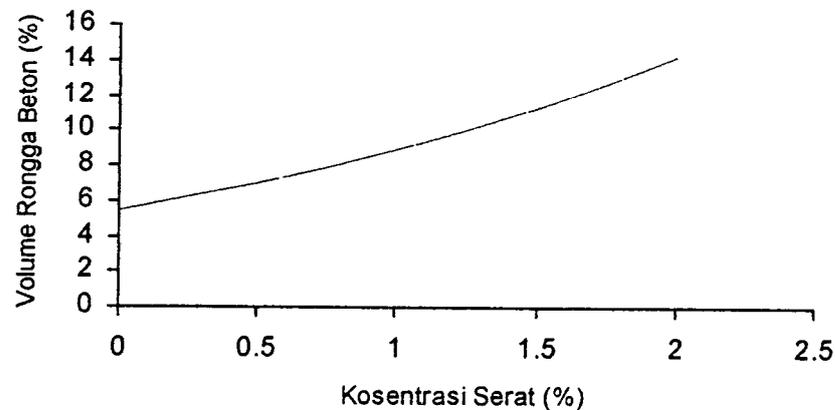


**Gambar 4.3** Hubungan Volume Rongga dan Panjang Serat (hasil penelitian)

Peningkatan prosentase volume rongga beton tersebut dipengaruhi oleh panjang dan konsentrasi serat, semakin panjang dan besar konsentrasi serat maka semakin sulit pematatannya. Seperti terlihat pada Gambar 4.3, serat dengan panjang 10 cm pada konsentrasi 1.5 % menghasilkan volume rongga terbesar yaitu 37.395 % volume sampel.

Selama proses pencetakan beton, setiap perubahan variasi panjang serat pada adukan terjadi penggumpalan (*balling effect*). Pada panjang serat 10 cm terjadi penggumpalan seperti bola yang paling besar, dan pada panjang 6 cm penggumpalan yang terjadi tidak begitu mempengaruhi.

Dari hasil penelitian Sudarmanto (1998) dengan menggunakan agregat pecahan genteng ukuran 5 – 10 mm menghasilkan volume rongga 8,8519 % pada konsentrasi 1 % dan 11,2728 % pada konsentrasi 1,5 %. Hasil ini jauh lebih kecil dari hasil penelitian kami yaitu antara 30 – 40 %, ini disebabkan karena pada penelitian kami menggunakan agregat kasar dari batu pecah yang bergradasi seragam dan berukuran 10 – 20 mm, sehingga menghasilkan volume rongga yang cukup besar.



**Gambar 4.4** Hubungan Volume Rongga Beton dan Kosentrasi Serat (%) (Sudarmanto,1998)

Penggumpalan yang terjadi pada proses pengadukan sangat berpengaruh terhadap nilai slump karena semakin panjang serat maka semakin rendah nilai slumpnya. Pada penelitian kami ini slump yang dipakai antara 6 – 10 cm (Sudarmanto, 1998).

Tabel 4.3 Nilai Slump.

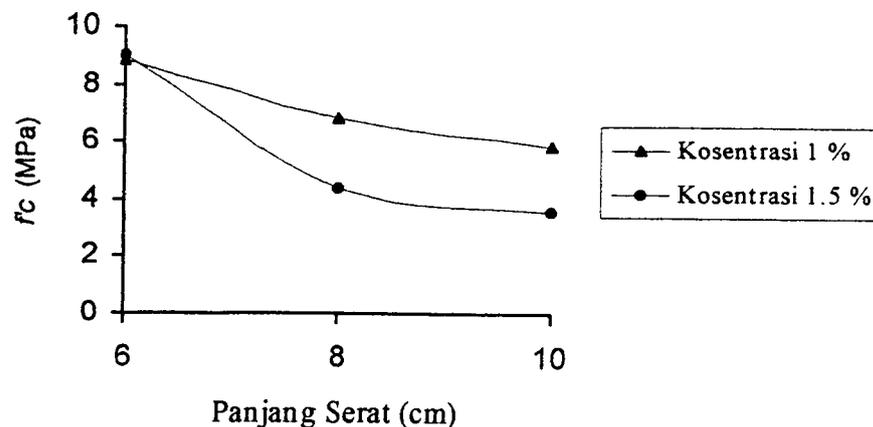
Panjang Serat (cm)	Kosentrasi (%)	Slump Awal (cm)	Slump Akhir (cm)	Penambahan		
				Air (L)	Semen (kg)	Krikil (kg)
10	1	2	6	2,372	5,93	-
	1,5	2	6	2,372	5,93	-
8	1	3	6	2,372	5,93	-
	1,5	2	6	2,372	5,93	-
6	1	15	10	-	-	23,7523
	1,5	13	10	-	-	23,7523

Untuk menghasilkan nilai slump yang diinginkan dilakukan penambahan air semen krikil tiap 5 % dari berat adukan (Tabel 4.3). Pada penambahan di atas dilakukan dua kali penambahan sehingga total penambahannya 10 %. Penambahan air dan semen kami lakukan dengan tetap mempertahankan faktor air semennya.

Dari hasil penelitian nilai slump tersebut dapat disimpulkan bahwa panjang serat sangat berpengaruh pada kelacakan adukan, semakin besar aspek ratio serat maka semakin besar penurunan nilai slumpnya.

#### 4.2.3 Kuat Tekan Maksimum Beton Non Pasir

Besarnya kuat tekan maksimum beton non pasir diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan silinder umur 28 hari, untuk setiap variasi panjang serat dibuat 3 sampel. Maksud pengujian kuat tekan adalah untuk memperoleh data beban yang mampu didukung oleh silinder. Besarnya kuat tekan maksimum beton non pasir diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum dengan luas penampang beton tertahan (Lampiran 4).



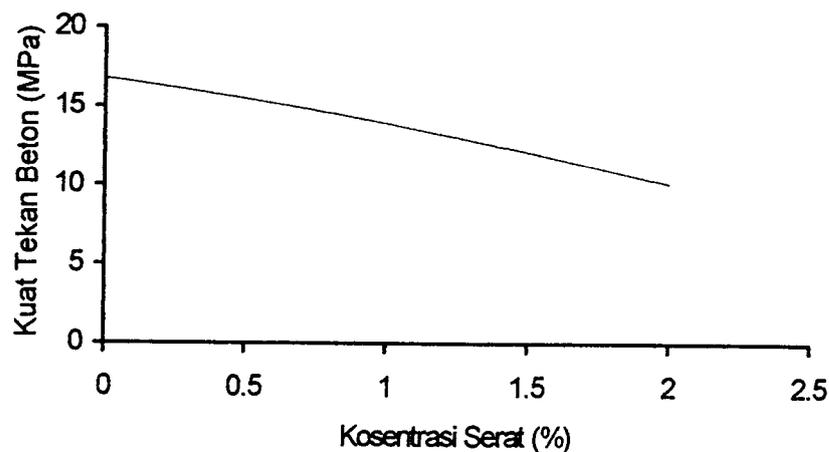
**Gambar 4.5** Hubungan kuat tekan dan panjang serat (hasil penelitian)

Pada hasil pengujian kuat tekan silinder terlihat pada Gambar 4.5. bahwa semakin besar aspek ratio serat maka semakin kecil nilai kuat tekan maksimum beton, pengujian ini menghasilkan kuat tekan maksimum 9,0433 MPa pada panjang serat 6 cm dengan konsentrasi 1,5 %, ini sesuai dengan hipotesa kami bahwa pada konsentrasi 1,5 % mampu meningkatkan kuat tekan maksimal beton.

Penurunan kuat tekan beton non pasir yang terjadi dipengaruhi oleh kepadatan beton yang semakin berkurang dengan adanya penambahan serat. Kepadatan beton yang semakin berkurang dapat mengakibatkan semakin meningkatnya prosentase volume rongga beton. Proses pemadatan beton non pasir yang sulit dilakukan menghasilkan kepadatan beton yang rendah, di mana selama pencetakan silinder beton terjadinya penggumpalan yang berpengaruh besar terhadap tingkat kepadatan yang dihasilkan. Demikian pula dengan lekatan antara serat dan agregat dengan pasta semen yang berpengaruh pada kekuatan beton.

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa banyaknya krikil yang terlepas pada saat uji desak, ini akibat dari kurang kuatnya lekatan antara agregat dan serat oleh pasta semen.

Pada penelitian Sudarmanto (1998) pada beton non pasir dengan perbandingan berat semen agregat 1 : 4 dan fas 0,4 menghasilkan kuat tekan maksimal pada kosentrasi 1,5 % seperti terlihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Hubungan Kuat Tekan Beton pada Kosentrasi Serat (%).  
(Sudarmanto,1998)

Dari hasil penelitian kami, kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan sebesar 10,7232 MPa pada kosentrasi 1,5 %, nilai ini jauh lebih kecil dari hasil penelitian Sudarmanto karena pada penelitian kami menghasilkan volume rongga yang terlalu besar yaitu 30 – 40 % yang disebabkan penggunaan ukuran agregat kasar yang terlalu besar sehingga menghasilkan nilai kuat tekan jauh lebih kecil.

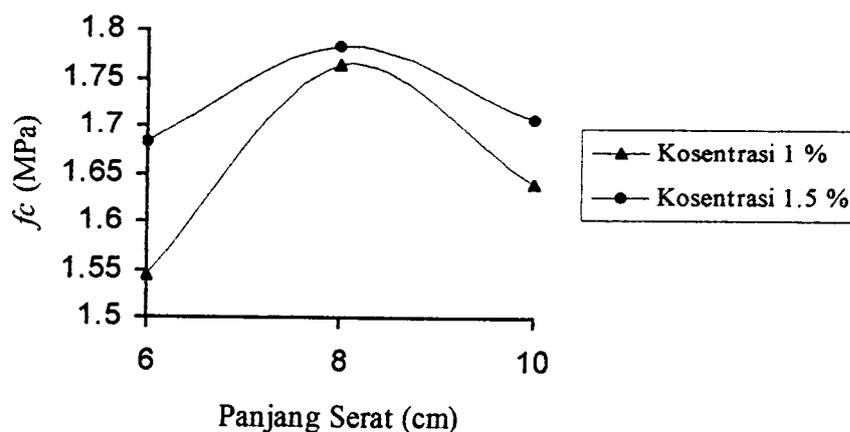
#### 4.2.4 Kuat Tarik Maksimum Beton Non Pasir

Pengujian kuat tarik maksimum beton dilakukan dengan cara uji belah silinder, yaitu dengan memberi gaya tekan pada arah memanjang silinder.

Pengujian dilakukan pada silinder umur 28 hari dengan tiap-tiap variasi dibuat 3 sampel. Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya beban yang dapat didukung oleh silinder beton (Lampiran 5).

Hasil pengujian ini memperlihatkan kuat tarik rata-rata adalah 1.7827 MPa pada panjang serat 8 cm dengan konsentrasi serat 1,5 %, ini terjadi karena penyebaran seratnya lebih merata. Pada konsentrasi 1 % dengan panjang serat 6 cm menghasilkan kuat tarik terendah karena konsentrasi yang terlalu rendah.

Pada penelitian ini, dengan menggunakan serat dapat menghasilkan kuat tarik beton non pasir sebesar 23,01 % dari kuat tekannya pada konsentrasi serat 1 %, dan pada konsentrasi serat 1,5 % kuat tarik beton non pasir yang dihasilkan sebesar 29,93 % dari kuat tekannya.

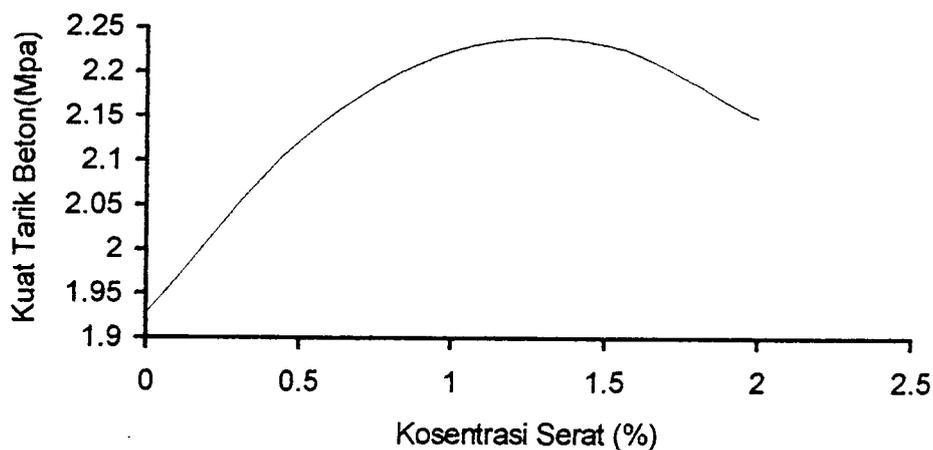


**Gambar 4.7** Hubungan kuat tarik beton dan panjang serat.  
(hasil penelitian)

Hasil kekuatan tarik beton yang tertinggi terjadi pada 1,5 %, ini disebabkan karena pada konsentrasi 1,5 % kandungan serat yang terdapat pada adukan lebih banyak dari pada konsentrasi 1 % sehingga menghasilkan kuat tarik yang lebih besar.

Pada saat pengujian belah silinder, terlihat bahwa penampang terbelah dengan sedikit krikil yang terbelah tetapi lebih banyak krikil yang terlepas, demikian juga dengan serat bendrat banyak yang tercabut. Ini dapat diartikan bahwa lekatan antara serat dan krikil oleh pasta semen tidak begitu baik sehingga berpengaruh besar terhadap kekuatan beton.

Pada penelitian Sudarmanto (1998), pada beton non pasir dengan perbandingan berat semen agregat 1 : 4 dan fas 0,4 menghasilkan kuat tarik tertinggi sebesar 2,2323 MPa pada konsentrasi 1,5 % seperti yang terlihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Hubungan Kuat Tarik dan Konsentrasi Serat (%)  
(Sudarmanto,1998)

Pada penelitian kami ini, kuat tarik maksimal terjadi pada konsentrasi 1,5 %, ini sesuai dengan hipotesa awal kami, bahwa kuat tarik maksimal terjadi pada konsentrasi 1,5 % dan kuat tekan maksimal akan terjadi pada konsentrasi 1 %.

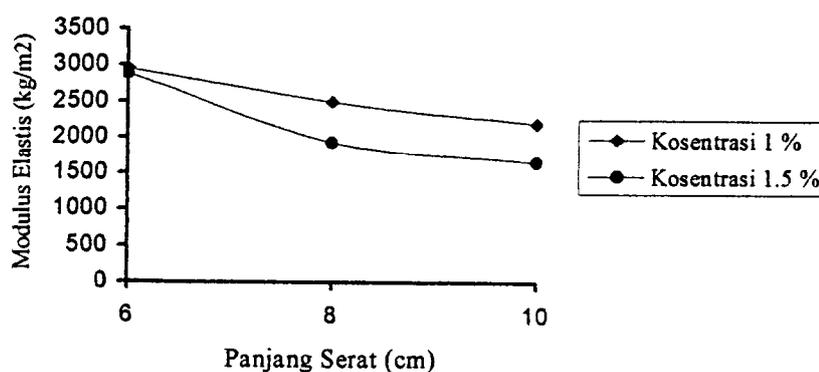
Hasil kuat tarik yang kami peroleh masih lebih kecil dari hasil penelitian Sudarmanto. Ini terjadi karena volume rongga yang terjadi terlalu besar,

penggumpalan serat pada saat pengadukan yang mengakibatkan penyebaran serat yang tidak merata. Disamping itu, penelitian Sudarmanto (1998) yang menggunakan pecahan genteng, mempunyai rongga yang sangat kecil dikarenakan agregat pecahan genteng mempunyai tingkat keausan yang lebih tinggi daripada agregat krikil sehingga hasil pematatannya lebih baik.

#### 4.2.5 Modulus Elastisitas Beton Non Pasir

Pada penelitian ini, pemeriksaan modulus elastisitas beton tidak dapat dilakukan secara teknis karena pada permukaan sampel banyak terdapat rongga sehingga alat untuk pembacaan regangan sulit untuk dipasang, maka pemeriksaan modulus elastisitas (Lampiran 6) didasarkan atas cara analisis saja (Rumus 3.7).

Dari hasil perhitungan yang didapat, panjang serat 6 cm pada konsentrasi 1 % memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi dengan nilai  $E_c = 2952,033 \text{ kg/m}^2$ . Modulus elastisitas cenderung akan menurun dengan semakin panjangnya serat bendrat, ini disebabkan karena prosentase volume rongga yang dihasilkan cukup besar sehingga berat jenis beton dan kuat tekan beton menurun.



**Gambar 4.9** Hubungan Modulus Elastisitas dan Panjang Serat. (hasil penelitian)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dengan mengacu pada hasil penelitian dan pembahasan, berikut ini akan disampaikan beberapa kesimpulan dari penelitian ini. Selain itu penulis memberikan saran-saran yang diharapkan dapat berguna bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian kami tentang beton non pasir dengan menggunakan serat kami mempunyai beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Penambahan serat pada adukan beton dapat menurunkan kelacakan adukan beton, di mana penurunan kelacakan tersebut bervariasi tergantung dari panjang serat yang digunakan. Semakin panjang serat yang digunakan, maka semakin rendah kelecakannya. Penurunan kelacakan ini dapat diatasi dengan penambahan pasta semen dengan tetap mempertahankan faktor air semennya.
2. Berat jenis beton non pasir cenderung menurun dengan bertambah panjangnya serat kawat bendrat, ini terlihat dari hasil perhitungan bahwa berat jenis beton dengan serat panjang 6 cm pada konsentrasi 1 % menunjukkan nilai yang tertinggi, yaitu rata – rata  $1.7028 \text{ t/m}^3$ .

3. Dengan adanya serat pada adukan beton dapat meningkatkan prosentase volume rongga, dengan bertambah panjangnya serat akan meningkatkan prosentase volume rongga beton. Dan yang terpenting adalah pemilihan ukuran agregat yang baik, dimana jika ukuran agregat terlalu besar akan menghasilkan volume rongga beton yang besar sehingga berpengaruh terhadap kepadatan beton dan kekuatan beton.
4. Pemakaian agregat dalam beton non pasir dengan gradasi yang seragam akan menghasilkan volume rongga yang cukup besar, sehingga lebih baik menggunakan agregat yang bergradasi tidak seragam (campuran).
5. Kuat tekan beton non pasir cenderung menurun dengan bertambah panjangnya serat. Kuat tekan tertinggi dihasilkan oleh serat dengan panjang 6 cm pada konsentrasi 1,5 % yaitu rata-rata sebesar 9,04 MPa.
6. Kuat tarik beton non pasir tertinggi dihasilkan oleh panjang serat 8 cm pada konsentrasi 1,5 %, yaitu rata-rata sebesar 1,7827 MPa sedangkan pada serat dengan panjang 6 cm menghasilkan rata-rata 1,6828 MPa. Dengan besarnya kuat tarik rata-rata sebesar 23,01 % dan 29,93 % dari kuat tekannya pada konsentrasi 1 % dan 1,5 %.
7. Pada perhitungan modulus elastisitas panjang serat 6 cm pada konsentrasi 1 % memberikan hasil yang terbesar, yaitu rata-rata 2952,03 kg/m<sup>2</sup> dan konsentrasi 1,5 % rata-rata 2884,14 kg/m<sup>2</sup>.
8. Dari hasil penelitian ini, didapatkan panjang serat yang optimum adalah 60 mm untuk kuat tekan dan kuat tarik. Pada kuat tarik diambil panjang serat 60 mm karena selisih kekuatan tarik antara panjang serat 60 mm dan 80 mm tidak begitu jauh, yaitu selisih sebesar 5,94 %.

9. Pada penelitian sebelumnya, Sudarmanto (1998) yang menggunakan agregat genteng pecah menghasilkan kekuatan tarik dan desak yang lebih besar, dikarenakan agregat genteng pecah mempunyai tingkat keausan yang lebih tinggi dari pada krikil, ausan genteng yang timbul saat pemadatan akan saling mengisi rongga, sehingga hasil pemadatannya lebih baik dibandingkan dengan agregat krikil yang hampir tidak mengalami deformasi pada saat pemadatannya.

## 5.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu kami kemukakan sebagai bahan pertimbangan pada penelitian selanjutnya, sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih baik, seperti yang akan kami sebutkan sebagai berikut ini.

1. Untuk mempertinggi tegangan lekat antara serat bendrat pada beton, perlunya dimodifikasi bentuk serat sehingga mampu memperbesar tegangan lekatnya. Modifikasi yang dapat dilakukan misalnya dengan memberi bentuk berkait pada ujung-ujungnya ataupun bentuk spiral.
2. Untuk menghasilkan beton non pasir dengan volume rongga yang kecil sebaiknya digunakan agregat tidak bergradasi seragam atau gradasi campuran.
3. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat – sifat beton non pasir dengan serat kawat bendrat seperti regangan (*Creep*), daktilitas dan sebagainya.
4. Perlu dipertimbangkannya penggunaan serat lain yang mampu meningkatkan kekuatan beton secara keseluruhan.



5. Untuk mendapatkan nilai slump yang disyaratkan, maka sebaiknya dilakukan penambahan berat air dan berat semen dengan tetap mempertahankan nilai faktor air semennya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balaguru, P.N. , and S.P. Shah, 1992, **Fiber-Reinforced Cement Composites**, McGRAW-HILL International Editions, Singapore.
- Kandar, K. , 1995, **Pengaruh Perbandingan Agregat Semen terhadap Kuat Tekan Beton Non- Pasir dari Agregat Buatan Campuran Lempung dan Pasir Asal Tenggara, Kalimantan Timur**, *Tesis*, Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Murdock, L.J. , dan K.M. Brook, ( diterjemahkan oleh Ir. Stefanus Hendarko ), 1986, **Bahan dan Praktek Beton**, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Riyana, M. , 1996, **\_Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Non- Pasir dengan Agregat Alami**, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Saptono, K. , 1994, **\_Pengaruh Fiber Lokal terhadap Karakteristik Dinamik Balok Beton Bertulang**, *Tesis*, Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Sudarmoko, 1991, **Kuat Tarik Beton Serat Bendrat**, *Seminar Mekanika Bahan dalam Berbagai Aspek yang diselenggarakan oleh PAU UGM Yogyakarta pada tanggal 4-5 Februari 1991*.
- Sudarmoko, 1993, **Pengaruh Panjang Serat pada Sifat Struktural Beton Serat**, *Media Teknik*, No.1 tahun XV April 1993, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

- Sudarmanto, 1998, **Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Daktilitas pada Beton Non-Pasir dengan Agregat Pecahan Genteng**, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Suhendro, B. ,1998, **Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya**, *Kursus Singkat* dalam Negeri Teknologi Beton yang diselenggarakan oleh PAU-Ilmu Teknik UGM Yogyakarta pada tanggal 26-27 Februari 1998.
- Tjokrodimulyo, K. , 1991, **Beton tanpa Pasir dengan Agregat Pecahan Genteng**, *Seminar Mekanika Bahan* dalam Berbagai Aspek diselenggarakan oleh PAU UGM Yogyakarta pada tanggal 4-5 Februari 1991.
- Tjokrodimulyo, K. ,1992, **Pengaruh Agregat pada Kuat Tekan Beton Non-Pasir**, *Seminar Mekanika Bahan* untuk Meningkatkan Potensi Bahan Lokal diselenggarakan oleh PAU UGM Yogyakarta pada tanggal 10-11 Februari 1992.
- Tjokrodimulyo,K., 1996, **Teknologi Beton**, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Trilaksono, B. , B. Suhendro, dan Priyosulistiyo, 1995, **Pengaruh Pemakaian Fiber Bendrat Berkait secara Parsial pada Prilaku dan Kapasitas Balok Beton Bertulang dengan Model Skala Penuh**, BPPS, UGM, Yogyakarta.

Profil 1 bl  
TA 3 bl  
Al

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



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	MELKY ALIANDRI	95 310 092		TSS
2.	MUHAMMAD ABDUL AZIZ	95 310 212		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : KARAKTERISTIK BETON SERAT NON BASR  
PENGARAH PANJANG SERAT KAWAT BENDRAI

IR. H.SARWIDI, MSCE, Ph.D  
IR. H.ILMAN NOOR MSCE

Dosen Pembimbing I :  
Dosen Pembimbing II :

2



07 Feb. 2000



ADJUDDIN BM ARIS, MS

**HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT**

	BENDA UJI I	BENDA UJI II	BENDA UJI III
Berat Agregat ( $W$ ) (gram)	504	498	510
Gelas ukur + Air ( $V_1$ ) (cc)	500	500	500
Gelas ukur + Air + Agregat ( $V_2$ ) (cc)	690	685	693
Berat Jenis ( $B_j$ ) = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2.653	2.692	2.642
Berat jenis ( $B_j$ ) rata-rata	2.662		

### HASIL PEMERIKSAAN VOLUME RONGGA

Kode	Volume Air Terbuang (cm <sup>3</sup> )	Volume Sampel (cm <sup>3</sup> )	Volume Rongga (cm <sup>3</sup> )	Persentase Rongga (%)
SSI	3250	5465,48	2215,48	40,54
SS2	3400	5345,46	1945,46	36,39
SS3	3450	5262,58	1812,58	34,44
SS4	3400	5186,60	1786,6	34,44
SS5	2900	5523,26	2623,26	47,49
SS6	3650	5194,90	1544,9	29,74
SD1	3750	5153,60	1403,6	27,24
SD2	3600	5411,61	1811,61	33,48
SD3	3850	5350,91	1500,91	28,05
SD4	3500	5313,53	1813,53	34,13
SD5	3300	5433,74	2133,74	39,27
SD6	4000	5510,95	1510,95	27,42
SE1	3600	5306,52	1706,52	32,16
SE2	3800	5609,22	1809,22	32,25
SE3	3800	5516,31	1716,31	31,11
SE4	3700	5505,04	1805,04	32,79
SE5	3500	5390,07	1890,07	35,06
SE6	3600	5462,98	1862,98	34,1
LS1	3200	5399,98	2199,98	40,74
LS2	3400	5178,22	1788,22	34,53
LS3	3600	5607,60	2007,6	35,8
LS4	3400	5537,83	2137,83	38,6
LS5	3500	5492,14	1592,14	36,27
LS6	3300	5359,89	2059,89	38,43
LD1	3350	5346,58	1996,58	37,34
LD2	3450	5388,14	1938,14	35,97
LD3	3600	5434,98	1834,98	33,76
LD4	3300	5411,40	2111,4	39,02
LD5	3600	5262,48	1662,48	31,59
LD6	3500	5484,88	1984,88	36,19
LE1	3500	5367,96	1867,96	34,8
LE2	3400	5338,58	1938,58	36,31
LE3	3500	5411,26	1911,26	35,32
LE4	3400	5231,06	1831,06	35,00
LE5	3600	5349,03	1749,03	32,7
LE6	3700	5390,82	1690,82	31,36

### HASIL PENGUKURAN BERAT JENIS BETON NON PASIR

KODE	BERAT (Kg)	Volume Sampel (cm <sup>3</sup> )	BERAT JENIS SILINDER (t/m <sup>3</sup> )
SS1	8,612	5465,48	1.5757
SS2	8,648	5345,46	1.6178
SS3	8,695	5262,58	1.6522
SS4	8,764	5186,60	1.6897
SS5	7,556	5523,26	1.3680
SS6	9,135	5194,90	1.7585
SD1	8,627	5153,60	1.6740
SD2	8,635	5411,61	1.5956
SD3	9,015	5350,91	1.6848
SD4	8,479	5313,53	1.5957
SD5	8,357	5433,74	1.5380
SD6	9,02	5510,95	1.6367
SE1	9,088	5306,52	1.7126
SE2	9,362	5609,22	1.6690
SE3	9,533	5516,31	1.7281
SE4	9,517	5505,04	1.7288
SE5	9,127	5390,07	1.6931
SE6	9,205	5462,98	1.6850
LS1	8,210	5399,98	1.5204
LS2	8,512	5178,22	1.6438
LS3	9,120	5607,60	1.6264
LS4	8,710	5537,83	1.5728
LS5	8,775	5492,14	1.5977
LS6	8,473	5359,89	1.5808
LD1	8,512	5346,58	1.5920
LD2	8,643	5388,14	1.6041
LD3	8,677	5434,98	1.5965
LD4	8,327	5411,40	1.5388
LD5	8,622	5262,48	1.6384
LD6	8,156	5484,88	1.4870
LE1	9,044	5367,96	1.6848
LE2	8,660	5338,58	1.6222
LE3	8,950	5411,26	1.6539
LE4	8,589	5231,06	1.6419
LE5	8,940	5349,03	1.6713
LE6	9,003	5390,82	1.6701

**HASIL UJI TEKAN SILINDER**

Kode	Gaya Tekan (N)	Luas Tampang (mm <sup>2</sup> )	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
SS2	120.000	17624.37	6.8088
SS3	104.000	17483.47	5.9484
SS4	80.000	16971.67	4.7138
LS1	40.000	17600.84	2.6726
LS4	80.000	17860.46	4.4792
LS6	70.000	17718.61	3.9506
SD1	120.000	17110.49	6.5456
SD3	114.000	17884.15	6.3744
SD6	136.000	18098.12	7.5146
LD1	84.000	17506.91	4.7982
LD3	80.000	17860.46	4.7992
LD5	70.000	17460.04	4.0092
SE2	140.000	18229.50	7.6798
SE3	156.000	18217.54	8.5632
SE4	188.000	18121.97	10.3742
LE1	142.000	17553.85	8.0894
LE3	190.000	17718.61	10.7232
LE6	146.000	17553.85	8.3172

**HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK SILINDER**

Kode	Gaya Tekan (N)	Diameter sampel (mm)	Tinggi Sampel (mm)	Kuat Tarik (Mpa)
SS1	124.000	151	305.2	1.7129
SS5	84.000	152.8	301.2	1.1619
SS6	144.000	147.7	303.2	2.0471
LS2	104.000	148	301	1.4862
LS3	130.000	152.7	306.2	1.7700
LS5	136.000	150.8	307.5	1.8671
SD2	150.000	151.45	300.3	2.0996
SD4	106.000	150.7	297.9	1.5031
SD5	122.000	154	298.7	1.6884
LD2	138.000	150.1	304.5	1.9222
LD4	126.000	150.3	305	1.7498
LD6	122.000	150.7	307.5	1.6760
SE1	63.000	149.45	302.4	1.7749
SE5	116.000	150.25	304	1.6168
SE6	90.000	150.4	307.45	1.2390
LE2	126.000	150.15	301.5	1.7716
LE4	112.000	149.05	299.8	1.5954
LE5	120.000	149.9	303.1	1.6814

## HASIL PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS BETON

Kode	Nilai Kuat Tekan (Mpa)	Berat Jenis Beton (T/m <sup>3</sup> )	Modulus Elastisitas (kg/m <sup>2</sup> )
SS2	6.8088	1.6178	2300.758
SS3	5.9484	1.6522	2237.241
SS4	4.7138	1.6897	2055.441
LS1	2.6726	1.5204	1366.247
LS4	4.4792	1.5728	1860.955
LS6	3.9506	1.5808	1761.053
SD1	6.5456	1.6740	2470.207
SD3	6.3744	1.6848	2461.317
SD6	7.5146	1.6367	2558.774
LD1	4.7982	1.5920	1961.459
LD3	4.7992	1.5965	1969.986
LD5	4.0092	1.6384	1871.907
SE2	7.6798	1.6690	2663.697
SE3	8.5632	1.7281	2928.633
SE4	10.3742	1.7288	3263.770
LE1	8.0894	1.6848	2772.721
LE3	10.7232	1.6539	3104.928
LE6	8.3172	1.6701	2774.775

### MIX DESIGN (Beton non-pasir)

- Serat kawat bendrat : 6, 8, dan 10 cm
- Kosentrasi : 1 % dan 1,5 % berat beton non-pasir
- fas : 0,4
- Semen : Krikil : 1 : 4 ( berat)
- Bj padat krikil :  $2,662 \text{ t/m}^3$
- Bj lepas krikil :  $1,38 \text{ t/m}^3$  (SSD)
- Bj semen :  $3,15 \text{ t/m}^3$
- Bj lepas Semen :  $1,1 \text{ t/m}^3$
- Perbandingan Vol. Semen : krikil : 1 : 3,2
- Bj beton non pasir :  $1,68 \text{ t/m}^3$  ( 70 % berat beton normal)
- Perbandingan berat( kg) air : semen : krikil (batu pecah)
 

1	:	2,5	:	10
0,074	:	0,185	:	0,741
- Volume 36 sampel (Silinder 15x30 cm) :  $36 \cdot 3,14 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 = 0,1908 \text{ m}^3$
- Berat total :  $0,1908 \cdot 1,68 = 0,320544 \text{ Ton} = 320,544 \text{ kg}$
- Kebutuhan air :  $320,544 \cdot 0,074 = 23,720 \text{ L}$
- Kebutuhan semen :  $320,544 \cdot 0,185 = 59,300 \text{ kg}$
- Kebutuhan krikil :  $320,544 \cdot 0,741 = 237,523 \text{ kg}$
- Kebutuhan serat bendrat (1 %) : 6, 8, 10 cm =  $0,01 \cdot 320,544 = 3,205 \text{ kg}$
- Kebutuhan serat bendrat (1,5 %) : 6, 8, 10 cm =  $0,015 \cdot 320,544 = 4,808 \text{ kg}$
- Total bendrat yang diperlukan (6, 8, 10 cm ) masing-masing :
 

=	$3,205 + 4,808$
=	$8,013 \text{ kg}$
- Kebutuhan air per  $\text{m}^3$  :  $\frac{23,720}{0,1908} = 124,032 \text{ L}$
- Kebutuhan semen per  $\text{m}^3$  :  $\frac{59,300}{0,1908} = 310,8 \text{ kg}$
- Kebutuhan krikil per  $\text{m}^3$  :  $\frac{237,523}{0,1908} = 1244,88 \text{ kg}$