

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN AGREGAT BATU APUNG  
SEMILIR TERHADAP KINERJA BETON RINGAN  
BERSERAT BAMBU ORI**



*Disusun oleh:*

Hari Teguh Wicaksono

97 511 382

Ery Curnia Anggara

97 511 388

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2003**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENELITIAN LABORATORIUM  
PENGARUH PENGGUNAAN AGREGAT BATU APUNG SEMILIR  
TERHADAP KUAT DESAK DAN TARIK BETON RINGAN BERSERAT  
BAMBU

Disusun Oleh :

HARI TEGUH WICAKSONO  
No. Mhs. : 97 511 382  
NIRM : 970051013114120308

ERY CURNIA ANGGARA  
No. Mhs. : 97 511 388  
NIRM : 970051013114120313

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tim Pembimbing

Tanda Tangan

1. Ir. H. M. Samsudin, MT  
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 20-9-03

  
2. Ir. H. Kasam, MT  
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 16-9-03

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselsaikan penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaan dibidang ilmu Teknik Sipil program starata-1 ( S-1 ) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir ini, kami banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah dan Ibu beserta keluarga yang telah banyak memberikan bantuan baik moral maupun materiil.
2. Bapak Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, beserta stafnya yang telah memberikan persetujuan mengadakan penelitian.
3. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku pembimbing satu yang telah memberikan kesempatan dan pikiran setulusnya kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku pembimbing dua yang dengan ikhlas telah memberikan pengarahan, bimbingan, pemikiran dan kesempatan atas terselsaikannya tugas akhir ini.
6. Bapak Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, beserta stafnya yang telah membantu selama berjalannya penelitian ini.
7. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan, baik materil maupun spiritual dalam penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir.

Harapan kami, semoga segala bantuan tersebut diberikan seikhlas-ikhlasnya sehingga menjadi amal baik dan mendapat ridha dan karunia dari Allah SWT, amin.

Selanjutnya atas segala kekurangan yang terdapat pada penelitian yang kami disajikan dalam tugas akhir ini, kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menuju kesempurnaan.

Akhirnya kami berharap, semoga penelitian yang kami sajikan dalam tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi diri kami dan bermanfaat bagi agama, serta nusa dan bangsa.

وسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Yogyakarta, Juli 2003

penyusun

( Hari Teguh Wicaksono )  
No. Mhs : 97 511 382

( Ery Curnia Anggara )  
No. Mhs : 97 511 388

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Pendekatan Masalah.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Hasil Penelitian yang Sudah Dilakukan.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Beton.....	10

3.1.1 Semen .....	11
3.1.2 Agregat.....	14
3.1.3 Air.....	18
3.2 Beton Ringan.....	20
3.3 Beton Breksi Batu Apung Semilir.....	23
3.4 Beton Serat.....	26
3.5 Serat Bambu.....	29
3.6 Kuat Tekan Beton Ringan Berserat Bambu.....	30
3.7 Kuat Tarik Beton Ringan Berserat Bambu.....	32

#### BAB IV METODOLOGI DAN HASIL PENELITIAN

4.1 Umum.....	35
4.2 Persiapan Bahan.....	36
4.3 Pemeriksaan Agregat Halus.....	37
4.3.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butiran.....	37
4.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus.....	41
4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar.....	42
4.4.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butiran.....	42
4.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar.....	44
4.4.3 Pemeriksaan Berat Volume.....	44
4.5 Penentuan Proporsi Campuran.....	45
4.6 Pembuatan Benda Uji.....	51
4.7 Pemeriksaan Nilai Slump.....	51
4.8 Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji.....	53

4.9 Hasil Pengujian.....	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 Analisis Karakteristik Beton.....	60
5.2 Pembahasan.....	63
5.2.1 Berat Jenis Agregat dan Beton.....	63
5.2.2 Kuat Tekan dan Tarik Beton.....	65
5.2.3 Kuat Tekan Beton Karakteristik.....	65
5.2.4 Pemeriksaan Slump.....	66
5.2.5 Perbandingan Kuat Tekan dengan Berat Jenis Beton.....	66
5.2.6 Perbandingan Kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton.....	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	71
6.2 Saran.....	72
DAFTAR NOTASI.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	75



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton.....	18
Gambar 3.1 Uji Tarik Belah.....	32

## DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Jenis-jenis Semen Portland
- Tabel 3.2 Sifat Fisik Breksi Batu Apung Semilir
- Tabel 3.3 Sifat Kimiawi Breksi Batu Apung Semilir
- Tabel 3.4 Tipe dari Sifat Berbagai Jenis Beton ringan
- Tabel 3.5 Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Modulus Elastis Beton Serat dengan Serat Dari Bendrat
- Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus
- Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasae
- Tabel 4.3 Hasil Gradasi Agregat Kasar Dibanding dengan Syarat ASTM ( C33-71a )
- Tabel 4.4 Nilai deviasi standar (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )
- Tabel 4.5 Hubungan factor air semen dan kuat tekan silinder beton umur 28 hari
- Tabel 4.6 Faktor air semen maksimum berdasarkan pengaruh tempat elemen
- Tabel 4.7 Nilai slump berdasasarkan penggunaan jenis elemen
- Tabel 4.8 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran maksimum agregat
- Tabel 4.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per  $\text{m}^3$  beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir ( $\text{m}^3$  )
- Tabel 4.10 Daftar Kebutuhan Campuran Beton Tanpa Serat Bambu Tiap  $\text{m}^3$
- Tabel 4.11 Daftar Kebutuhan Campuran Beton Berserat Bambu Tiap  $\text{m}^3$
- Tabel 4.12 Nilai Slump Berbagai Variasi Campuran

Tabel 4.13 Berat Jenis Beton Ringan Tanpa Serat Bambu Pada Masing-masing

Variasi Batu Apung

Tabel 4.14 Berat Jenis Beton Ringan Berserat Bambu Pada Masing-masing

Variasi Batu Apung

Tabel 4.15 Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Beton Tanpa Serat Bambu

Tabel 4.16 Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Beton Berserat Bambu

Tabel 4.17 Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Tanpa Serat Bambu

Tabel 4.18 Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Berserat Bambu

Tabel 5.1 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Karakteristik Berserat Bambu

Tabel 5.2 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Karakteristik Tanpa Serat Bambu

Tabel 5.3 Penggolongan Benda Uji Beton Ringan Tanpa Serat Bambu

Berdasarkan Berat Jenisnya

Tabel 5.4 Penggolongan Benda Uji Beton Ringan Berserat Bambu Berdasarkan

Berat Jenisnya

Tabel 5.5 Perbandingan Kuat Tekan dengan Berat Jenis Beton

Tabel 5.6 Perbandingan Kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton

Tabel 5.7 Kuat Desak Beton Breksi Batu Apung 100 % dan Berbagai Bahan

Lainnya

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Sungai Boyong Sampel I.....	38
Grafik 4.2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Sungai Boyong Sampel II.....	39
Grafik 4.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pecahan Breksi Batu Apung Semilir.....	43
Grafik 4.3 Hasil Pemeriksaan Nilai Slump.....	51
Grafik 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Beton Ringan.....	54
Grafik 4.6 Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Variasi Batu Apung.....	56
Grafik 4.7 Hubungan Kuat Tarik Beton Ringan Dengan Variasi Batu Apung.....	58
Grafik 5.1 Perbandingan Kuat Desak dengan Berat Jenis Beton.....	69
Grafik 5.2 Perbandingan Kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton.....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Apung 0%.....	72
Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Apung 25%.....	73
Lampiran 3 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Apung 50%.....	74
Lampiran 4 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Apung 75%.....	75
Lampiran 5 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Apung 100%.....	76
Lampiran 6 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar Batu Apung 0% “SSD”....	77
Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar Batu Apung 25% “SSD”...78	78
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar Batu Apung 50% “SSD”...79	79
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar Batu Apung 75% “SSD”...80	80
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar Batu Apung 100% “SSD”81	81
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	82
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus “SSD”.....	83
Lampiran 13 Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir.....	84
Lampiran 14 Hasil Foto Penelitian.....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

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

Dalam keseluruhan struktur dari suatu bangunan bertingkat, akan banyak dijumpai struktur yang hanya menahan gaya tekan yang kecil, bahkan hanya menahan berat sendiri. Dengan melihat kenyataan ini maka penggunaan beton ringan terhadap struktur tersebut cukup efisien dalam hal biaya.

Penggunaan breksi batu apung sebagai agregat pembentuk beton diharapkan dapat menghasilkan beton yang memiliki berat jenis yang lebih kecil dari beton normal. Breksi batu apung dalam penggunaannya sebagai struktur mempunyai keuntungan dalam hal ini dengan batasan hanya menahan berat sendiri, dengan sifat ringan yang dimilikinya mampu mereduksi efek gempa terutama pada gedung tingkat tinggi dan dapat mengurangi beban yang diterima struktur yang dibawahnya sehingga dapat mengurangi pendimensian struktur yang dibawahnya.

Namun beton pula memiliki kelemahan yang cukup signifikan, yaitu kemampuan yang kecil terhadap menahan tegangan tarik yang terjadi dan beton bersifat getas. Penggunaan tulangan baja terhadap beton di daerah tarik merupakan usaha mengurangi kelemahan beton tersebut di atas. Hal ini dikarenakan sifat baja yang mampu menahan gaya tarik yang cukup besar. Tetapi pada daerah tarik dari beton tersebut masih seringkali timbul retak-retak halus yang akan berpengaruh terhadap kekuatan beton.

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

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan uraian akan sifat-sifat beton di atas maka penggunaan breksi batu apung yang digunakan sebagai agregat pembentuk beton diharapkan dapat menghasilkan beton dengan berat jenis yang kecil dan memiliki kemampuan menahan gaya tekan yang cukup besar dan penambahan serat bambu diharapkan menambah kemampuan menahan gaya tarik dari beton. Variasi panjang serat dan letak serat yang diambil pada bambu juga berpengaruh pada kuat tarik beton karena kemampuan lekatan antara serat bambu dengan pasta dalam beton. Jika kuat lekatnya tinggi maka kekuatan beton ringan berserat akan bertambah besar.

Dengan demikian dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan batu apung sebagai agregat beton terhadap kuat desak benda uji silinder pada beton ringan.
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan serat bambu Ori pada adukan beton terhadap kuat tarik benda uji silinder pada beton ringan.
3. Bagaimanakah berat jenis yang dihasilkan pada beton yang menggunakan agregat batu apung.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinerja beton khususnya yang berkaitan dengan kemampuan menahan desak dan tarik serta berat jenis dari beton yang menggunakan agregat kasar batu apung Semilir dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% berat batu apung terhadap berat total agregat kasar dan menambahkan serat bambu Ori sebanyak 2% dari berat total semen yang digunakan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan Penelitian yang memanfaatkan sumber daya alam sekitar, terutama batu apung Semilir dan bambu Ori sebagai bahan campuran beton, diharapkan diperoleh suatu perbaikan pada sifat-sifat beton sehingga kelemahan-kelemahan pada beton dapat dikurangi.

### **1.5 Pendekatan Masalah**

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan breksi batu apung dan serat bambu ori pada beton ringan maka ada beberapa pengujian yang akan dilakukan, yaitu :



1. Uji desak, dipakai silinder beton dengan batu apung ditambah atau tidak dengan serat bambu.
2. Uji tarik, dipakai uji split test yaitu meletakkan silinder dengan posisi horizontal.

### **1.6 Batasan Masalah**

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian maka batasan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mutu beton yang digunakan untuk semua sampel diharapkan mempunyai kekuatan tekan minimum  $f'c = 17,5$  Mpa.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah campuran antara batu pecah dan batu apung dengan lolos saringan 38 mm , 19 mm dan 9,5 mm.
3. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari sungai Boyong Yogyakarta.
4. Serat bambu yang digunakan adalah serat bambu ori dengan diameter serat 0,5 mm dan panjang serat 8 cm.
5. Berat serat 2 % dari berat semen.
6. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 80 buah dengan 5 variasi (0%, 25%, 50%, 75% dan 100%) berat batu apung terhadap berat agregat kasar.
7. Semen yang dipakai merk Nisantara tipe I, air diambil dari sumber lokal (Lab. BKT FTSP-UH).
8. Benda uji desak beton menggunakan silinder berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.

9. Uji desak dilakukan pada umur 28 hari, dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
10. Desain campuran beton dilaksanakan menggunakan metode ACI dengan menetapkan nilai  $f_{as}$  sebesar 0,6.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pendahuluan

Menurut standar **SK-SNI, (1991)**, beton terbuat dari bahan semen Portland, air, agregat/batuan kasar dan halus dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton ringan berserat bambu merupakan beton yang menggunakan breksi batu apung dengan berat jenis ringan sebagai agregat kasar dan serat bambu sebagai bahan tambah. Keuntungan breksi batu apung antara lain ringan, kuat, kedap air dan memiliki daya tahan panas yang tinggi. (Dinas Pertambangan, 1997). Penggunaan serat pada beton sebenarnya sudah dikenal cukup lama Namun perkembangannya baru dimulai sejak 1960, yaitu setelah diadakan penelitian penggunaan serat baja (*steel fiber*) di Amerika. Beberapa macam bahan serat yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton yang telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1982). Bahan serat tersebut antara lain, baja, plastik (*Polypropylene*), kaca dan karbon serta serat dari bahan alamiah seperti ijuk, rami atau serat tumbuhan lainnya yang dapat juga digunakan.

Para peneliti terdahulu pernah melakukan penelitian terhadap beton ringan dengan menggunakan batu apung sebagai agregat maupun melakukan penelitian terhadap penggunaan serat pada beton. Adapun keuntungan dari penggunaan

breksi batu apung sebagai agregat untuk beton ringan antara lain (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Bobotnya yang ringan sehingga dapat mereduksi efek gempa, terutama pada gedung dengan tingkat tinggi.
2. Karena memiliki titik lebur di atas  $800^{\circ}\text{C}$  maka dapat melindungi tulangan suatu struktur sedang didalamnya, apabila dipakai sebagai dinding akan mempunyai isolasi panas yang baik.
3. Pembuatan beton yang relatif sederhana dan cepat.
4. Tahan terhadap pelapukan cuaca atau air asin (abrasi).

Menurut berat jenisnya beton ringan secara kasar dapat dibagi menjadi tiga kelompok (Neville, 1975) yaitu :

1. Beton ringan sebagai isolasi dengan berat jenis 0,3 sampai 0,8.
2. Beton ringan sebagai struktur ringan dengan berat jenis 0,8 sampai 1,4.
3. Beton ringan sebagai struktur sedang dengan berat jenis 1,4 sampai 2,0.

Beton ringan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Ringan, mempunyai berat jenis sekitar 300 sampai  $1800\text{ kg/m}^3$ , sedangkan beton normal mempunyai berat jenis sekitar  $2300\text{ kg/m}^3$ .
2. Tidak menghantarkan panas, sebagai dinding, beton ringan mempunyai nilai isolasi 3 sampai 6 kali bata dan 10 kali beton biasa. Sebagai dinding dengan tebal 200 mm dan mempunyai berat jenis  $800\text{ kg/m}^3$  beton ringan mempunyai tingkat isolasi sama dengan dinding bata setebal 400 mm dengan berat jenis  $1600\text{ kg/m}^3$ .

3. Dari sifat isolasi yang baik tersebut di atas maka beton ringan sangat baik melindungi bagian struktur dari pengaruh api apabila kebakaran.
4. Memiliki kemampuan sebagai isolasi suara yang cukup baik.
5. Dapat mengurangi pendimensian struktur yang ada dibawahnya.

## **2.2 Hasil Penelitian Yang Sudah Dilakukan.**

Penelitian pembuatan beton dengan menggunakan serat sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti sebelumnya dan dijadikan sebagai referensi pada penelitian sekarang. Adapun beberapa penelitian tentang beton berserat yang pernah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Swamy dan Al-Noori (1974), mengamati bahwa bentuk serat akan berpengaruh pada kuat lekat, peningkatan lekatan pada beton serat akan memperkecil kemungkinan terjadinya retak dan lentur yang berlebihan serta akan meningkatkan kekakuan balok secara keseluruhan.
2. Sudarmoko (1991), juga berhasil meningkatkan kuat tarik beton dengan menambahkan kawat bendrat sebanyak 1,25% dari volume adukan. Kuat tarik beton tersebut meningkat 13% pada umur benda uji 28 hari.
3. Adri I.P dan Tripiyanto N (1996), menyimpulkan dengan penambahan serat alami dari serat sisa, menunjukkan adanya pertambahan kuat lentur beton pada umur 28 hari sebesar 10,9217% dari kuat lentur beton tanpa serat. Hal ini tercapai pada kandungan serat 2%, sedangkan nilai optimal dicapai pada kadar serat 1% dengan kenaikan kuat lentur beton sebesar 10,0015%.

4. Liese (1980), secara anatomi elemen-elemen penyusun bambu hampir sama dengan elemen-elemen kayu. Oleh karena itu faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat kayu juga berpengaruh terhadap sifat-sifat bambu.
5. Morisco (1996), dengan memperhatikan kuat tarik bambu yang tinggi, serta mengingat bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan perawatan khusus maka bambu mempunyai peluang menggantikan kayu. Hal-hal ini perlu dijajaki lebih lanjut untuk menggunakan bambu secara lebih luas dalam bidang konstruksi bangunan.
6. Zarlis Ardhani dan Anang Budi Santoso (2000), bahan dari serat bambu sebagai alternative penggunaan serat akan memberikan perubahan pada kekuatan tarik beton dan kuat desak beton dibandingkan dengan kekuatan yang dicapai oleh beton normal.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Beton**

Beton diperoleh dari pencampuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya dengan agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah, dengan proporsi tertentu. Agregat halus dan kasar ( pasir, batu, batu pecah atau bahan jenis lainnya ) disebut sebagai bahan susun kasar dan merupakan komponen utama beton (70%). Semen portland merupakan bahan perekat, sedangkan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi selama proses pengikatan/pengerasan dan perawatan beton, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang dan akibatnya campuran ini selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang keras dapat dianggap sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar ( agregat kasar, kerikil atau batu pecah ) diisi oleh butiran yang lebih kecil ( agregat halus, pasir ) dan pori-pori antara agregat halus ini diisi dengan semen dan air. Dalam adukan beton, semen bukan hanya sebagai bahan pengisi pori-pori saja, melainkan juga sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terekat kuat dan terbentuklah massa yang kompak/padat.

Beton terdiri atas material-material penyusun, yaitu :

### 3.1.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Di dunia ini sebenarnya terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang khusus. Namun dalam hal ini definisi semen yang dimaksud adalah semen yang digunakan untuk konstruksi beton bertulang yang akan mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis atau semen portland.

Semen semacam ini terdiri dari kapur, silika dan alumina. Ketiga bahan dasar ini dibakar dengan suhu  $1500^{\circ}\text{C}$  dan menjadi klinker. Setelah itu kemudian dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat kira-kira 2 sampai 4 persen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban-beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan beton akan dicapai maksimal pada saat beton berumur sekitar 28 hari. Semen portland biasa diidentifikasi oleh ASTM C150 sebagai tipe I. Tipe-tipe lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam dalam Tabel 3.1 ( Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1993).



**Tabel 3.1** Jenis-jenis Semen Portland

Jenis	Penggunaan
I	Konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tak diperlukan
II	Konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi
III	Jika kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan
IV	Jika panas yang rendah dari hidrasi diinginkan
V	Jika daya tahan yang tinggi terhadap sulfat diinginkan

Namun juga terdapat beberapa kategori dari campuran semen hidrolis ( ASTM C595 ), seperti semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland-pozzolan, semen bara dan semen portland yang dimodifisir dengan bara.

Semen portland bara yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa dari tipe I dan digunakan untuk konstruksi beton pasif seperti bendungan, dan oleh karena daya lawannya yang tinggi terhadap sulfat, lazim digunakan untuk konstruksi di dalam air.

Semen portland-pozzolan adalah campuran dari semen tipe I dengan pozzolan. Semen jenis ini menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit daripada semen biasa. Selain itu semen portland-pozzolan juga lebih tahan terhadap kotoran dalam air, sehingga dengan melihat sifat-sifat ini semen portland-

pozzolan baik digunakan untuk konstruksi bangunan di laut, bangunan perairan dan beton massa.

Adapun fungsi semen untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu pula semen merupakan bahan pengisi rongga-rongga antara butiran agregat. Semen mengisi  $\pm 10\%$  dari volume beton ( Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993 ).

Apabila semen dicampur dengan air dan membentuk suatu adukan yang halus yang disebut pasta semen. Pasta semen ini akan mengeras sejajar dengan waktu hingga membentuk massa yang padat. Semen dapat dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekakuan yang cukup untuk memikul suatu beban desak tertentu yang diberikan, setelah itu beton akan berproses terus untuk jangka waktu tertentu untuk mencapai keras maksimal. Air dalam adukan akan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volume dan kekakuannya. Proses ini menyebabkan terjadinya suatu proses pengakuan yang cepat dari adukan yaitu, 2 sampai 4 jam setelah air dicampur dengan semen. Proses hidrasi akan berlangsung lebih dalam kedalam butir-butir semen, dengan kecepatan yang makin lama makin berkurang sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari massa tersebut.

Pada beton biasa, semen mungkin tidak pernah mengalami proses hidrasi secara lengkap. Struktur koloida dari adukan yang mengeras tampaknya merupakan alasan utama terjadinya perubahan volume pada beton yang

disebabkan oleh variasi kelembaban yang ada, seperti terjadinya penyusutan pada beton sewaktu mengering.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, menurut H. Rusch, secara kimiawi diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25 % dari berat semen tersebut. Namun demikian dalam hal ini diperlukan suatu tambahan air sebanyak 10 % - 15 % untuk memungkinkan gerak dari air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi sehingga air tersebut bisa tercampur secara merata dengan partikel-partikel semen. Hal ini memuat perbandingan berat minimum air terhadap semen adalah 0,35 - 0,45. Kekuatan dari adukan yang telah mengeras akan berkurang dan berbanding terbalik terhadap volume total yang diisi oleh pori-pori. Dapat dinyatakan dengan cara lain, kekuatannya akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat, sebab hanya bagian yang padat saja bukan bagian berongga yang memikul tegangan. Inilah sebabnya mengapa kekuatan dari adukan semen terutama sekali tergantung pada penambahan dari perbandingan air semen ( Arthur H. Nilson dan George Winter, 1993 ).

### **3.1.2 Agregat**

Agregat adalah butiran yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton yang diikat dengan bahan semen. Dalam struktur beton biasa, agregat mengisi sekitar 70 % volume beton. Secara umum agregat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar ( Arthur H. Nilson dan George Winter, 1993 ).

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan memiliki ukuran terbesar 5,0 mm ( Kusuma Gideon dan WC. Vis. 1993 ).

Pasir alam dapat dikategorikan dalam 3 macam, yaitu ( Kardiyono Tjokrodimuljo. 1993 ) :

1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butirannya yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Pasir ini bentuknya bulat dan butir-butirannya halus. Pasir pantai merupakan pasir yang jelek dan tidak dapat digunakan dalam konstruksi bangunan. Hal ini disebabkan banyaknya mengandung garam yang akan mengakibatkan pengembangan jika sudah menjadi bangunan.

Agregat halus buatan didapat dari proses memecah batu menjadi butiran yang memiliki ukuran yang sangat kecil dan disesuaikan dengan keinginan.

Agregat kasar adalah butiran sebagai disintegrasi alami dari batu alam dengan ukuran 5,0 – 30 mm ( Kardiyono Tjokrodimuljo, 1993 ).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat dapat dibedakan atas tiga golongan, yaitu ( Kardiyono Tjorodimuljo, 1993 ) :

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gr/cm<sup>3</sup>.

Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa dan sebagainya.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, misalnya Magnetik, Barytes atau serbuk besi. Beton yang dihasilkannya pun memiliki berat jenis yang tinggi, yang efektif sebagai dinding pelindung sinar X.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm<sup>3</sup> yang biasanya dibuat untuk beton non struktur tetapi dapat pula untuk beton struktural atau dinding tembok. Kelebihan dari penggunaan agregat ringan adalah berat sendiri yang dihasilkan kecil sehingga strukturnya ringan, pondasinya kecil dan hanya membutuhkan pendimensian yang lebih kecil. Pada umumnya beton dari agregat ringan memiliki sifat yang tahan terhadap panas. Agregat ringan umumnya memiliki daya serap air yang tinggi sehingga dalam pengadukan adukan beton harus cepat karena adukan beton tersebut cepat mengeras. Selain mempercepat proses pembuatan betonnya dapat pula

dilakukan dengan membasahkan terlebih dahulu agregat ringannya. Hal ini untuk menghindari penyerapan air yang cepat.

Pada agregat kasar harus terpenuhi gradasi yang baik. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kepadatannya tinggi.

Jika gradasi agregat yang dicapai sangat bagus maka kebutuhan akan bahan ikat berkurang. Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut ( Kardiyono Tjokrodimuljo, 1993 ) :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat diketahui dari uji ketahanan aus ( *Abration Test* ) menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejan Rudellof yang syarat maksimum bagian yang hancur lolos ayakan 1.7 mm adalah 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini tidak lebih dari 5 %, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai 1 %. Jika agregat mengandung kotoran melebihi batasan maksimum yang ditentukan maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara,
4. Tidak mengandung zat organik.

5. Mempunyai variasi besar butir ( gradasi ) yang baik sehingga hanya terdapat rongga yang sedikit. Untuk pasir modulus halus butir ( MHB ) berkisar 1,5 – 3,8 sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca,
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, agregat harus punya tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali,
8. Untuk agregat lasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat keseluruhan.

### **3.1.3 Air**

Air merupakan salah satu bahan dasar pembentuk beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan sebagai bahan untuk bereaksi dengan semen serta dijadikan sebagai bahan pelumas bagi butiran-butiran agregat dalam pengadukan maupun dalam pemadatan beton. Untuk dapat bereaksi dengan semen diperlukan air sebanyak 30 % dari berat semen yang diperlukan. Penggunaan air ini haruslah hati-hati dan sesuai dengan kebutuhan dan jenis agregat yang diinginkan. Hal ini disebabkan, jika air yang digunakan terlalu berlebihan maka beton yang dihasilkan bermutu rendah dan porous. Selain itu pula air yang berlebihan akan naik kepermukaan beton dan membentuk suatu lapisan yang dinamakan selaput tipis. Selaput tipis ini akan menjadikan rekatan antara lapis-lapis beton berkurang dan merupakan suatu bidang sambung yang lemah. Perbandingan jumlah air dengan jumlah semen yang digunakan untuk membuat adukan beton tersebut membentuk faktor air semen. Faktor air semen tersebut sangat mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan. Hubungan antar

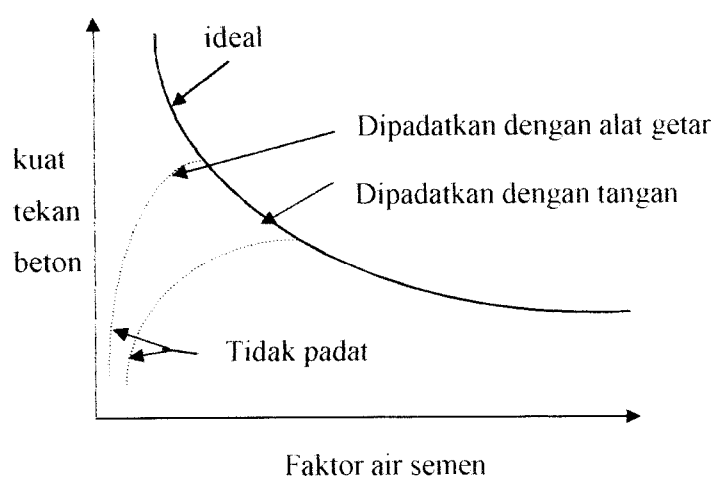
faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams ( 1919 ) sebagai berikut :

$$f'_c = A / B^{1.5X}$$

Dimana :  $f'_c$  = kuat tekan beton

X = fas ( yang semula dalam proporsi volume )

A,B = konstanta



**Gambar 3.1** Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton

Air yang memenuhi syarat sebagai bahan dasar campuran beton adalah air minum. Tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum air yang dapat digunakan untuk bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan yang memakai air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air yang digunakan mengandung zat organik atau kotoran sehingga berpengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan beton setelah mengeras.



Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lt.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton ( misalnya asam, zat organik dan sebagainya ) lebih dari 15 gr/lt.
3. Tidak mengandung khlorida lebih dari 0,5 gr/lt.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt.

Untuk perawatan dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air pada umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika peralatan cukup lama.

### **3.2 Beton Ringan**

Ilmu teknologi beton dikenal istilah jenis beton ringan (*lightweight concrete*), (Neville, 1975 dan Gambhir 1986). Pembuatan beton ringan dapat dibagi menjadi tiga cara, yaitu:

1. Pemakaian agregat ringan, dengan agregat kasar yang ringan, agregat halus yang ringan atau keduanya.
2. Beton dibuat tanpa pasir sehingga terdapat banyak rongga diantara agregat kasarnya.

Struktur beton dengan agregat ringan dapat diproduksi dengan kekuatan yang lebih besar daripada  $30 \text{ N/mm}^2$  dan bahkan kekuatan yang lebih besar lagi telah tercapai pada beberapa hal tertentu, meskipun kerugiannya berupa kenaikan

kepadatannya. Agregat yang dipergunakan meliputi lelehan tepung abu bakar yang mengeras, batu tulis, tanah liat yang diregangkan, sisa bara yang berbusa, batu apung. Karena sebagian besar agregat menghisap sejumlah besar air (sampai 80% menurut volumenya), pengaruh terhadap workabilitas selama beberapa menit pencampuran campuran yang basah menjadi sedemikian kering untuk dikerjakan. Oleh karena itu agregat perlu dibasahi tetapi jangan sampai penuh air sebelum dicampur.

Berat jenis beton dengan agregat ringan yang kering udara sangat bervariasi, tergantung pada pemilihan agregatnya. Berat jenis sebesar  $1850 \text{ kg/m}^3$  dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya meskipun kadang-kadang melebihi. Secara kasar beton ringan menurut berat jenisnya dapat dibagi menjadi 3 kelompok (Neville, 1975), yaitu :

1. Beton ringan dengan berat jenis antara  $0,30 \text{ gr/cm}^3$  dan  $0,80 \text{ gr/cm}^3$  yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.
2. Beton ringan dengan berat jenis antara  $0,80 \text{ gr/cm}^3$  dan  $1,40 \text{ gr/cm}^3$  yang dipakai untuk struktur ringan.
3. Beton ringan dengan berat jenis antara  $1,40 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,00 \text{ gr/cm}^3$  yang dipakai untuk struktur sedang.

Beton ringan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Gambhir, 1986) :

1. Ringan, berat jenis beton biasanya sekitar  $2300 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan beton ringan mempunyai berat jenis dari  $300 \text{ kg/m}^3$  sampai  $1200 \text{ kg/m}^3$ . Beton yang sangat ringan biasanya baik untuk bahan isolasi.

2. Tidak menghantarkan panas. Beton ringan mempunyai nilai isolasi sebesar 3 sampai 6 kali bata dan sekitar 10 kali beton biasa. Dinding tembok dengan tebal 200 mm yang terbuat dari beton ringan dengan berat jenis  $800 \text{ kg/m}^3$  mempunyai tingkat isolasi sama dengan dinding bata dengan tebal 400 mm dan berat jenis  $1600 \text{ kg/m}^3$ .
3. Tahan api. Beton ringan mempunyai sifat yang baik sekali dalam menahan panas. Sifat beton ringan yang tidak menghantarkan panas membuat beton ringan sangat baik untuk melindungi bagian struktur dari pengaruh api.
4. Mudah dikerjakan. Beton ringan dapat dengan mudah digergaji, dipotong, dibor atau dipaku. Oleh karena itu beton ringan mudah dibuat, perbaikan setempat juga mudah dilakukan tanpa merusak bagian lain yang tidak diperbaiki.
5. Keawetan. Beton ringan biasanya bersifat tidak kedap air, maka beton ini tidak bisa mencegah karat pada baja tulangnya sebagai mana terjadi pada beton biasa, karena itu baja tulangan yang dipakai perlu diberi lapisan khusus untuk mencegah terjadinya korosi.
6. Kecepatan pembuatan. Beton ringan dapat dengan mudah dibuat dipabrik, maka akan sangat mungkin merancang struktur dengan dasar konsep koordinasi modul yang lebih cepat pembuatannya.
7. Harga murah, karena beratnya dan nilai banding antara kuat tekan dan berat jenisnya kecil, pemakaian beton jenis ini akan membuat pemakaian baja tulangan yang sedikit. Struktur plat komposit yang memakai blok beton yang dicetak dipabrik tanpa baja tulangan dan balok grid beton bertulang

menghasilkan pemakaian semen dan baja tulangan yang sedikit sehingga harga pembuatan struktur plat lantai dan plat atap dapat dihemat. Penghematan harga plat lantai dan plat atap dapat mencapai sebanyak 15 sampai 20 persen dibandingkan jika dibuat dengan plat beton bertulang biasa.

Penempatan beton ringan dalam suatu pengerjaan bangunan dapat ditunjukkan antara lain (Gambhir, 1986) :

1. Dinding isolasi pada gedung terutama pada bangunan pabrik.
2. Sebagai beton cor pada struktur komposit antara plat lantai atau beton ringan dan balok beton bertulang biasa.
3. Apabila mempunyai kuat tekan yang tinggi dapat digunakan untuk menahan beban dalam hal ini sebagai dinding tembok struktural.
4. Dibuat panel-panel beton bertulang sebagai tembok penyekat dalam suatu gedung sebagai ruangan.

### **3.3 Beton Breksi Batu Apung Semilir**

Beton breksi batu apung semilir adalah beton ringan yang menggunakan batu apung semilir sebagai agregat kasarnya. Agregat ringan batu apung Semilir adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/m<sup>3</sup> yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Breksi batu apung banyak terdapat didaerah Piyungan dan sekitarnya. Breksi batu apung semilir adalah kumpulan batu apung ( *pumice* ) yang tersemen dan terpadatkan secara alamiah oleh tekanan dan waktu yang sangat lama. Breksi batu apung semilir memiliki tekstur warna alami yang berupa butiran-butiran pumice dengan warna dasar abu-abu kehijauan dan masih berupa bongkahan-bongkahan yang ditambah

pengolahan dijadikan butiran yang lolos saringan 4,75 mm – 38,1 mm, sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar pengganti krikil/batu pecah untuk campuran beton sebagai beton ringan. Dari hasil penelitian laboratorium, maka didapat sifat fisik dan kimia dari breksi batu apung semilir yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 ( PT. Winahata, 1995 ).

**Tabel 3.2** Sifat Fisik Breksi Batu Apung Semilir

1. Berat Jenis SSD	= 1.61 gram/cc
2. Berat tusuk kering	= 1.157 gram/cc
3. Berat jenis semu	= 2,113 gram/cc
4. Porositas	= 39 05 %
5. Keausan	= 50,96 %
6. Titik lebur	= 400° C - 600° c

**Tabel 3.3** Sifat Kimiawi Breksi Batu Apung Semilir

Unsur	Prosentase
SiO <sub>2</sub>	61,98 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,84 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,07 %
FeO	3,13 %
CaO	4,86 %
MgO	1,84 %
Na <sub>2</sub> O	2,02 %
K <sub>2</sub> O	1,26 %
MnO	0,13 %
TiO <sub>2</sub>	0,75 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11 %
H <sub>2</sub> O	2,05 %
Hilang	3,96

### Analisis Petrografi

#### Komposisi mineral

- Fragmen pumice .....	80% - 90%
- Matrik andesit .....	2% - 4%
- Matrik Lempung .....	2% - 8%

Selain itu batu apung merupakan agregat alamiah yang ringan serta umum penggunaannya. Breksi batu apung sebagai agregat mempunyai berat jenis 0,9 – 1,39 g/cm<sup>3</sup> (D. Titisari, 1998). Keuntungan breksi batu apung antara lain ringan, kuat, kedap air, dan daya tahan panas yang tinggi (Dinas Pertambangan, 1997). Hasil penelitian dari beton breksi batu apung sebagai batako ringan (Tjokrodikuljo, 1993), dengan komposisi semen (1%), pasir (3,4%), Kerikil (1,8%), dan air semen (0,5%) dari volume total, lama pengerasan 28 hari, dihasilkan berat jenis 1,6 gr/cm<sup>3</sup> dan kuat tekan 118 kg/cm<sup>2</sup>. Keuntungan dari pemakaian beton ringan breksi batu apung antara lain :

1. Bobotnya yang ringan sehingga dapat mereduksi efek gempa terutama pada gedung dengan tingkat tinggi,
2. Karena memiliki titik lebur diatas 800° C maka dapat melindungi tulangan suatu struktur sedang didalamnya, apabila dipakai sebagai dinding mempunyai isolasi panas yang baik,
3. Pembuatan beton yang relatif sederhana dan menyingkat waktu.
4. Tahan Terhadap pelapukan cuaca atau air asin (abrasi).

Beton ringan mempunyai berat jenis dibawah  $2 \text{ gr/cm}^3$  (beton biasa mempunyai berat jenis  $2,4 \text{ gr/cm}^3$ ). Tipe dari sifat berbagai jenis beton ringan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Tipe dari sifat berbagai jenis beton ringan (L.J Murdock dan K.M. Brook, 1991, halaman 398)

Tipe Beton Ringan	Berat Jenis Udara ( $\text{kg m}^{-3}$ )	Kuat Desak ( $\text{kg m}^{-2}$ )	Penyusutan Kering	Konduktivitas suhu $W m^{-1} C^{-1}$	Mudah atau tidak untuk dikerjakan	Kuat atau tidak bila mana dipaku atau disekrup
Tepung abu baker yang dikeraskan (Lytac)	1360 - 1760	142.76 - 428.28	0.04 - 0.07	0.32 - 0.91	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu tulis atau tanah liat yang dikembangkan (Agli & Leca)	1360 - 1840	142.76 - 428.28	0.04 - 0.07	0.24 - 0.91	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Busa arang (Foamed Slag)	1680 - 2080	107.07 - 428.28	0.03 - 0.07	0.24 - 0.93	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Batu apung	720 - 1440	20.39 - 142.76	0.04 - 0.08	0.21 - 0.60	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Clinker (butiran yang mengeras)	1040 - 1520	20.39 - 71.38	0.04 - 0.08	0.35 - 0.67	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Adukan semen yang dicampur dengan udara ("aerated")	400 - 960	14.28 - 49.97	0.05 - 0.18	0.10 - 0.22	Mudah dikerjakan	Memuaskan
Beton tanpa butiran halus :						
(a) Agregat kerikil 1: 8 (agregat : semen) menurut volumenya	1600 - 1840	142.76 - 428.28	0.04 - 0.07	0.32 - 0.91		Memuaskan
(b) Beton ringan 1: 6 (agregat : semen) menurut volumenya		142.76 - 428.28	0.04 - 0.07	0.32 - 0.91		Memuaskan
		35.69 - 112.17	0.02 - 0.03	0.65 - 0.80	Sukar dikerjakan	Diperlukan Blok yang dipasang pada Betonnya
		24.47 - 31.61	Tergantung dari agregat yang digunakan	Tergantung dari agregat yang digunakan	Mudah dikerjakan	
Beton pecah yang berisi kerikil atau batu pecah	2240 - 2480	142.76 - 713.80	0.03 - 0.05	1.40 - 1.80	Keras	Baik bila disumbat

### 3.4 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 sejajar tidak tumpang tindih ( *overlapping* ). Pada kondisi yang sebenarnya penyebaran serat tidak beraturan. 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 dapat tersebar merata.
2. *workability*, yaitu kemudahan pekerjaan beton.



Masalah *fiber dispersion* dapat diatasi dengan memperkecil diameter maksimum agregat dan memodifikasi teknik pencampuran adukan. ACI Commitee 544 mengisyaratkan ukuran agregat maksimum yang digunakan pada beton serat adalah 19 mm, sehingga memudahkan pengadukan dan tersedianya 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 friction*, yaitu prosentase volume serat yang ditambahkan pada satuan volume beton.

Penambahan serat kedalam 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 effect* ) yang sangat sulit disebar 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.

Jika serat yang digunakan mempunyai modulus elastisitas lebih tinggi dari beton, misalnya kawat baja, maka beton serat yang dihasilkan akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik maupun modulus elastis yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa. Berdasarkan hasil penelitian Sudarmoko ( 1993 ) yang menggunakan kawat bendrat dengan panjang 60 mm, 80 mm, dan 100 mm menunjukkan bahwa

tambahan 1 % volume beton mampu menaikkan kuat tekan beton sekitar 25 %, kuat tarik sekitar 47 % dan modulus elastis sekitar 10 % sebagaimana tampak pada Tabel 2.4. Namun apabila modulus elastis serat rendah, misalnya rami atau plastik, maka akan menghasilkan beton yang memiliki sifat yang tahan terhadap benturan.

**Tabel 3.5** Kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastis beton serat dengan serat dari bendrat ( Sudarmoko, 1993 )

No	Volume Serat (%)	Panjang Serat ( mm )	Kuat Tekan		Kuat Tarik		Modulus Elastis ( $10^4$ Mpa )
			( Mpa )	( % )	( Mpa )	( % )	
1	0	0	34,22	100	3,34	100	3,978
2	1	60	41,66	121,7	4,72	141,3	4,463
3	1	80	42,85	125,2	4,93	147,6	4,563
4	1	100	42,79	125,0	4,91	147,2	4,625

### 3.5 Serat Bambu

Bambu adalah tanaman yang termasuk Bamboideae, salah satu anggota sub familia rumput, pertumbuhannya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 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 digunakan sebagai bahan bangunan. Uji coba yang telah dilakukan dengan bambu menunjukkan adanya peningkatan kuat desak sejajar serat dari pangkal ke arah ujung.

### 3.6 Kuat Tekan Beton Ringan Berserat Bambu

Beton yang baik ialah beton yang mempunyai kemampuan menahan desak yang tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susutnya kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca dan tahan terhadap serangan zat-zat kimia yang akan merusak mutu beton. Apabila suatu beton memiliki karakteristik yang kuat dalam menahan desak, maka sifat-sifat lainnya cenderung baik sehingga peninjauan secara kasar mutu beton biasanya hanya ditinjau kuat tekannya. Namun beton pula memiliki sifat dapat menahan tarik, walaupun sangat kecil. Karena nilai kemampuan menahan tariknya sangat kecil maka dianggap nol dan yang menahan tarik digantikan oleh tulangan dalam beton.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor tersebut antara lain ( Chu-Kla Wang dan Charles G. Salmon, 1993 ) :

1. Jenis semen dan kualitasnya

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat

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

3. Efisiensi peralatan ( *Curing* )

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

#### 4. Faktor umur

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya.

Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

#### 5. Mutu agregat

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

Untuk penelitian ini yang menggunakan agregat kasar batu apung Semilir dari Piyungan, dalam upaya menghasilkan beton ringan dengan mutu yang baik harus memperhatikan jumlah air yang diserap oleh agregat ringan tersebut. Hal ini berkaitan dengan sifat batu apung semilir yang memiliki kemampuan menyerap air lebih banyak daripada kerikil. Untuk itu sebelum pencampuran dilaksanakan langkah yang tepat adalah membuat agregat batu apung dalam kondisi SSD terlebih dahulu, hal ini juga akan berpengaruh pada proses pekerjaan pengadukan ( *Workability* ). Penambahan serat bambu Ori pada beton ringan ini juga mempengaruhi akan kemampuan menahan desak dari beton yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena bambu ori memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada betonnya ( Eri Sutirto dan Irvan Setiadi, 1999 ).

Namun dengan menambahkan serat bambu Ori pada campuran beton ini, diperlukan perhatian yang khusus pada saat pencampuran dan juga pematatannya. Serat bambu Ori yang dicampurkan haruslah merata keseluruh adukan beton agar dihasilkan beton ringan berserat bambu yang diinginkan. Langkah yang baik untuk dilakukan adalah dengan menyebarkan serat bambu keseluruh adukan dan

diaduk secara manual ( diluar molen ). Hal ini pula guna mencegah terjadinya pergumpalan pada serat bambunya.

Penyebaran dari hasil kuat tekan akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan pelaksanaannya, dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal. Maka ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan indikator pelaksanaan, nilai penyebaran ini yang disebut dengan deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'cr)^2}{n-1}}$$

Dimana : S = Deviasi standar (MPa)

$f'b$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (Mpa)

$f'cr$  = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$$f'cr = \frac{\sum f'b}{N}$$

N = jumlah benda uji

Sedangkan rumus untuk tegangan karakteristik beton :

$$f'c = f'cr - 1.64.S$$

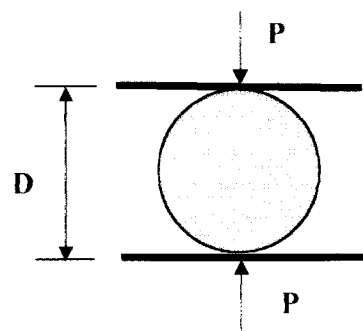
### 3.7 Kuat Tarik Beton Ringan Berserat Bambu

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Kuat tarik bahan beton yang tepat sulit diukur. Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *modulus of repture*, ialah tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos ( tanpa tulangan ),

sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas. Kuat tarik beton juga ditentukan melalui pengujian *split cilinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan beton di dalam tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Kekuatan tarik beton relatif rendah. Pendekatan yang baik untuk menghitung kekuatan tarik beton  $f_{ct}$  adalah dengan rumus  $0,10 f'_c < f_{ct} < 0,2 f'_c$  (Nawy, 1985).

Menurut ASTM C496, pada percobaan pembebanan silinder (*split cilinder*) dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan 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 pada saat dicapainya kekuatan tarik. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cilinder strength* dihitung dengan  $2P / [\pi(\text{diameter})(\text{panjang})]$  berdasarkan teori elastisitas untuk bahan yang homogen dalam pengaruh keadaan tegangan biaksial.



Gambar 3.1 Uji Tarik Belah

Metode pembelahan silinder ini biasa disebut tes Brasil.

Kekuatan tarik  $f_{ct}$  dari percobaan pembelahan silinder telah ditemukan sebanding dengan  $\sqrt{f_c}$  sedemikian hingga diperoleh (Wang dan Salmon, 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 kekuatan tekan dan besarnya untuk beton normal berkisar antara 9 sampai 15 % dari kekuatan tekan ( Dipohusodo, 1994 ).

## **BAB IV**

### **METODOLOGI DAN HASIL PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Benda uji yang direncanakan sebanyak 80 ( delapan puluh ) buah silinder beton dengan menggunakan 5 ( lima ) variasi ( 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% ) berat batu apung Semilir terhadap berat agregat kasar dengan menggunakan bahan tambah berupa serat bambu Ori sebanyak 2% dari berat semen. Benda uji yang dibuat sebanyak 80 ( delapan puluh ) buah silinder beton dengan waktu pengujian pada umur 28 hari.

Dalam penelitian ini terdapat 8 ( delapan ) tahap pengerjaan, yaitu :

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan agregat halus
3. Pemeriksaan agregat kasar
4. Penentuan proporsi campuran beton
5. Pembuatan benda uji
6. Pengujian benda uji
7. Hasil penelitian, dan



## 8. Analisis dan pembahasan hasil penelitian.

### 4.2 Persiapan Bahan

Bahan pembentuk beton yang dipergunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen portland merk Nusantara.
2. Agregat halus ( pasir ) dari Sungai Boyong, Yogyakarta, yang lolos saringan ukuran 4,75 mm ( no.4 ).
3. Agregat kasar batu pecah yang berasal dari Sungai Progo dan batu apung Semilir dari Piyungan, Yogyakarta.
4. Bambu Ori dari Ngaglig, Sleman, Yogyakarta, dan
5. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

Pada tahap persiapan bahan ini pula dilakukan pekerjaan pemecahan agregat batu apung Semilir hingga mencapai ukuran yang direncanakan, yaitu yang lolos pada saringan 38 mm dan tertahan pada saringan 4.75 mm. Untuk kerikil dilakukan penyaringan pada saringan yang sama dengan yang digunakan untuk batu apung Semilir.

Setelah tercapai jumlah Agregat batu apung Semilir dan kerikil sesuai yang direncanakan, maka dilakukan pencucian agregat kasar tersebut dari lumpur. Selain bertujuan untuk membersihkan agregat kasar dari lumpur juga bertujuan agar tercapai kondisi jenuh kering muka ( *saturated surface dry* – SSD ) dengan jalan menghamparkan agregat kasar tersebut agar terkena udara.

Untuk Serat bambu Ori yang digunakan, perlu dilakukan pembelahan untuk mencapai diameter sebesar 0,5 mm dan panjang 8 cm. Setelah pembelahan, serat

bambu Ori direndam selama 1 ( satu ) hari dan dihamparkan agar terbentuk kondisi SSD. Hal ini guna mencegah kerusakan pada bambu Ori tersebut dan agar bambu Ori tersebut tidak menyerap air yang digunakan pada saat pembuatan adukan beton.

#### **4.3 Pemeriksaan Agregat Halus**

Pemeriksaan agregat halus ( pasir ) dari Sungai Boyong, Yogyakarta, yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

1. Analisis saringan dan modulus halus butiran,
2. Pemeriksaan berat jenis agregat halus.

##### **4.3.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butiran**

Modulus Halus Butiran (*fineness modulus*) ialah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat.

Modulus halus butiran ini didefinisikan sebagai jumlah persentase kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Adapun susunan lubang ayakan yang digunakan tersebut adalah 38 mm; 19 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm. ( Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME, 1992 ).

Makin besar nilai modulus halus butiran menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki nilai modulus halus butiran sebesar antara 1,5 sampai 3,8.

Selain digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan butir, juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil bila kita akan membuat campuran beton.

Adapun hasil analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

Saringan		Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif	
No	Ø ayakan mm	I	II	I	II	I	II
1	38	0	0	0	0	0	0
2	19	0	0	0	0	0	0
3	9,5	0	0	0	0	0	0
4	4.75	91.05	93.55	4.552	4.677	4.522	4.677
5	2.36	117.35	116.65	5.867	5.832	10.419	10.509
6	1.18	362.6	380.2	18.13	19.01	28.549	29.519
7	0.6	545	559.5	27.25	27.975	55.799	54.494
8	0.3	392.9	394.9	19.745	19.745	75.444	77.239
9	0.15	283.85	277.2	13.86	13.86	89.636	91.099
10	Pan	207.25	178	8.637	8.637	-----	-----
Jumlah		2000		100		264.399	267.537
Jumlah rata-rata						265.968	

Lanjutan

Saringan		Berat Lolos Kumulatif (%)		Syarat ASTM C – 33 (%)
No	Ø ayakan mm	I	II	
1	38	100	100	100
2	19	100	100	100
3	9,5	100	100	100
4	4.75	95.478	95.323	95 – 100
5	2.36	89.581	89.491	80 – 100
6	1.18	71.451	70.481	50 – 85
7	0.6	44.201	45.506	26 – 60
8	0.3	24.556	22.761	10 – 30
9	0.15	10.364	8.901	2 – 10
10	Pan	-----	-----	-----

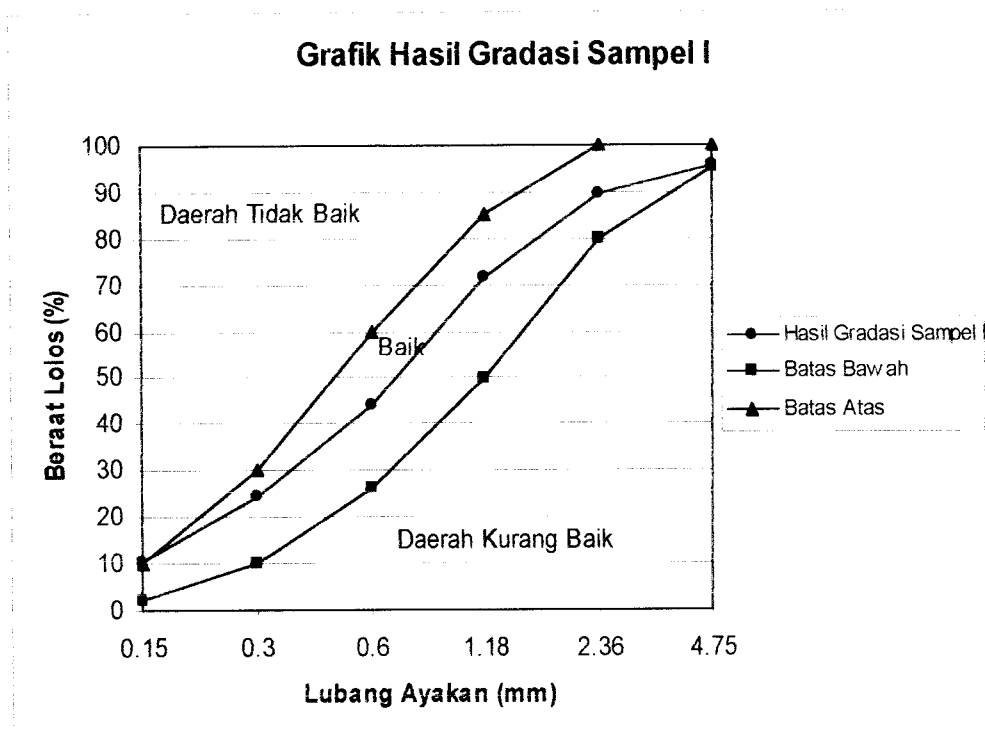
Perhitungan Modulus Halus Butiran ( MHB )

$$MHB = \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}}$$

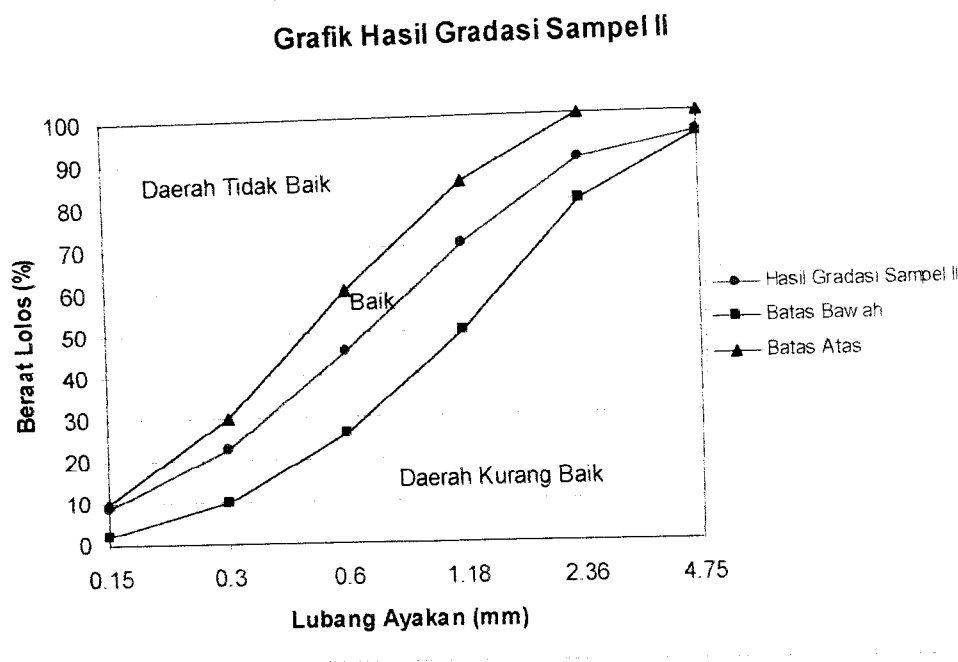
$$MHB = \frac{269.968}{100} = 2.69968$$

Dari hasil pengujian gradasi pasir diatas dan dibandingkan dengan syarat ASTM C – 33 tersebut, maka menunjukkan bahwa pasir dari Sungai Boyong dinilai baik atau memenuhi syarat sebagai agregat halus dalam campuran beton.

Grafik dari hasil pemeriksaan gradasi pasir Sungai Boyong dapat dilihat pada Grafik 4.1 dan 4.2.



**Grafik 4.1** Hasil Pemeriksaan Gradasi pasir Sungai Boyong Sampel I



**Grafik 4.2** Hasil Pemeriksaan Gradasi pasir Sungai Boyong Sampel II

Adapun cara atau prosedur pelaksanaan pemeriksaan gradasi agregat halus adalah sebagai berikut :

1. Siapkan agregat halus sebanyak 2000 gram.
2. Pasang susunan ayakan sesuai dengan aturan diameter butiran maksimum dari atas kebawah, yaitu 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,3 mm; 0,15 mm dan pan,
3. Tumpahkan contoh pasir kesusunan ayakan paling atas dan tutup rapat,
4. Goyangkan rangkaian ayakan tersebut dengan mesin penggerak selama  $\pm 5$  menit,
5. Tumpahkan sisa masing-masing butiran yang tidak lolos saringan pada masing-masing van dan ditimbang.

### 4.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan (*SSD*), berat jenis semu dan penyerapan dari agregat halus.

Adapun cara atau prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus adalah sebagai berikut :

1. Siapkan agregat halus dan keringkan dengan oven pada suhu  $105^{\circ} - 110^{\circ} \text{C}$ ,
2. Dinginkan pada suhu ruangan, kemudian rendam dalam air selama 24 jam,
3. Buang air perendam, jangan ada butiran yang hilang. Tebarkan agregat halus di atas talam, kemudian keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikannya. Hal ini dilakukan supaya terjadi kering permukaan jenuh (*SSD*),
4. Periksa keadaan kering permukaan jenuh, pasir dimasukkan ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan menumbuk sebanyak 25 kali. Kemudian kerucut terpancung diangkat, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh, tapi masih dalam tercetak,
5. Bila pasir dalam keadaan *SSD* diambil sampel 500 gram dan dimasukkan ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90 % isi piknometer, putar sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya,
6. Rendam piknometer selama 24 jam.

7. Timbang piknometer berisi air dan benda uji ( pasir ) dilambangkakan dengan BT,
8. Keluarkan pasir dan keringkan dengan oven pada suhu  $105 - 110^{\circ} \text{C}$  selama 24 jam,
9. Dinginkan benda uji dan ditimbang ( BK ),
10. Berat jenis dapat diperoleh dengan rumus :

$$BJ = \frac{BK}{B + 500 - BK}$$

#### 4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar pada penelitian ini meliputi :

1. Analisis saringan dan modulus halus butiran
2. Pemeriksaan berat jenis.
3. Pemeriksaan berat volume

##### 4.4.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir

Analisis saringan ini bertujuan untuk mencari variasi butiran MHB agregat kasar dengan menggunakan saringan. Adapun hasil dari pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)
1	38	0
2	19	50
3	9,5	700
4	4.75	250

Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar Berat Breksi Apung Semilir yang di periksa = 1000 gram

**Tabel 4.3** Hasil Gradasi Agregat Kasar Dibanding dengan Syarat ASTM  
(C33-71 a)

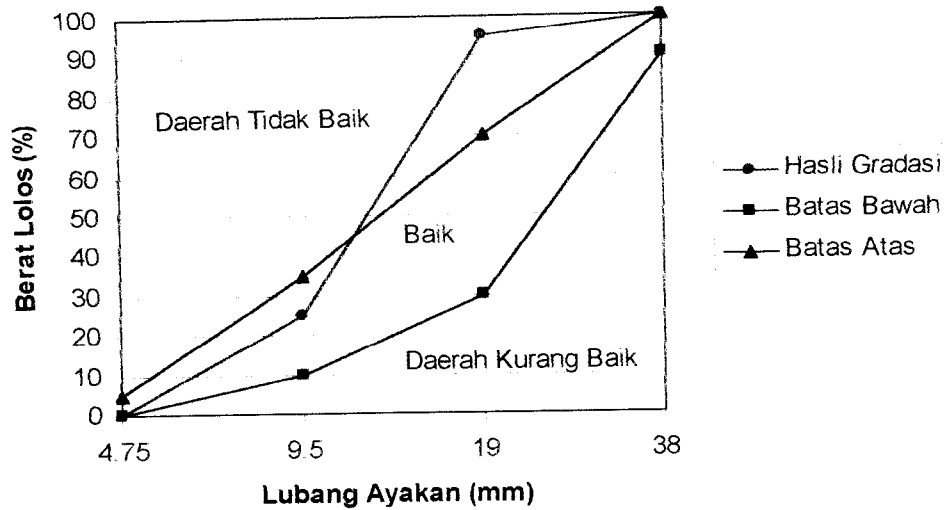
No	Lubang Ayakan mm	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C33-71 a (%)
		Gram	(%)			
1	38	0	0	0	100	90 – 100
2	19	50	5	5	95	30 – 70
3	9,5	700	70	75	25	10 – 35
4	4.75	250	25	100	0	0 – 5
5	2.36	0	0	100	0	-
6	1.18	0	0	100	0	-
7	0.6	0	0	100	0	-
8	0.3	0	0	100	0	-
9	0.15	0	0	100	0	-
10	Pan	0	0	-	-	-
Jumlah		1000	100	680	-	-

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$MHB = \frac{\% \text{Komulatif Berat Tertahan}}{\% \text{Berat Tertahan}} = \frac{680}{100} = 6,8$$

Hasil Pemeriksaan gradasi pecahan breksi batu apung Semilir dapat dilihat pada Grafik 4.3 berikut ini.





**Grafik 4.3** Hasil Pemeriksaan Gradasi Pecahan Breksi Batu Apung Semilir

#### 4.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Pada pemeriksaan ini bertujuan untuk mencari berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = ssd*), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat kasar yang digunakan. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar pecahan batu apung Semilir dapat dilihat pada lampiran.

Berat jenis batu apung Semilir dari hasil penelitian tersebut masih di bawah berat jenis kerikil. Pada umumnya yang besarnya  $2,4 \text{ gram/cm}^3$ . Pada kondisi sifat batu apung Semilir yang memiliki kemampuan menyerap air yang lebih besar dari kerikil, maka sebelum membuat adukan beton perlu dilakukan pembasahan batu apung Semilir agar menjadi kondisi SSD terlebih dahulu.

#### 4.4.3 Pemeriksaan Berat Volume

Berat volume agregat adalah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam kg/liter atau  $\text{ton/m}^3$ . Jadi berat volume agregat dihitung

berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya adalah volume padat ( meliputi pori tertutup ) dan volume pori terbukanya. Secara matematis berat volume dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_t = V_b + V_p$$

Dengan :  $V_t$  = volume total

$V_b$  = volume butiran, termasuk pori tertutup

$V_p$  = volume pori terbuka.

#### 4.5 Penentuan Proporsi Campuran

Perhitungan kebutuhan proporsi dari masing-masing bahan untuk campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan  $f'_c$  = 17,5 Mpa, umur 28 hari
2. Diameter agregat maksimum = 40 mm
3. Data Pasir (misal)
  - a. Modulus halus butir = 2,69968
  - b. Berat jenis pasir (SSD) = 2,532 gr/cm<sup>3</sup>
4. Data kerikil
  - a. Berat jenis batu apung (SSD) = 1,6835 gr/cm<sup>3</sup>
  - b. Berat volume batu apung = 797,4 kg/m<sup>3</sup>
5. Berat jenis semen = 3,15 gr/cm<sup>3</sup>
6. Langkah penelitian
  - a. Menentukan kuat tekan beton rata-rata ( $f'_{cr}$ ).

Berdasarkan mutu pelaksanaan cukup dan volume pekerjaan kecil maka di ambil nilai deviasi standar ( $S$ ) = 7,5 (dari Tabel 4.4).



**Tabel 4.4** Nilai Deviasi Standar ( kg/cm<sup>2</sup> )

Volume Pekerjaan ( m <sup>3</sup> )	Mutu Pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	45 < S < 55	55 < S < 65	65 < S < 85
Sedang 1000-3000	35 < S < 45	45 < S < 55	55 < S < 75
Besar > 3000	25 < S < 45	35 < S < 45	45 < S < 65

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata } (f'_{cr}) &= f'_c + m \\
 &= f'_c + (1,64 \cdot S) \\
 &= 17,5 + (1,64 \cdot 7,5) = 29,8 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan faktor air semen.

1. Berdasarkan nilai kuat desak rata-rata sebesar 29,8 Mpa maka diperoleh nilai fas sebesar 0,5069 (dari Tabel 4.5)

**Tabel 4.5** Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28

Hari

Faktor Air Semen	Perkiraan Kuat Tekan ( Mpa )
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

2. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan di dalam ruangan dan kondisi keliling non korosif, maka diperoleh nilai fas maksimum sebesar 0,600 (dari Tabel 4.6).

**Tabel 4.6** Faktor Air Semen Maksimum Berdasarkan Pengaruh Tempat Elemen

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

Dari kedua asumsi perkiraan diatas diambil nilai fas sebesar 0,5069

c. Menetapkan nilai slump.

Didasarkan pada Tabel 4.7 untuk beton yang digunakan sebagai pelat, balok, kolom, dan dinding diperoleh nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm.

**Tabel 4.7** Nilai Slump Berdasarkan Penggunaan Jenis Elemen

Pemakaian Jenis Elemen	Maks ( cm )	Min ( cm )
Dinding pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang.	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah pondasi.	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding.	15,0	7,5
Pengerasan jalan.	7,5	5,0
Pembetonan masal.	7,5	2,5

d. Menetapkan kebutuhan air.

Dengan ukuran maksimum agregat 40 mm dan nilai slump di ambil sebesar 75 mm – 100 mm (dari Tabel 4.8) diperoleh air sebesar 177 liter dan udara terperangkap dalam beton sebesar 1 %.

**Tabel 4.8** Perkiraan Nilai Slump Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat

Slump	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 %

e. Menghitung kebutuhan semen.

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$W_{semen} = \frac{177}{0,5069} = 349.2108 \text{ kg}$$

f. Menentukan volume agregat kasar.

Volume agregat kasar ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat 40 mm MHB pasir 2,69968 sesuai tabel diperoleh volume agregat kasar sebesar 0.7340 m<sup>3</sup> (dari Tabel 4.9).

**Tabel 4.9** Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar per m<sup>3</sup> Beton Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Modulus Halus Butir Pasir (m<sup>3</sup>)

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

Berat kerikil kering dalam beton =  $0.7340 \times 797.4 = 585.3171$  kg.

g. Menentukan volume agregat halus.

Volume semen =  $349.2108 / (3,15 \times 1000) = 0.1109$  m<sup>3</sup>

Volume air =  $177 / 1000 = 0,177$  m<sup>3</sup>

Volume agregat kasaar =  $585.317 / (1.684 \times 1000) = 0.3477$  m<sup>3</sup>

Volume udara terperangkap = 1 % = 0,01 m<sup>3</sup>

$\Sigma = 0.6455$  m<sup>3</sup>

Volume agregaat halus =  $1 - 0.6455 = 0.3545$  m<sup>3</sup>

Berat agregat halus =  $0.3545 \times 2,532 \times 1000 = 898.558$  kg

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

Dari penentuan parameter diatas maka diperoleh untuk 1 m<sup>3</sup> beton dengan perbandingan Pc : Ps : Kr : A = 1 : 2,2329: 1,6761: 0,5069 diperlukan material :

1. Berat semen : 349,2108 kg

2. Beraat pasir : 898,558 kg

3. Berat batu apung : 585,3171 kg

4. Berat air : 177 lt

Berat bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton ringan = 2010,086 kg

i. Kebutuhan material 1 m<sup>3</sup> adukan beton dengan serat bambu 2 %.

1. Berat kebutuhan semen =  $349,2 \times (100 - 2) \% = 342,23$  kg
2. Berat kebutuhan serat bambu =  $349,2 - 342,23 = 6,97$  kg
3. Berat pasir = 898,558 kg
4. Berat batu apung = 585,3171 kg
5. Air = 177 lt

Berat bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton ringan dengan Serat Bambu 2 % = 2010,1 kg

**Tabel 4.10** Daftar Kebutuhan Campuran Beton tanpa Serat Bambu Tiap m<sup>3</sup>

Bahan	Berat & Volume	Variasi Batu Apung				
		0%	25%	50%	75%	100%
Air	Berat (lt)	177	177	177	177	177
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Semen	Berat (kg)	349,21	349,21	349,21	349,21	349,21
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,1109	0,1109	0,1109	0,1109	0,1109
Pasir	Berat (kg)	639,86	800,67	826,45	870,86	898,56
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,252	0,316	0,326	0,344	0,355
Agregat	Berat (kg)	1191,33	831,14	741,15	635,16	585,32
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,450	0,386	0,376	0,359	0,348

**Tabel 4.11** Daftar Kebutuhan Campuran Beton Berserat Bambu Tiap m<sup>3</sup>

Bahan	Berat & Volume	Variasi Batu Apung				
		0%	25%	50%	75%	100%
Air	Berat (lt)	177	177	177	177	177
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Semen	Berat (kg)	342,23	342,23	342,23	342,23	342,23
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,1086	0,1086	0,1086	0,1086	0,1086
Serat Bambu	Berat (kg)	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022
Pasir	Berat (kg)	639,86	800,67	826,45	870,86	898,56
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,252	0,316	0,326	0,344	0,355
Agregat	Berat (kg)	1191,33	831,14	741,15	635,16	585,32
	Volume (m <sup>3</sup> )	0,450	0,386	0,376	0,359	0,348

#### 4.6 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dari 2 jenis campuran yaitu beton ringan tanpa serat bambu dan beton ringan dengan serat bambu, yang masing-masing jenis memiliki 5 variasi campuran batu apung sebagai pengganti agregat krikil yang terdiri dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% campuran beton dengan batu apung. Untuk setiap variasi dibuat 6 sampel silinder beton dengan jenis beton tanpa serat bambu dan 10 sampel silinder beton dengan jenis beton berserat bambu dengan waktu pengujian umur 28 hari.

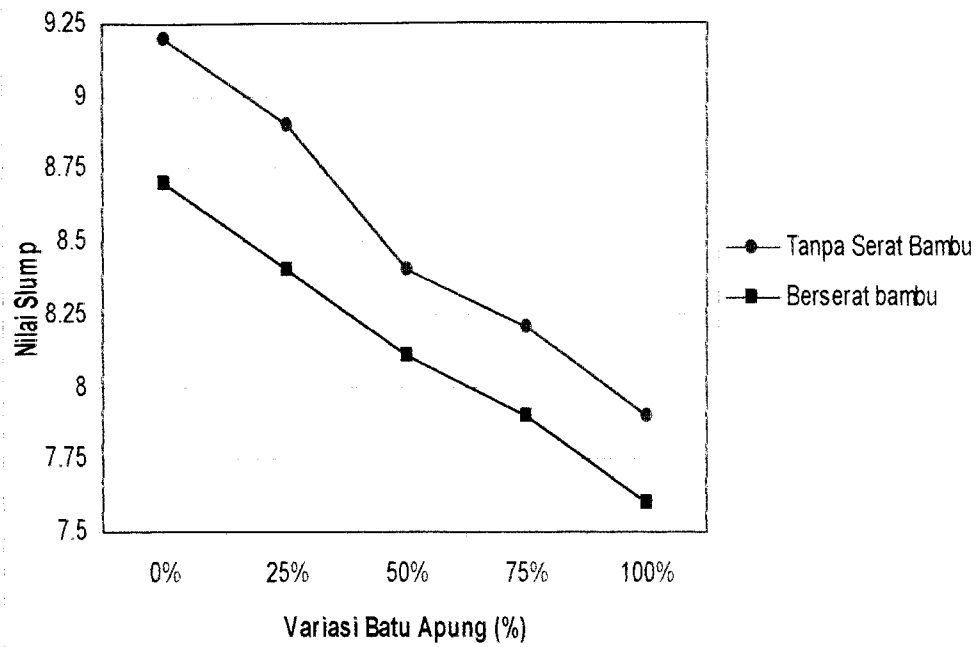
#### 4.7 Pemeriksaan Nilai Slump

Nilai-nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton seperti pada Tabel 4.12

**Tabel 4.12** Nilai Slump Berbagai Variasi Campuran

Variasi	Nilai Slump	
	Adukan Beton Tanpa Serat Bambu	Adukan Beton Berserat Bambu
0 %	9.2	8.7
25 %	8.9	8.4
50 %	8.4	8.1
75 %	8.2	7.9
100 %	7.9	7.6





**Grafik 4.4** Hasil Pemeriksaan Nilai Slump

#### 4.8 Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji

**Tabel 4.13** Berat Jenis Beton Tanpa Serat Bambu Pada Masing-masing Variasi

Batu Apung

Variasi	Sampel	Berat (Kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Bj (Kg/m <sup>3</sup> )	Bj Rata-rata (Kg/m <sup>3</sup> )
0%	1	12.4	5381,687	2304.11	2164.8265
	2	11.22	5374,581	2087.605	
	3	11.5	5399,603	2129.786	
	4	11.05	5268,214	2097.485	
	5	12.05	5269,889	2286.576	
	6	11.02	5289,438	2083.397	
25%	1	11.3	5499,927	2054.573	2088.8226
	2	11	5374,521	2046.694	
	3	11.45	5267,98	2173.509	
	4	11.1	5401,394	2055.025	
	5	11.1	5198,03	2135.425	
	6	11.15	5392,437	2067.711	
50%	1	10.35	5268,092	1964.658	1928.8083
	2	10.4	5494,657	1892.748	
	3	10.35	5377,821	1924.571	
	4	10.2	5312,359	1920.051	
	5	10.15	5294,615	1917.042	
	6	10.4	5323,018	1953.779	
75%	1	9.6	5421,108	1770.856	1835.8588
	2	9.7	5280,50	1836.947	
	3	10.1	5419,309	1863.706	
	4	9.83	5340,569	1840.628	
	5	9.98	5347,82	1866.181	
	6	10.12	5509,479	1836.834	
100%	1	9.4	5246,176	1791.781	1777.8333
	2	9.48	5325,694	1780.050	
	3	9.5	5311,353	1788.621	
	4	9.4	5294,496	1775.429	
	5	9.35	5294,496	1765.985	
	6	9.6	5438,682	1765.134	

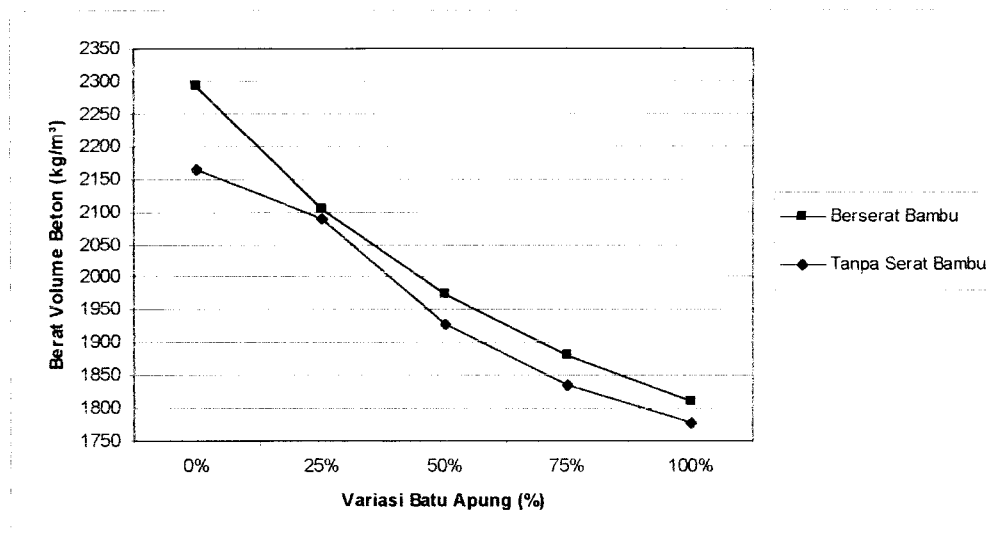
**Tabel 4.14** Berat Jenis Beton Berserat Bambu Pada Masing-masing Variasi Batu

Apung

Variasi	Sampel	Berat (Kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Bj (Kg/m <sup>3</sup> )	Bj Rata-rata (Kg/m <sup>3</sup> )
0%	1	11.75	5500,343	2136,231	2293.1758
	2	12.3	5197,506	2366,52	
	3	11.57	5428,267	2131,435	
	4	12.6	5467,882	2304,366	
	5	12.4	5392,437	2299,517	
	6	12.52	5259,233	2380,575	
	7	12.5	5374,286	2325,891	
	8	12.6	5334,603	2361,938	
	9	12.45	5282,132	2357,003	
	10	12.6	5554,862	2268,283	
25%	1	11.8	5283,391	2233,414	2103.8782
	2	10.91	5172,947	2109,049	
	3	11.82	5292,575	2233,317	
	4	11.8	5301,771	2225,672	
	5	10.9	5294,666	2058,676	
	6	10.75	5259,493	2043,923	
	7	10.69	5210,393	2051,669	
	8	10.82	532,25	2033,357	
	9	10.75	5266,531	2041,192	
	10	10.91	5431,878	2008,513	
50%	1	10.1	524,04	1927,466	1974.0101
	2	10.81	5097,525	2120,637	
	3	10.02	5288,267	1894,761	
	4	10.2	528,9	1943,264	
	5	10.11	5308,848	1904,368	
	6	10.21	5420,392	1883,628	
	7	10.25	5463,407	1876,119	
	8	10.94	5028,605	2175,554	
	9	10.83	507,68	2133,284	
	10	10.21	5427,902	1881,021	
75%	1	10.3	5060,601	2035,331	1879.4893
	2	9.79	4987,639	1962,852	
	3	9.89	5303,571	1864,781	
	4	9.72	5480,788	1773,467	
	5	9.81	5407,908	1814,010	
	6	9.69	5244,568	1847,626	
	7	9.68	522,9	1851,289	
	8	9.84	5274,442	1865,600	
	9	9.76	4970,477	1963,594	
	10	9.83	5411,977	1816,342	

100%	1	9.44	5278.332	1788.444	1809.8475
	2	9.36	5247.151	1783.825	
	3	9.15	5261.192	1739.149	
	4	9.7	5173.298	1875.013	
	5	9.51	526.77	1806.347	
	6	9.32	5315.852	1753.247	
	7	10	5304.785	1885.090	
	8	9.27	5198.206	1783.308	
	9	9.62	5312.293	1810.894	
	10	10.1	5391.964	1873.158	

Hasil Pemeriksaan berat jenis benda uji dari beberapa variasi batu apung dapat dilihat pada Grafik 4.4



**Grafik 4.5** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Beton

#### 4.9 Hasil Pengujian

Hasil pengujian kuat tekan dan tarik beton dapat dilihat pada Tabel 4.15, 4.16, 4.17, dan 4.18 sebagai berikut.

**Tabel 4.15** Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Beton Tanpa Serat Bambu

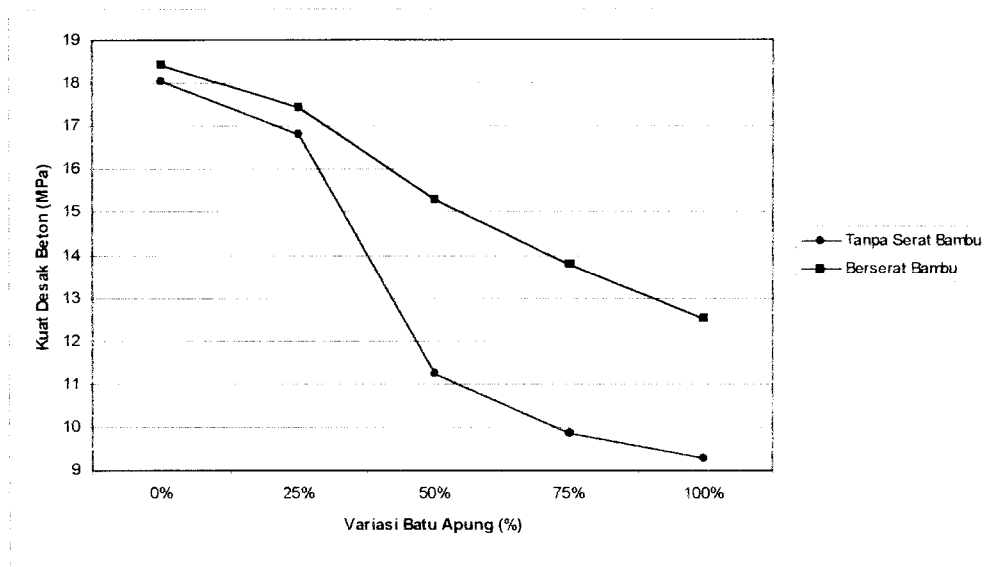
Variasi	Sampel	A (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	1	179,0786	317	17,6946	18,0311
	2	177,8946	313	17,5876	
	3	179,0786	337	18,8110	
25%	1	179,0786	287	16,0200	16,7839
	2	179,0786	271	15,1269	
	3	174,3662	335	19,2047	
50%	1	177,1861	185	10,4368	11,2491
	2	179,3159	200	11,1490	
	3	176,7146	215	12,1616	
75%	1	179,3159	180	10,03411	9,8535
	2	177,1861	170	9,5906	
	3	179,0786	178	9,9358	
100%	1	174,3662	170	9,7457	9,2662
	2	177,4221	160	9,0144	
	3	176,9503	160	9,0385	

**Tabel 4.16** Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Beton Berserat Bambu

Variasi	Sampel	A (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	1	180,3391	325	18,0216	18,4308
	2	172,1029	308	17,8963	
	3	179,1507	332	18,5319	
	4	180,3391	383	21,2378	
	5	179,1507	295	16,4666	
25%	1	178,7950	308	17,2264	17,4118
	2	174,0854	269	15,4522	
	3	174,7878	315	18,0219	
	4	177,2575	333	18,7862	
	5	175,8441	309	17,5724	
50%	1	176,4323	263	14,9066	15,2927
	2	171,0579	257	15,0242	
	3	177,9663	272	15,2838	
	4	174,9050	267	15,2654	
	5	176,4323	282	15,9835	
75%	1	170,2473	235	13,8035	13,7611
	2	167,4829	245	14,6284	
	3	176,7857	256	14,4808	
	4	182,9674	238	13,0078	

	5	180,0535	232	12,8851	
100%	1	174,2024	215	12,3420	12,5113
	2	174,9050	218	12,4639	
	3	176,5501	227	12,8575	
	4	171,8704	217	12,6258	
	5	176,0793	216	12,2672	

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan dapat dilihat pada Grafik 4.6 berikut ini.



**Grafik 4.6** Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi Batu Apung

**Tabel 4.17** Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Tanpa Serat Bambu

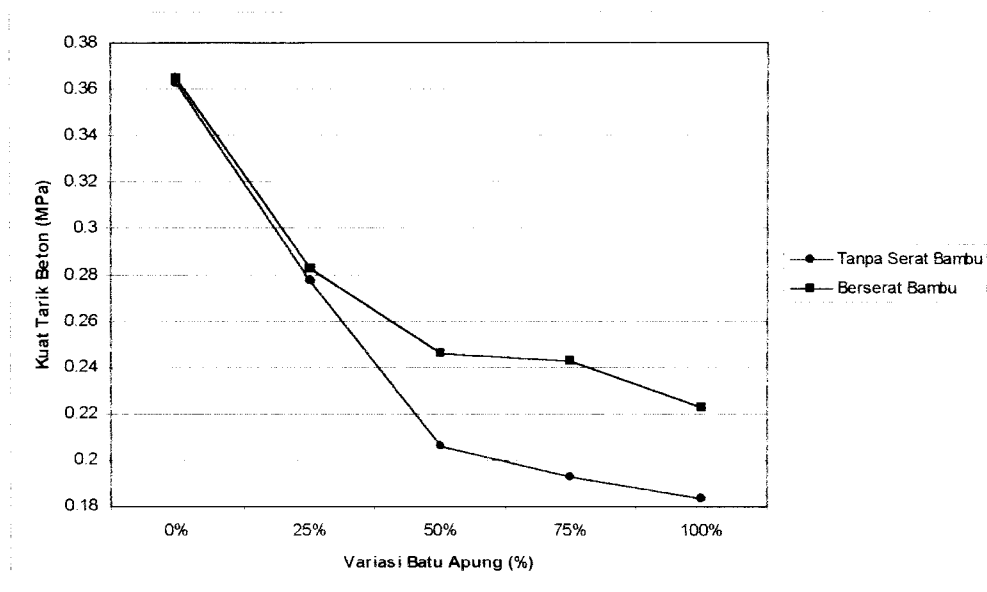
Variasi	Sampel	$\pi.L.D$ (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
0%	1	1404,2919	243	3,4594	3,6261
	2	1412,2703	282	3,9920	
	3	1412,400	242	3,4268	
25%	1	1430,8329	172	2,4042	2,7722
	2	1390,7771	195	2,8042	
	3	1428,4600	222	3,1082	
50%	1	1418,5204	148	2,0867	2,0590
	2	1416,6193	150	2,1177	
	3	1419,4714	140	1,9726	
75%	1	1426,0532	138	1,9354	1,9246
	2	1425,1352	130	1,8244	
	3	1449,8629	146	2,0140	
100%	1	1407,1750	137	1,9472	1,8324
	2	1407,1750	120	1,7055	
	3	1431,2320	132	1,8446	

**Tabel 4.18** Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Berserat Bambu

Variasi	Sampel	$\pi.L.D$ (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
0%	1	1422,3754	265	3,7262	3,6443
	2	1433,1429	263	3,6703	
	3	1430,1886	285	3,9855	
	4	1416,1211	245	3,4602	
	5	1461,8057	247	3,3794	
25%	1	1407,2221	192	2,7288	2,8232
	2	1399,7025	208	2,9721	
	3	1419,0000	184	2,5934	
	4	1408,1634	210	2,9826	
	5	1437,0048	204	2,8392	
50%	1	1425,4812	168	2,3571	2,4550
	2	1432,0856	175	2,4440	
	3	1372,9980	173	2,5200	
	4	1380,4704	171	2,4774	
	5	1429,3356	177	2,4767	
75%	1	1403,6985	170	2,4222	2,4248
	2	1401,4446	160	2,2834	
	3	1407,8319	174	2,4719	

	4	1363.6424	176	2,5813	
	5	1428.9047	169	2,3655	
100%	1	1412.8510	169	2,3923	2,2256
	2	1406,1724	147	2,0908	
	3	1395,4914	166	2,3791	
	4	1411,9050	145	2,0540	
	5	1437,8571	159	2,2116	

Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Ringan dapat dilihat pada Grafik 4.7 berikut ini.



**Grafik 4.7** Hubungan Kuat Tarik Beton Terhadap Variasi Batu Apung



## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Karakteristik Beton

Kekuatan tekan beton memiliki kecenderungan untuk bervariasi dari satu adukan terhadap adukan lainnya. Besar variasi ini tergantung dari berbagai faktor ( Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993 ), antara lain.

1. Variasi mutu bahan dari satu adukan keadukan berikutnya.
2. Variasi cara pengadukan.
3. Ketrampilan dan stabilitas pengaduk atau pekerja.

Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik dimaksudkan untuk mencari mutu dari beton dan ukuran dari mutu pelaksanaannya. Namun selain memiliki kemampuan untuk menahan tekan, beton pula memiliki kuat tarik.

Nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar yang dapat digunakan, bahwa nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% ( Istimawan Dipohusodo, 1999 ).

Adapun cara perhitungan dari kekuatan tekan beton karakteristik dapat dilihat dari rumus berikut ini.

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f^b - f^{cr})^2}{n-1}}$$

Rumus untuk menghitung kuat tekan beton karakteristik :

$$f_c = f_{cr} - 1.64.S$$

Keterangan :  $f_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$f^b$  = Kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (MPa)

S = Deviasi standar (MPa)

N = Jumlah benda uji

$f_c$  = Kuat tekan beton karakteristik (MPa)

Hasil perhitungan kuat tekan beton karakteristik dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.1** Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Berserat Bambu

Variasi	$f^b$ (MPa)	$f_{cr}$ (MPa)	$(f^b - f_{cr})^2$ (MPa)	$f_c$ (MPa)
0%	18.0274	18.4564	0.1840	15.5264
	17.9021		0.3072	
	18.5377		0.0066	
	21.3428		8.3312	
	16.4720		3.9381	
25%	17.2320	17.4175	0.0344	15.3814
	15.4572		3.8426	
	18.0278		0.3724	
	18.7923		1.8901	
	17.5781		0.0258	
50%	14.9114	15.2977	0.1492	14.6118
	15.0291		0.0721	
	15.2888		0.00008	
	15.2703		0.0007	
	15.9887		0.4775	
75%	13.8078	13.7456	0.0039	12.4639
	14.5331		0.6202	
	14.4855		0.5475	
	13.0120		0.5381	
	12.8893		0.7332	

100%	12.3460	12.5153	0.0287	11.4621
	12.4679		0.0022	
	12.8617		0.1199	
	12.6299		0.0131	
	12.2712		0.0596	

Contoh hitungan mencari nilai  $f'_c$  pada variasi batu apung 0% :

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{cb}}{N} = 92.2819 / 5 = 18.4564 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_{cb} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{12.7671}{(5-1)}} = 1.7866 \text{ MPa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - (1.64 \times S)$$

$$= 18.4564 - (1.64 \times 1.7866) = 15.5264 \text{ MPa}$$

**Tabel 5.2** Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Tanpa Serat Bambu

Variasi	$f'_{cb}$ (MPa)	$f'_{cr}$ (MPa)	$(f'_{cb} - f'_{cr})^2$ (MPa)	$f'_c$ (MPa)
0%	17.7003	18.0366	0.1131	16.9260
	17.5933		0.1965	
	18.8161		0.6077	
25%	16.0252	16.7893	0.5839	13.2728
	15.1318		2.7473	
	19.2109		5.8642	
50%	10.4402	11.2528	0.6603	9.8309
	11.1526		0.0100	
	12.1655		0.8331	
75%	10.0373	9.85666	0.0326	9.4746
	9.5937		0.0691	
	9.9390		0.0068	
100%	9.7489	9.2692	0.2301	8.5877
	9.0173		0.0634	
	9.0414		0.0519	

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Berat Jenis Agregat dan Beton

Kuat tekan beton bernilai tinggi umumnya dihasilkan dari campuran beton dengan nilai fas rendah, akan tetapi campuran beton ini pada umumnya sulit dikerjakan dan apabila pematatannya kurang sempurna sehingga akan menghasilkan beton porous/kropos yang dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri.

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar breksi batu apung Semilir diperoleh hasil  $1,6835 \text{ gram/cm}^3$ . Dari hasil tersebut maka breksi batu apung Semilir termasuk kedalam agregat ringan (syarat berat jenis agregat ringan  $\leq 2 \text{ gram/cm}^3$ ).

Beton ringan yang menggunakan 100% agregat breksi batu apung Semilir tanpa serat bambu Ori mempunyai berat jenis antara  $1780,050 - 1791,781 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan beton sebesar  $91,89 \text{ kg/cm}^2 - 99,345 \text{ kg/cm}^2$  (dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan 5.2). Sedangkan beton ringan batu apung lainnya yang pernah di uji mempunyai berat jenis beton antara  $720 - 1440 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan beton antara  $20,39 - 142,76 \text{ kg/cm}^2$  (dapat dilihat pada Tabel 3.4). Analisis Tabel 3.4 menunjukkan semakin tinggi berat jenis beton maka kuat tekan beton yang dihasilkan juga bertambah.

Jenis beton ringan dapat dikelompokkan berdasarkan berat jenisnya ( A. M. Neville, 1975 ), yaitu :

1. Beton ringan yang berat jenisnya antara  $0,30 - 0,80 \text{ gram/cm}^3$ , biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.

2. Beton ringan dengan berat jenis antara 0.8 – 1.40 gram/cm<sup>3</sup>, biasanya dipakai untuk struktur ringan,
3. Beton ringan dengan berat jenis antara 1.40 – 2.00 gram/cm<sup>3</sup>, biasanya digunakan untuk struktur sedang.

Berdasarkan dari pengelompokan beton ringan seperti di atas, maka hasil dari beton ringan dengan menggunakan breksi batu apung Semilir tanpa dan dengan serat bambu terlihat pada Tabel 5.3 dan 5.4

**Tabel 5.3** Penggolongan Benda Uji Beton Ringan Tanpa Serat Berdasarkan Berat Jenisnya

Variasi	Berat Jenis rata-rata Benda Uji ( gr/cm <sup>3</sup> )	Penggunaan Benda Uji
0%	2,1648	-
25%	2,0888	-
50%	1,9288	Struktur sedang
75%	1,8359	Struktur sedang
100%	1,7778	Struktur sedang

**Tabel 5.4** Penggolongan Benda Uji Beton Ringan Berserat Bambu Berdasarkan Berat Jenisnya

Variasi	Berat Jenis rata-rata Benda Uji ( gr/cm <sup>3</sup> )	Penggunaan Benda Uji
0%	2,2932	-
25%	2,1039	-
50%	1,9740	Struktur sedang
75%	1,8795	Struktur sedang
100%	1,8098	Struktur sedang

### 5.2.2 Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Kuat tekan dan kuat tarik beton tanpa serat bambu nilainya lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan dan kuat tarik beton berserat bambu (dapat dilihat pada Tabel 4.15; 4.16; 4.17, dan 4.18), hal ini disebabkan oleh adanya serat bambu yang mempunyai kuat tarik yang cukup besar sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat antara bahan-bahan pembentuk beton guna untuk mencegah adanya retak-retak, sehingga beton yang dihasilkan akan menjadi lebih daktil daripada beton tanpa serat bambu.

Kuat tekan dan kuat tarik beton yang diperoleh dari berbagai variasi mempunyai kuat tekan dan kuat tarik tertinggi pada benda uji dengan variasi agregat 0% batu apung sedangkan kuat tekan dan kuat tarik beton terkecil diperoleh pada benda uji dengan variasi agregat 100% menggunakan batu apung (dapat dilihat pada Grafik 4.6 dan 4.7). Hal ini wajar karena agregat yang digunakan pada beton dengan pecahan breksi batu apung Semilir berbeda jenisnya dengan batu krikil. Disamping itu juga tingkat kekerasan/keausan agregat pecahan breksi batu apung lebih rendah dari batu krikil.

### 5.2.3 Kuat Tekan Beton Karakteristik

Pada perhitungan kuat tekan beton karakteristik yang bertujuan untuk mencari mutu beton dan ukuran dari mutu pelaksanaan pada benda uji yang diteliti ini memiliki nilai yang lebih rendah dari perencanaan awal (ACI ). Dengan penggunaan jumlah benda uji yang kurang dari 20 buah akan menghasilkan nilai deviasi standar yang besar, sehingga jika mengikuti rumus  $f_c = f_{cr} - (1.64.S)$  didapat nilai kuat tekan beton karakteristik yang rendah.

Menurut PBBI 1971 pasal 4.5 ayat 1 dan 2, bahwa nilai deviasi standar dan kekuatan tekan beton karakteristik dapat dihitung jika benda uji yang digunakan minimal 20 buah, karena dengan jumlah benda uji yang kurang dari 20 buah tersebut terjadi penyebaran nilai tidak merata yang mengakibatkan simpangan yang besar.

#### **5.2.4 Pemeriksaan Slump**

Nilai slump yang tertinggi terjadi pada adukan beton dengan variasi agregat 0% batu apung (tanpa serat bambu) sedangkan nilai slump terendah terjadi pada adukan beton dengan variasi agregat 100% batu apung (dengan serat bambu), dapat dilihat pada Grafik 4.4. Hal ini disebabkan oleh adanya batu apung yang mempunyai rongga-rongga cukup banyak sehingga kemampuan menyerap airnya pun cukup tinggi, hal lainnya juga disebabkan oleh adanya serat bambu yang juga mampu menyerap air cukup tinggi. Pada berbagai variasi nilai slump pada beton tanpa serat bambu nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai slump pada beton yang berserat bambu, yang berarti sifat dapat dikerjakan (*workability*) pada beton tanpa serat bambu lebih mudah namun mempunyai kuat tekan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kuat tekan beton berserat bambu.

#### **5.2.5 Perbandingan Kuat Tekan dengan Berat Jenis Beton**

Pada hasil perbandingan antara hasil uji kuat tekan dengan berat jenis beton yang dihasilkannya menunjukkan perbandingan antara kuat tekan dengan berat jenis terbesar dicapai pada variasi batu apung 25% batu apung dengan serat bambu yaitu sebesar 843,6365 m (mengalami peningkatan dari variasi 0% berat

batu apung sebesar 3%), dan pada beton tanpa serat bambu nilai tertinggi diperoleh pada variasi 0% sebesar 849,0436 m (dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Grafik 5.1).

#### **5.2.6 Perbandingan Kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton**

Perbandingan terbesar antara kuat tarik beton dengan berat jenis beton batu apung dengan dan yang tanpa serat bambu diperoleh pada variasi 0% (dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Grafik 5.2). Dari Grafik 5.1 dan 5.2 tampak bahwa beton berserat bambu mempunyai nilai perbandingan antara kuat tekan maupun kuat tarik terhadap berat jenisnya yang lebih kecil dari beton tanpa serat bambu pada variasi batu apung 0%, tetapi pada variasi dimana kandungan batu apung bertambah besar ternyata dapat meningkatkan nilai perbandingan kuat tekan dan kuat tarik terhadap berat jenis beton berserat bambu. Pada variasi 100% peningkatan perbandingan kuat tekan dengan berat jenis betonnya sekitar 32%, sedangkan perbandingan kuat tarik dengan berat jenis beton pada variasi 100% mengalami peningkatan sekitar 19%.

Berdasarkan hasil perbandingan kuat tekan dengan berat jenis beton serta perbandingan antara kuat tarik dengan berat jenis beton di atas menunjukkan bahwa penggunaan serat bambu Ori pada campuran beton dengan agregat kasar batu apung Semilir dapat memperbaiki karakteristik beton khususnya yang berkaitan dengan kemampuan menahan tekan, tarik dan berat jenis.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang menggunakan 100% agregat kasar pecahan breksi batu apung Semilir (tanpa serat bambu) didapat hasil antara 91,890 – 99,345 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga beton tersebut hanya dapat dipakai sebagai



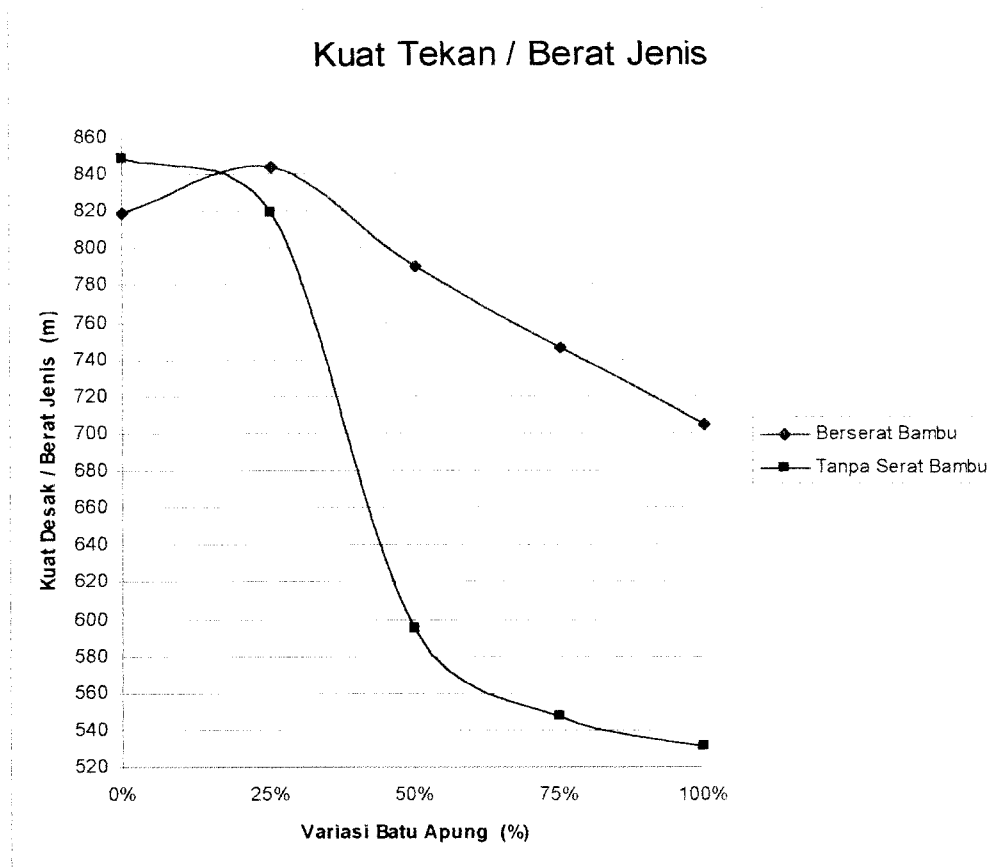
struktur ringan atau non struktur. Jika dibandingkan dengan bahan dan beton ringan lainnya, seperti bata merah, batako bata beton berlubang, bata veton pejal, batu cetak beton, beton ringan non-pasir lempung bekah, beton ringan non-pasir pecahan genteng, beton ringan batu apung, beton ringan clinker, maka tampak bahwa kekuatan beton ringan pecahan breksi batu apung Semilir setingkat dengan bahan dan beton ringan tersebut. Untuk lebih jelasnya perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan 100% agregat kasar pecahan breksi batu apung Semilir dengan bahan dan beton ringan lain dapat dilihat pada Tabel 5.7 (PUBI, 1982), (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1993, 1992), (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1986)

**Tabel 5.5** Perbandingan Kuat Tekan dengan Berat Jenis Beton

Variasi	Beton Berserat Bambu			Beton Tanpa Serat Bambu		
	Kuat Tekan Mpa	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>	KTk/Bj m	Kuat Tekan Mpa	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>	KTk/Bj m
0 %	18.4308	2293.1758	819.2929	18.0311	2164.8265	849.0436
25 %	17.4118	2103.8782	843.6365	16.7839	2088.8226	819.0735
50 %	15.2927	1974.0101	789.7073	11.2491	1928.8083	594.5141
75 %	13.7611	1879.4893	746.354	9.8535	1835.8588	547.1197
100 %	12.5113	1809.8475	704.6796	9.2662	1777.8333	531.302

Keterangan : KTk = Kuat Tekan

Bj = Berat Jenis



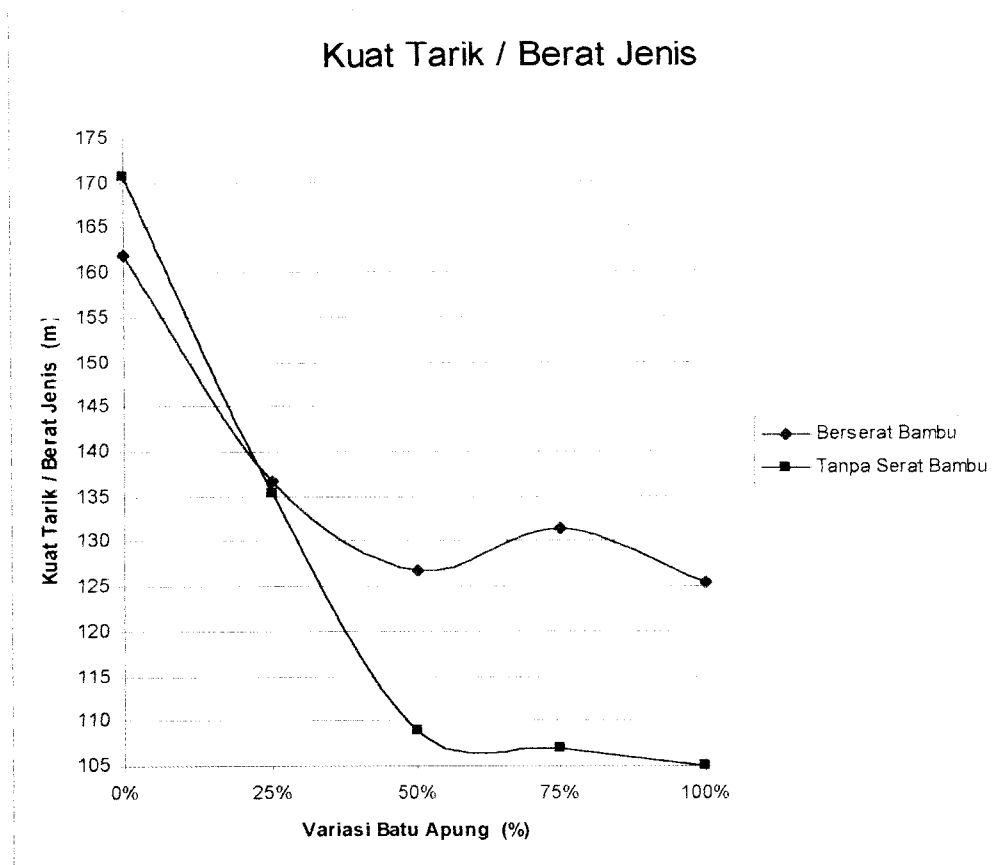
**Grafik 5.1** Perbandingan Kuat Desak dengan Berat Jenis Beton

**Tabel 5.6** Perbandingan Kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton

Variasi	Beton Berserat Bambu			Beton Tanpa Serat Bambu		
	Kuat Tarik Mpa	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>	KTr/Bj m	Kuat Tarik Mpa	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>	KTr/Bj m
0 %	3.6443	2293.1758	161.9971	3.6261	2164.8265	170.7433
25 %	2.8232	2103.8782	136.7902	2.7722	2088.8226	135.287
50 %	2.4550	1974.0101	126.7773	2.0590	1928.8083	108.817
75 %	2.4248	1879.4893	131.5148	1.9246	1835.8588	106.8641
100 %	2.2256	1809.8475	125.3512	1.8324	1777.8333	105.0671

Keterangan : KTr = Kuat Tarik

Bj = Berat Jenis



**Grafik 5.2** Perbandingan kuat Tarik dengan Berat Jenis Beton

**Tabel 5.7** Kuat Desak Beton Breksi Batu Apung 100% dan Berbagai Bahan Lainnya

No	Jenis Bahan dan Beton Ringan	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	Bata Merah	25 – 250
2.	Batako	20 - 70
3.	Bata Beton Berlubang	20 - 70
4.	Bata Beton Pejal	25 - 100
5.	Batu Cetak Beton	35 - 125
6.	Beton Ringan Non-Pasir Lempung Bekah	27,7 – 98,6
7.	Beton Ringan Non-Pasir Pecahan Genteng	29,5 – 99,5
8.	Beton Ringan Batu Apung	20,4 – 142,8
9.	Beton Ringan Clinker	20,4 – 71,4
10.	Beton Ringan Breksi Batu Apung Semilir*	91,890 – 99,345

Keterangan : \* = Beton hasil penelitian.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Agregat dari batu apung Semilir termasuk agregat ringan ( dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat diperoleh nilai  $1,64 \text{ gr/cm}^3 \leq 2 \text{ gr/cm}^3$  ).
2. Beton dengan agregat kasar batu apung Semilir dengan dan tanpa bahan tambah serat bambu Ori dapat digolongkan sebagai beton ringan. Hal ini ditunjukkan dengan berat jenis rata-rata yang dihasilkan oleh beton dengan agregat batu apung dan menggunakan serat bambu Ori adalah sebesar  $1809,8475 \text{ kg/m}^3 - 2293,1758 \text{ kg/m}^3$  dan untuk yang tidak menggunakan serat bambu Ori adalah sebesar  $1777,8333 \text{ kg/m}^3 - 2164,1758 \text{ kg/m}^3$  ( syarat berat jenis beton ringan  $< 2400 \text{ kg/m}^3$  ).
3. Kuat tekan beton karakteristik dengan agregat kasar pecahan batu apung Semilir lebih besar dari jenis beton ringan lainnya ( bata merah, batako, bata beton berlubang, bata beton pejal, beton ringan non-pasir lempung bekah, beton ringan non-pasir pecahan genteng, beton ringan clinker ).
4. Penambahan serat bambu Ori pada beton yang menggunakan agregat batu apung Semilir memiliki kuat tarik yang lebih besar daripada yang tanpa

serat bambu Ori, dengan kata lain terjadi peningkatan pada kuat tarik beton yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji tarik beton yang menggunakan bahan tambah serat bambu sebesar  $2,0540 \text{ kg/m}^3$  –  $3,9855 \text{ kg/m}^3$  dan yang tanpa serat bambu adalah sebesar  $1,7088 \text{ kg/m}^3$  –  $3,9920 \text{ kg/m}^3$ .

## 6.2 Saran

1. Beton ringan dengan agregat kasar batu apung Semilir dengan atau tanpa serat bambu Ori tidak baik digunakan untuk beton struktur, karena kuat tekannya rendah.
2. Perlu penelitian lebih lanjut, pada saat pemadatan beton berlangsung hendaknya dilakukan dengan teliti dan cermat, agar butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuk suatu massa yang kompak/padat.
3. Perlu penelitian lebih lanjut dengan memasukan faktor harga pembuatan beton dengan agregat batu apung Semilir dengan bahan tambah serat bambu Ori.
4. Perlu dilakukan penelitian yang berkaitan tentang daktilitas sebagai akibat penggunaan batu apung Semilir dan serat bambu Ori sebagai bahan campuran beton.

## DAFTAR NOTASI

A, B = Konstanta untuk Mencari Kuat Tekan Beton (Rumus Duff Abrams :

$$f'_c = A / B^{1.5x}$$

BJ = Berat Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)

D = Diameter Benda Uji (cm)

$f'_c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)

$f'_b$  = Kuat Tekan Beton Rata-rata Umur 28 hari (MPa)

$f'_{cr}$  = Kuat Tekan Beton Rata-rata (MPa)

$f'_{ct}$  = Kuat Tarik Beton (MPa)

L = Panjang Benda Uji (cm)

N = Jumlah Benda Uji

P = Beban Uji (KN)

S = Deviasi Standar (Mpa)

V<sub>t</sub> = V<sub>b</sub> + V<sub>p</sub> = Volume Total Agregat = Berat Volume Agregat (Kg/liter)

V<sub>b</sub> = Volume Butiran, termasuk pori tertutup (Kg/liter)

V<sub>p</sub> = Volume Pori Terbuka (Kg/liter)

W = Berat Material (Kg)

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995 **Pedoman Pelaksanaan Bahan Konstruksi Teknik**, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Anonim, 1979, **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I.-2**, Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim, 1982, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia**, (PUBI-1982), Dinas Pekerjaan Umum.
- A. M. Neville, 1975, **Properties Of concrete**, Second Edition The English Language Book Society and Pitman Publishing London.
- Arthur H. Nilson, George Winter, 1993, **Perencanaan Struktur Beton Bertulang**, Tim Editor dan Penerjemah ITB, Penerbit ITB dan PT. Pradnya Paramita.
- Chu – Kia Wang, Charles G. Salmon, 1993, **Desain Beton Bertulang**, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga.
- Ery Curnia Anggara, dkk, 1998, **Laporan Praktikum Bahan Konstruksi Beton**, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta.
- Gambir, M. L, 1986, **Concrete Technology**, Tata McGrawhill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Istimawan Dipohusodo, 1999, **Struktur Beton Bertulang**, PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Kusuma Gideon, Ir. MC. Vis, Ir, 1993, **Pedoman Pengerjaan Beton Standar SK-SNI**, Penerbit Erlangga.

Murdock, L.J dan Brook, K.M, 1991, **Bahan Dan Praktek Beton**, Erlangga, Jakarta.

M. Samsul B, 90310023 dan Dewantono, 84310001, 1995, **Penelitian Tugas Akhir Tinjauan Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Pecahan Breksi Batu Apung Semilir Gunung Kidul Terhadap Kuat Tekan dan Berat Jenis**, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Morisco, 1999, **Rekayasa Bambu**, Nafiri Offsett.

Tjokrodimulyo Kardiyono, M.E, Ir, 1992, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

\_\_\_\_\_, 1995, PT. Winahata, **Breksi Batu Paung Semilir**, Yogyakarta.



***LAMPIRAN***



DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh  
 Nama benda uji : Krikil I ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Untuk mendapatkan  
 berat jenis agregat. Tanggal : 24 - 2 - 2003

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
		Gram		Gram
Berat agregat ( W )	400		500	
Volume air ( V <sub>1</sub> )	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	685	Cc	650	Cc
Berat jenis ( BJ )				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,6666		2,6815	
Berat jenis rata - rata	2,6490			

Catatan:

Yogyakarta, .....

Mengetahui

.....

LABORATORIUM Bahan BKT FTSP UII  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran II

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh  
 Nama benda uji : Krikil dan Batu Apung 1. ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh berat jenis  
 agregat campuran Tanggal : 24 - 2 - 2003

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
		Gram		Gram
Berat agregat ( W )	250		250	
Volume air ( V <sub>1</sub> )	300	Cc	300	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	391	Cc	395	Cc
Berat jenis ( BJ )				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,1979		2,1053	
Berat jenis rata - rata	2,1516			

Catatan:

Batu Apung 25%

Yogyakarta,

Mengetahui  
 Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran III

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh  
Nama benda uji : Kritisil & Batu Apung I ERY CURNIA ANGGARA  
Asal : HARI TEGUH W.  
Keperluan : Memperoleh berat jenis agregat campuran Tanggal : 24-2-2008

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
		Gram		Gram
Berat agregat ( W )	200		200	
Volume air ( V <sub>1</sub> )	300	Cc	300	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	402	Cc	402	Cc
Berat jenis ( BJ )				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	1,9202		1,9008	
Berat jenis rata - rata	1,9105			

Catatan :

Batu Apung 100%

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran IV

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh  
Nama benda uji : K-Filer & Batu Apung 1. ERY CURNIA ANGGARA  
Asal : 2. HAR TESUH WI.  
Keperluan : Memperoleh BJ agregat  
campuran Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
		Gram		Gram
Berat agregat ( W )	200	Gram	200	Gram
Volume air ( V <sub>1</sub> )	300	Cc	300	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	415	Cc	415	Cc
Berat jenis ( BJ )				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	1,8182		1,7241	
Berat jenis rata - rata	1,7712			

Catatan :

Batu Apung 35%  
-----  
-----

Yogyakarta, -----

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran V

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Krikil & Batu Apung 1. ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh BJ  
 agregat campuran Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat ( W )	200	Gram	200	Gram
Volume air ( V <sub>1</sub> )	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	620	Cc	615	Cc
Berat jenis ( BJ )				
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	1,6393		1,7391	
Berat jenis rata - rata	1,6835			

Catatan :

Batu Apung 100%

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM,

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran VI

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Krikil 1. ERIK CURNIA ANGGARA  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh berat  
Volume agregat Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (  $\varnothing$  15 x t 30 ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	4,35 Kg	5,1 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	12,95 Kg	13,7 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,6230 t/m <sup>3</sup>	1,6230 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,6230 t/m <sup>3</sup>	

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

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran VII

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR "SSD"

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Batu Apung (25%) 1. EPY CURAIA ANGGARA  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh berat Vol.  
agregat campuran Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder ( $\varnothing 15 \times t 30$ ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	9,3 Kg	8,2 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	15,4 Kg	14,1 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,152 t/m <sup>3</sup>	1,135 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,11323 t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

Lampiran VIII

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Batu Apung (50%) 1. ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh berat Vol.  
agregat campuran. Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (  $\varnothing$  15 x t 30 ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	.812 Kg	.93 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	13.3 Kg	14.9 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2989 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	0,9625 t / m <sup>3</sup>	1,0569 t / m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,0097 t / m <sup>3</sup>	

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

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran IX

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Batu Apung (75%) 1. ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Memperoleh Berat Vol.  
agregat campuran Tanggal : 24-2-2003

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder ( $\varnothing 15 \times t 30$ ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	8,2 Kg	9,3 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	12,72 Kg	13,95 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	0,8530 t/m <sup>3</sup>	0,8776 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	0,8653 t/m <sup>3</sup>	

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

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**



**DATA PEMERIKSAAN**  
**BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "**

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :

Nama benda uji : Batu Apung (wool) 1. EPX CURNIA ANEGARA

Asal : \_\_\_\_\_ 2. HARI TEGUH W.

Keperluan : Memperoleh berat va.  
agregat batu apung Tanggal : 24-2-2003

**ALAT - ALAT**

1. Tabung silinder (  $\varnothing$  15 x t 30 ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	7 Kg	7 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	10,95 Kg	11,5 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$0,7455 \text{ t/m}^3$	$0,8493 \text{ t/m}^3$
Berat volume rata-rata	$0,7974 \text{ t/m}^3$	

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

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

Batu Apung

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**



Lampiran XI

**DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Jenis benda uji	: <u>Agregat Halus</u>	Di periksa oleh :
Nama benda uji	: <u>Pasir</u>	1. <u>ERY CURNIA ANGGARA</u>
Asal	: <u>Sungai Boyong, Yogyakarta</u>	2. <u>HARI TEGUH W.</u>
Keperluan	: <u>Mencari berat jenis agregat halus</u>	Tanggal : <u>25 - 2 - 2003</u>

**ALAT - ALAT**

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	.....	.....	.....	.....
Berat agregat ( W )	<u>400</u>	Gram	<u>520</u>	Gram
Volume air ( V <sub>1</sub> )	<u>500</u>	Cc	<u>500</u>	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	<u>656</u>	Cc	<u>710</u>	Cc
Berat jenis ( BJ ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	<u>2,5041</u>		<u>2,5</u>	
Berat jenis rata - rata	<u>2,5370</u>			

Catatan :

.....

.....

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

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK**



DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS " SSD "

Jenis benda uji : Agregat halus Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Pasir 1. ERY CURNIA ANGGARA  
 Asal : Sungai Boyong, Yogyakarta 2. HARI TEGUH W.  
 Keperluan : Mencari berat volume  
agregat halus Tanggal : 25-2-2003

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (  $\varnothing$  15 x t 30 ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

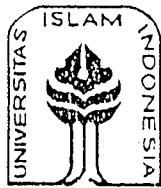
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	4,35 Kg	5,11 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	12,85 Kg	14,3 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
$W_2 - W_1$		
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,6091 t/m <sup>3</sup>	1,7362 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,6705 t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, .....

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Lampiran XIII

Jln. Kallurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Pasir 1. FRY CURNIA ANGGARA  
 Asal : Sungai Boyong, Yogyakarta 2. HATI TEGUH W.  
 Keperluan : Mencari nilai MHB  
Pasir Tanggal : 25 - 2 - 2003

No	Saringan Ø lubang mm	Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
		I	II	I	II	I	II
1	40	—	—	—	—	—	—
2	20	—	—	—	—	—	—
3	10	—	—	—	—	—	—
4	4.75	91,05	93,55	4,552	4,677	4,552	4,677
5	2.36	117,35	116,65	5,827	5,832	10,419	10,509
6	1.18	362,6	300,2	18,15	15,01	28,549	29,519
7	0.600	545	559,5	27,25	27,975	55,799	54,494
8	0.300	352,9	394,9	19,645	19,745	75,444	77,239
9	0.150	283,85	277,2	14,192	13,86	89,636	91,099
10	Pan	196,55	172,75	9,827	8,637	—	—
Jumlah						264,399	267,537

Jumlah rata - rata 265,968

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{265,968}{100} \times 100\% = 2,65968$$

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

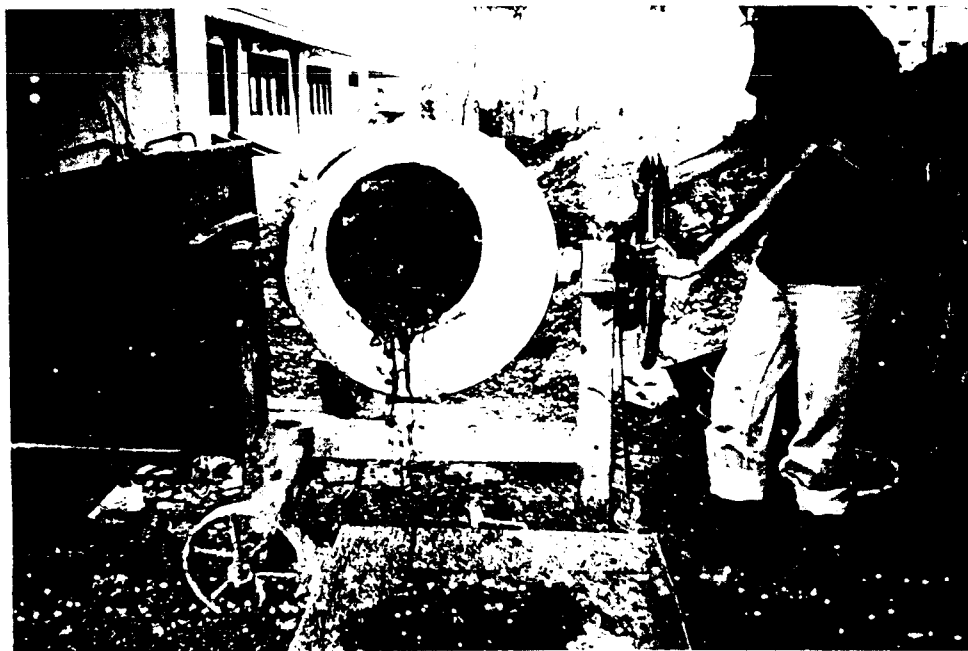
## Lampiran 14 a

## Foto Hasil Penelitian



Gambar 1. Profil Agregat Kasar Batu Apung Semilir

Lampiran 14 b



Gambar 2. Mesin Pengaduk Campuran Beton “ Molen “

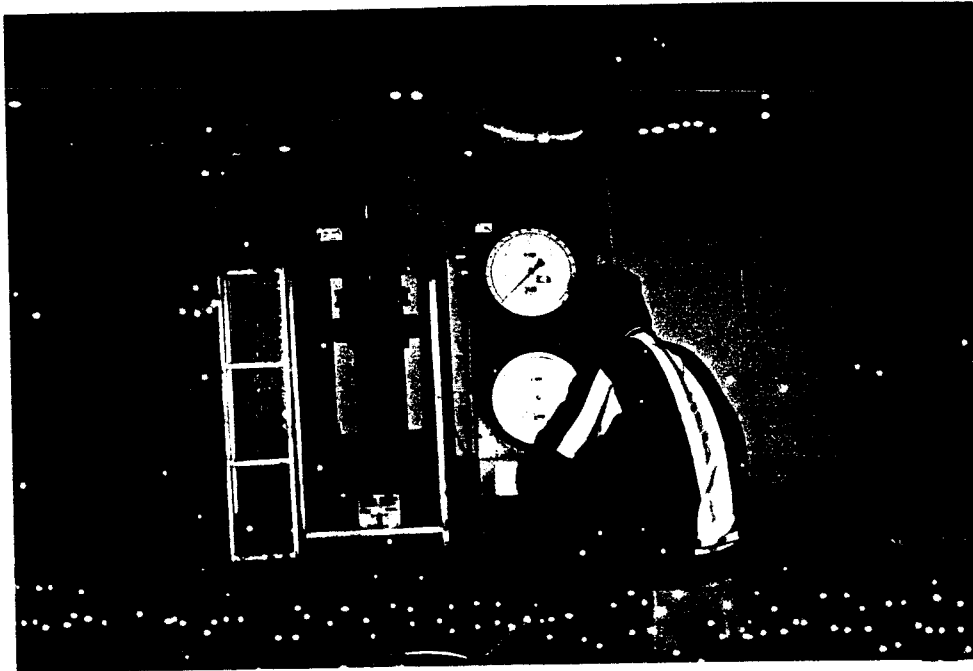


Lampiran 14 c



Gambar 3. Hasil Uji Tarik Beton Ringan Agregat Batu Apung Semilir Tanpa Serat

Lampiran 14 d



Gambar 4. Mesin Uji Desak dan Tarik Beton

RAFAEL FERRER PUIG

Nombre: RAFAEL FERRER PUIG      Apellido: FERRER  
Fecha de nacimiento: 27/01/1948      Lugar de nacimiento: BARCELONA

EDUCACION






INSTITUTO TECNICO SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE BARCELONA  
GRADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

PERIODO DE SERVICIO MILITAR

PERIODO DE SERVICIO MILITAR: 1968-1970  
UNIDAD: REGIMIENTO DE INGENIERIA DE BARCELONA  
GRUPO: 100  
CATEGORIA: 1000  
CARGO: TERCERA CLASE



CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kesimpulan dan saran di perbaikan</li> <li>- Studi pustaka / Referensi pustaka</li> </ul>	
	8/7 '03.	<del>DP</del> Intisari Diajukan ke DP I Lahir dan perijinan	
	16/7 '03.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lengkap</li> <li>- perbaikan</li> <li>- ke redaksi</li> </ul>	
	2/9 '03.	Di lengkap dan beri penjelasan pd grafik 5.1	
	4/9 '03.	Diajukan ke DP I	
	6/9 '03.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kereta sendiri</li> <li><del>diambil</del> sebagai patokan</li> <li>diambil ada</li> <li>diambil</li> <li>diambil</li> </ul>	