

**TUGAS AKHIR
PENGARUH PENGGUNAAN SERAT PLASTIK NYLON
DENGAN VARIASI DIAMETER DAN PANJANG
PADA L/D KONSTAN TERHADAP KUAT TARIK BETON**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat
Sarjana Teknik Sipil**



DISUSUN OLEH :

**LIRA OKTAVIA
No. Mhs : 97 511 184
NIRM : 970051013114120148**

**M. EKO PRASETYO
No. Mhs : 97 511 284
NIRM : 970051013114120381**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2002**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT PLASTIK NYLON
DENGAN VARIASI DIAMETER DAN PANJANG
PADA L/D KONSTAN TERHADAP KUAT TARIK BETON**

DISUSUN OLEH :

LIRA OKTAVIA

No. Mhs : 97 511 184

NIRM : 970051013114120148

M. EKO PRASETYO

No. Mhs : 97 511 284

NIRM : 970051013114120381

TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH :

Ir. HELMY A. BALE, MT

Dosen Pembimbing I

Ir. FATKHURROCHMAN, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal :



Tanggal :

MOTTO

*Read in the name of Allah, who creates you from a blood clot,
Generously teaches you everything you don't know (Al A'laq 1 – 5)
He high tens the sky, places the sun and moon
He revolve regularly (Ar Ra'ad 2 ; Yaasin 38 – 40), to shine (Yunus 5)
He decorates with the variety of easily flying birds (An Nahl 79)
He blows the wind to hear the news before the rain,
To bring wet cloud, then
Chases and falls it on the dry field,
By with, He gives the earth the variety of fruits (Ar Araf 57)
The animals, from what we can eat and drink,
From some other we can ride (An Nahl & Al Maidah)
He has created everything in the harmony (Al Furqon 1)*

*Take Knowledge from His greatness
He High tens the erudite people
some levels higher (Al Mujadalah 2)
Take care His given,
He loves the people who take care of,
And hates the destroyers (Al Qur'an, at all)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini kami persembahkan untuk orang-orang yang kami cintai yang telah banyak berkorban demi cita-cita kami, semoga kita selalu dalam perlindungan Allah SWT.....Amin.....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang berkat rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Serat Plastik Nylon Dengan Variasi Panjang Dan Diameter Pada L/D Konstan Terhadap Kuat Tarik Beton” merupakan salah satu syarat wajib tingkat sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang telah memenuhi syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah tulus membantu penulis mulai dari pengarahan Tugas Akhir, ijin riset hingga akhirnya terwujudnya Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo MSCE PHd, selaku Dekan FTSP UII.
2. Bapak Ir. H. Munadir MS, selaku kajar Teknik Sipil FTSP UII.
3. Bapak Ir. Helmi A. Bale MT, selaku dosen pembimbing I.

4. Bapak Ir. Fakhurrochman MT, selaku dosen pembimbing II, atas kritik dan ketelitiannya dalam membimbing penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.
5. Karyawan Laboratorium BKT FTSP UII, atas bantuan dan ijinnya untuk melakukan penelitian.
6. Teman-teman tersayang : Dude, Yoe, Daeng, Andre, Wiwi, Repay, Ipin atas persahabatan abadi kita.
7. Teman-teman kelas F Teknik Sipil '97. Senang telah mengenal kalian.
8. Seluruh rekan TS '97 serta semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak terdapat kekurangan yang pada dasarnya disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis sangat berterimakasih atas kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Dan harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2002

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Pustaka	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Pendahuluan	9

3.2	Material Penyusun Beton	10
3.2.1	Semen Portland	10
3.2.2	Agregat	11
3.2.3	Air	12
3.2.4	Serat Plastik Nylon	13
3.3	Beton Serat	14
3.4	Kuat Tarik	19
3.5	Hipotesis	25
BAB IV	METODELOGI PENELITIAN	26
4.1	Metodelogi Penelitian	26
4.2	Persiapan Bahan	26
4.3	Persiapan Alat Penelitian	27
4.4	Prosedur Penelitian	28
4.5	Pemeriksaan Bahan Campuran	29
4.5.1	Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)	29
4.5.2	Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	30
4.6	Perhitungan Campuran Beton	34
4.6.1	Tahapan Perhitungan Campuran Beton	34
4.6.2	Perhitungan dan perbandingan campuran Beton ..	39
4.7	Persiapan Cetakan	43
4.8	Pembuatan Adukan Beton	43
4.9	Pengujian Kekentalan Adukan (Slump Test)	44
4.10	Pencampuran Serat Plastik Nylon Pada Adukan Beton ...	45

4.11	Pengecoran Adukan Beton	45
4.12	Tahap Perawatan Beton	46
4.13	Pengujian Kuat Tarik Nylon	46
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
5.1	Hasil Penelitian	48
5.2	Pembahasan	56
5.2.1	Workability	56
5.2.2	Kuat Tarik	58
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	65
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

TABEL 3.1	Koefisien Untuk Persamaan 3.1 (Popovic, 1998).....	10
TABEL 3.2	Sifat Dasar Serat.....	15
TABEL 3.3	Aplikasi Pemakaian Beton Seart Dan Sifat-sifat yang Diperbaiki.....	17
TABEL 4.1	Alat-alat yang Digunakan Dalam Penelitian	27
TABEL 4.2	Hasil Berat Jenis Kerikil “SSD” Asal Kali Progo	29
TABEL 4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar “SSD”	30
TABEL 4.4	Hasil Berat Jenis Pasir	31
TABEL 4.5	Hasil Berat Volume Agregat Halus “SSD”	32
TABEL 4.6	Hasil Gradasi Pasir	33
TABEL 4.7	Nilai K untuk Beberapa Keadaan	35
TABEL 4.8	Nilai Deviasi Standar (kg/cm^2)	35
TABEL 4.9	Faktor Modifikasi Standar Deviasi Kurang Dari 30 Sampel ...	35
TABEL 4.10	Hubungan Faktor Air Semen Dengan Kuat Desak Beton Silinder Pada Umur 28 Hari	36
TABEL 4.11	Faktor Air Semen Maksimum	36
TABEL 4.12	Nilai Slump (cm)	37
TABEL 4.13	Ukuran Maksimum Agregat	37
TABEL 4.14	Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai Slump	38

TABEL 4.15	Perkiraan Kebutuhan Kerikil Parameter Kubik Beton, Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat Dan Modulus Halus Pasir	38
TABEL 4.16	Diameter dan Panjang Serat Pada Campuran Beton	43
TABEL 5.1	Hasil Kuat Tarik Beton Tanpa Serat Umur 28 Hari	50
TABEL 5.2	Hasil Kuat Tarik Beton Serat Diameter 0,040, Kosentrasi Serat 1,5 % Umur 28 Hari	51
TABEL 5.3	Hasil Kuat Tarik Beton Serat Diameter 0,060, Kosentrasi Serat 1,5 % Umur 28 Hari	52
TABEL 5.4	Hasil Kuat Tarik Beton Serat Diameter 0,095, Kosentrasi Serat 1,5 % Umur 28 Hari	53
TABEL 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tarik Serat Nylon	54
TABEL 5.6	Hasil Pengujian Nilai Slump Pada Beton Biasa Dan Beton Serat Konsentrasi 1,5 %	55
TABEL 5.7	Hasil Rata-rata Kuat Tarik Beton Serat Dengan Panjang Serat, Diameter Serat dan Berat Beton	59
TABEL 5.8	Kenaikan Kuat Tarik Beton Serat dalam Persen	62

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 3.1	Skeme Komposisi Beton Segar	13
GAMBAR 3.2	Pengaruh Aspek Ratio Serat Terhadap VB-Time	19
GAMBAR 3.3	Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Metode Belah Silinder	20
GAMBAR 3.4	Gaya Horizontal Akibat Beban Vertikal	21
GAMBAR 3.4	Distribusi Tegangan Horizontal Dalam Bidang Internal Antara Dua Beban Generatris Pada Tes Pembelahan Silinder	22
GAMBAR 3.5	Hubungan Serat Beton, Tanpa Serat : (a), Beban Tarik (b), Beban Tekan (c)	23
GAMBAR 4.1	Diagram Alur Penelitian	28
GAMBAR 4.2	Pencampuran Serat ke Dalam Adukan	45
GAMBAR 5.1	Grafik Hubungan Diameter Serat dan Kuat Tarik Serat	54
GAMBAR 5.2	Hubungan Diameter Serat Dengan Kuat Tarik Beton	60
GAMBAR 5.3	Hubungan Panjang Serat Dengan Kuat Tarik Beton	61
GAMBAR 5.4	Hubungan Ratio Serat ($l/d = 72,73$) Dengan Kuat Tarik Beton	61

DAFTAR NOTASI

- A = Luas (cm^2)
- D, d = Diameter (cm)
- f_c = Kuat tarik beton biasa (N/mm^2)
- f'_c = Kuat desak beton yang disyaratkan (MPa)
- f'_{cr} = Kuat desak beton rata-rata (MPa)
- f_f = Volume serat (%)
- f_m = Volume beton (%)
- f_{if} = Kuat tarik gabungan beton serat (N/mm^2)
- h = Tinggi (cm)
- L, l = Panjang (cm)
- l_c = Panjang kritis serat (cm)
- m = nilai margin (MPa)
- TS_c = Kuat tarik beton komposit (kg/cm^2)
- TS_f = Kuat tarik serat (kg/cm^2)
- TS_m = Kuat tarik beton (kg/cm^2)
- P, F = Beban (kg)
- P_U = Beban maksimum (kg)
- V_a = Volume udara
- V_{sg} = Volume agregat

V_{conc} = Volume beton

V_w = Volume air

V_f = Volume serat (%)

τ_c = Kekuatan ikat serat – beton (kg/cm^2)

σ_c = Kuat tarik beton komposit (kg/cm^2)

σ_f = Kuat tarik serat (kg/cm^2)

σ_m = Kuat tarik beton (kg/cm^2)

σ_t = Kuat tarik beton (kg/cm^2)

σ_u = Kuat tarik (kg/cm^2)

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Kartu peserta Tugas Akhir
- LAMPIRAN 2 Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar
- LAMPIRAN 3 Data pemeriksaan berat volume agregat kasar “SSD”
- LAMPIRAN 4 Data pemeriksaan berat jenis agregat halus
- LAMPIRAN 5 Data pemeriksaan berat volume agregat halus “SSD”
- LAMPIRAN 6 Data pemeriksaan modulus halus butir pasir
- LAMPIRAN 7 Grafik kuat tarik beton serat dan diameter serat (Callister)
- LAMPIRAN 8 Grafik kuat tarik beton serat dan diameter serat (Bolton)
- LAMPIRAN 9 Dokumentasi penelitian

INTISARI

Pemakaian beton sebagai bahan bangunan teknik sipil telah lama dikenal di Indonesia. Karena mempunyai kelebihan dalam mendukung tegangan desak, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan yang murah, dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal, maka beton tersebut sangat populer dipakai, baik untuk struktur-struktur besar maupun kecil. Meskipun demikian, beton mempunyai kelemahan dalam menahan kuat tarik dan beton akan segera retak jika mendapat gaya tarik yang tidak begitu besar.. Salah satu cara untuk meningkatkan kuat tarik beton adalah dengan menambahkan serat pada adukan beton.

Beton yang diperkuat dengan serat beban deformasinya dialihkan ke serat. Peranan serat penahan retakan yang menjalar adalah untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matriks (beton). Penambahan serat nylon plastik dengan variasi diameter dan panjang serat pada l/d konstan dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 5,71 % untuk serat dengan ukuran diameter 0,4 mm dan panjang 30 mm, 8,68 % untuk serat dengan ukuran diameter 0,6 mm dan panjang 44 mm, dan 17,29 % untuk serat dengan ukuran diameter 0.95 dan panjang 70 mm. Konsentrasi penambahan serat untuk setiap sampel beton serat adalah 1,5 % dari volume benda uji.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang Indonesia berada pada masa pembangunan, pembangunan yang dilaksanakan terutama pada bidang fisik. Bahan bangunan yang paling banyak digunakan adalah beton. Hal ini dikarenakan beton mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain, diantaranya:

1. Memiliki kuat desak yang cukup tinggi.
2. Mudah dibentuk (fleksibel).
3. Harga relatif murah.
4. Tahan terhadap korosi, sehingga perawatannya mudah.

Dari segi kekuatan, beton mempunyai kuat desak dan kuat geser yang cukup besar. Tetapi di lain pihak beton mempunyai kelemahan yang menonjol, yaitu kuat tarik beton sangat rendah dan beton akan segera retak jika mendapat gaya tarik yang tidak begitu besar, sehingga kuat tarik beton jarang diperhitungkan dalam perancangan suatu struktur. Beton selalu diusahakan ada dalam keadaan desak dan gaya tarik akan didukung oleh tulangan.

Pemberian tulangan baja memungkinkan beton untuk menahan tegangan tarik, tetapi tegangan tarik beton tetap kecil dan bagian beton tarik akan segera retak jauh sebelum tulangan baja mendukung tarikan/lenturan secara optimal, sehingga akan

terjadi retak-retak rambut yang mungkin secara struktural tidak berbahaya tetapi ditinjau dari keawetan bangunan akan berbahaya. Oleh sebab itu perlu dicari alternatif lain untuk meningkatkan kuat tarik pada beton.

Untuk meningkatkan kuat tarik beton, beton dapat dikombinasikan dengan bahan lain yang mempunyai kuat tarik tinggi, bahan yang sering digunakan adalah baja, kayu, bambu, dan serat.

Pada kondisi layan, beton bertulang mengalami tegangan tarik akibat beban kerja di bawah kuat tariknya, tegangan tarik tersebut masih dapat ditahan oleh beton dan batang tulangan. Namun jika beban yang menyebabkan tegangan tarik melebihi kuat tariknya yang dimiliki beton, maka beton retak dan tidak lagi dapat menahan beban tarik dan seluruh gaya akan ditahan oleh tulangan. Sedangkan pada serat tarik beton mulai terjadi keretakan. Dengan adanya keretakan tersebut keawetan bangunan akan berkurang karena air dapat merembes masuk dan jika mengenai besi tulangan akan berakibat karat (korosi) yang dapat mengurangi kuat tarik baja tulangan pada beton. (Suhendro, 1992)

Penambahan serat plastik nylon pada adukan beton dengan perbandingan tertentu diharapkan dapat mengatasi masalah ini dan dapat meningkatkan kuat tarik pada beton, dan derajat peningkatan sifat ini akan dipengaruhi oleh jenis, ukuran, bentuk, konsentrasi dan aspek ratio serat. karena itu hal ini menarik untuk diteliti.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serat plastik nylon terhadap kuat tarik beton.

2. Mengetahui diameter dan panjang serat nylon yang dapat menghasilkan kuat tarik beton yang paling maksimum dengan l/d konstan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan penambahan serat plastik nylon diharapkan dapat menghasilkan beton yang mempunyai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton biasa.
2. Menambah variasi studi pustaka mengenai beton serat.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik beton serta membandingkannya dengan variasi diameter dan panjang serat yang dipakai.
2. Bahan untuk pembuat beton adalah : Semen yang digunakan adalah semen portland type I merk Nusantara, agregat yang dipakai berasal dari kali Progo, pasir berasal dari sungai Krasak, serat yang dipakai adalah serat plastik nylon dari benang pancing merk Danyl dengan variasi diameter 0.40 mm, 0.60 mm, 0.95 mm dan panjang serat berturut-turut 30 mm, 44 mm dan 70 mm dan air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
3. Bahan penyusun beton dalam benda uji dianggap sudah tercampur baik dan homogen.
4. Konsentrasi serat dalam adukan beton sebesar 1,5 % dari volume benda uji.
5. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 24 buah, pengujian masing-masing variasi sebanyak 6 benda uji untuk beton umur 28 hari.

6. Kuat desak silinder beton direncanakan 22,5 Mpa.
7. Desain campuran menggunakan metode ACI (American Concrete Institut).
8. Dimensi benda uji silinder berukuran, tinggi 30 cm, diameter 15 cm.
9. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dipakai sebagai komponen struktur / bangunan sipil, seperti pada konstruksi gedung , jembatan dan lain-lain. Beton mempunyai sifat-sifat dasar dan kualitas yang bervariasi. Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain bahan dasar yang digunakan, faktor air semen, jenis semen dan pemakaian bahan tambah seperti serat.

Dari teori teknologi beton disebutkan, bahwa beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran antara semen Portland, pasir kerikil dan air. Semen dan air merupakan bahan ikat yang berfungsi melekatkan bahan pengisi yang berupa agregat dan pasir.

Menurut standar **SK-SNI T-15-03 (1991)**, beton terbuat dari bahan semen Portland, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Jati dan Bayu, (2000), mengemukakan bahwa kuat tarik optimum dari beton serat didapat pada rasio $l/d = 80/1,1 = 72,73$, dengan nilai $38,059 \text{ kg/cm}^2$, hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik bertambah dengan bertambahnya panjang serat, akan tetapi panjang serat yang terlalu besar akan mempersulit penyebaran serat sehingga terjadi penggumpalan (balling effect).

Menurut **Nawy (1990)**, kekuatan tarik beton relatif rendah. Pendekatan paling baik untuk menghitung kekuatan tarik beton f'_{ct} adalah dengan rumus $0,10 f'_c < f'_{cr} < 0,2 f'_c$. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah pemjepitan (gripping) pada mesin. Ada sejumlah metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik, dan yang paling sering digunakan adalah tes pembelahan silinder atau tes Brasil.

Popovic (1998), mengemukakan bahwa tegangan tarik pada struktur disebabkan oleh penyusutan karena adanya perubahan temperatur.

Popovic (1998), mengemukakan bahwa tegangan tarik maksimum beton serat berbanding lurus dengan panjang dan diameter serat dan berbanding terbalik dengan beban yang diberi pada beton tersebut.

Menurut **Murdock and Brook (1986)**, kuat tarik beton berkisar seperdelapan belas kuat desak pada waktu umurnya masih muda, dan berkisar seperduapuluh sesudahnya. Kuat tarik merupakan bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu.

Balaguru (1992), mengemukakan bahwa retak halus dapat dicegah salah satunya dengan menambahkan serat pada adukan beton, serat ini juga berfungsi untuk menahan sebagian beban yang diterima oleh beton tersebut baik itu beban tarik maupun beban desak.

Balaguru (1992), mengemukakan bahwa faktor yang mempengaruhi perekatan pada serat adalah rasio panjang/diameter serat (l/d), rasio ini dipengaruhi oleh : jenis serat, kehalusan serat, kerusakan serat, pemuaian dan tipe serat (serat baja, polimer, dan serat alami).

Dorel and Anton (1995), mengemukakan bahwa beton yang diperkuat serat beban deformasinya dialihkan ke seratnya. Peranan serat menahan retakan yang menjalar adalah untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matriks. Maka, regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa penguat.

Tata dan Saito (1992), mengemukakan karakteristik dari serat nylon adalah tahan panas, kekuatan tinggi, modulusnya tinggi, massa jenisnya kecil, koefisien gesek tinggi, kekuatan tekuk dan kekuatan simpulnya tinggi dan kepermanenan yang baik, sehingga bahan ini banyak digunakan sebagai bahan komposit.

Tata dan saito (1992), mengemukakan bahwa kuat tarik gabungan beton dan serat adalah berbanding lurus dengan kuat tarik serat dan kadar serat ditambah dengan kuat tarik beton dan kadar campuran beton pada bahan tersebut.

Sudarmoko (1993), mengemukakan bahwa penambahan serat pada adukan beton dapat memperbaiki sifat-sifat struktural beton, namun tiap jenis serat mempunyai keuntungan dan kerugian.

Sudarmoko (1993), mengemukakan bahwa kekuatan beton serat dipengaruhi oleh jenis, ukuran, bentuk, konsentrasi, aspek ratio serat dan prosentase kandungan seratnya.

Menurut **Soroshian dan Bayasi (1987)**, ada lima jenis serat yang biasa dikombinasikan dengan beton yaitu, baja, kaca, plastik, serat alam dan karbon.

Warsena (1998), mengemukakan bahwa serat harus memiliki durabilitas, ikatan yang baik pada beton, mempunyai sifat mekanik dan penyebaran yang baik pada beton, sehingga mudah dalam proses pengerjaannya.

Suhendro (1992), mengemukakan kuat tarik beton serat adalah 97 % dari kuat tarik beton biasa dikalikan dengan volume serat dan aspek ratio serat yang ditambahkan pada campuran beton.

Menurut **Soroushian dan Bayasi (1987)**, penambahan serat pada beton pada beton akan memperbaiki sifat-sifat beton seperti daktilitas, ketahanan terhadap kejutan, tarik dan lentur, kelelahan, pengaruh susutan dan ausan.

Menurut **Bolton (1993)**, bahwa kuat tarik beton serat berbanding lurus dengan kuat tarik serat ditambah kuat tarik beton.

Menurut **Callister (1993)**, kuat tarik beton serat dapat dicari dengan dua cara berdasarkan pada $l > l_c$ dan $l < l_c$.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Beton dipakai sebagai komponen struktur. Beton diperoleh dengan cara mencampur semen portland, air dan agregat dengan perbandingan yang telah tertentu. Secara umum bahan penyusun beton dibedakan menjadi dua, yaitu bahan aktif yang berupa air dan semen sebagai bahan pengikat dan bahan pasif yang berupa agregat sebagai bahan pengisi. Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara butiran-butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar penyusun beton, proporsi campuran bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan perawatan keras (curing) selama proses pengerasan. Dalam teori teknologi beton dijelaskan bahwa factor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah jenis semen, jumlah semen, factor air semen, kepadatan, sifat agregat, serta umur beton. (Tjokrodimulyo, 1992)

3.2 Material penyusun beton

3.2.1 Semen Portland

Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari kapur, Silika (S_3O_2) dari lempung, Alumunium (Al_2O_3) dari lempung.

Ketika semen dicampur dengan air timbullah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat yang paling penting yaitu :

1. Tricalcium Aluminate (C_3A)
2. Dicalcium Silikat (C_2S)
3. Tricalcium Silikat (C_3S)
4. Tetra Calcium Aluminaferrita (C_4AF), (Nawy, 1990).

Povovic (1998), menyatakan hubungan antara komposisi campuran semen dan kekuatan berdasarkan perbedaan umur dapat dilihat dalam persamaan fungsi linier yang terdapat pada persamaan (3.1)

$$F = \text{strength} = a (C_3S) + b (C_2S) + c (C_3A) + d (C_4AF) \quad (3.1)$$

dengan : a, b, c, d = koefisien (dapat dilihat pada tabel 3.1)

C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF = komponen semen (%)

Tabel 3.1 Koefisien untuk persamaan 3.1 (Popovic, 1998)

Senyawa Kimia	Umur			
	1 hari	3 hari	7 hari	28 hari
C_3S	8.5	27.4	40.0	48.8
C_2S	0.3	-1.1	-5.1	19.1
C_3A	11.3	24.1	58.4	100.1
C_4AF	-6.5	-9.8	-0.2	30.8

Tabel 3.1 merupakan koefisien untuk mencari kandungan semen dengan menggunakan persamaan 3.1. Kandungan semen tersebut dapat berupa kekuatan semen, umur, kandungan udara, rawatan keras dan proporsi dari kandungan semen itu sendiri. Adapun sifat dari keempat senyawa kimia tersebut adalah sebagai berikut :

1. Unsur C_3S , merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C_3S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.
2. Unsur C_2S , pada penambahan air reaksi C_2S lebih lambat daripada C_3S , sehingga berpengaruh pada pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir serta membuat semen tahan terhadap serangan kimia juga mengurangi besar susutan pengeringan.
3. Unsur C_3A , bila dicampur dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.
4. Unsur C_4AF , kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekuatan beton, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran-butiran mineral sebagai bahan campur dalam campuran beton yang biasanya menempati sekitar 75 % dari total beton. Agregat halus atau pasir yang digunakan berupa pasir alam dengan ukuran kurang dari 5 mm. Agregat kasar sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5 – 40 mm, didapat dari alam atau dari mesin pemecah batu yang telah disaring dengan ukuran tertentu.

Adapun pengaruh sifat-sifat agregat terhadap campuran beton adalah sebagai berikut (Bale, 1999) :

1. Sebagai bahan pengisi (filler).
2. Memberikan stabilitas volume dan keawetan.
3. Memberikan sifat dapat dikerjakan dan keseragaman campuran.
4. Membantu semen dalam merekatkan agregat kasar.
5. Mencegah segregasi pasta semen dan agregat kasar.
6. Memberikan kekuatan pada beton.

3.2.3 Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan pencetakan.

Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk semen portland, 1 bagian berat semen membutuhkan sekitar 25 % bagian berat air untuk hidrasi (Murdock dan Brook, 1986).

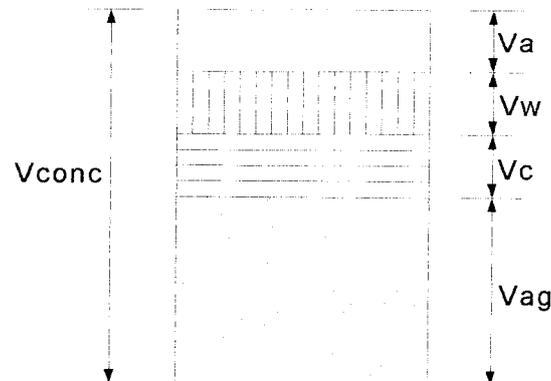
Menurut Popovic (1998), udara void dalam pasta semen merupakan hasil konsolidasi yang tidak sempurna atau proses penguapan air yang terlalu cepat atau kedua-duanya. Volume dari udara void (V_a), sebenarnya menunjukkan kandungan yang konstan dalam umur pasta semen atau beton. Proporsi dari porositas kapiler (V_w) menurun sejalan dengan umur beton dalam kondisi di bawah normal karena proses hidrasi keluar dari pori-pori tersebut secara berangsur-angsur.

Persamaan dibawah ini menunjukkan kandungan volume beton

$$V_c + V_{ag} + V_w + V_a = V_{conc} \quad (3.1)$$

dengan : V_c, V_{ag} = volume semen dan volume agregat dalam beton

V_w, V_a, V_{conc} = volume air, udara dalam beton dan volume sample beton.



Gambar 3.1 Skema komposisi beton segar

3.3.4 Serat Plastik Nylon

Pada umumnya, senar pancing termasuk sebagai golongan Polyamid Nylon 6 (Tata dan Saito, 1992). Karakteristik nylon 6 ini adalah :

1. Mempunyai berat jenis 1,14.
2. Melunak pada suhu 170 C – 180 C dan meleleh pada suhu 215 C
3. Tahan terhadap alkali dan asam-asam lemah dingin, tetapi tidak tahan asam-asam dalam keadaan panas.
4. Nylon 6 larut dalam asam formiat.

Poliamid (nylon) adalah resin dengan ikatan amida $-NH-CO-$, dan dari strukturnya dapat dibagi menjadi polikondensat dari amin $[-NH-R-NHCO-R'-CO-]$ dan dikarboksilat yang disebut nylon $[-NH-R-CO-]$ yang didapat dari polikondensasi asam aminokarboksilat atau karena polimerisasi pembukaan cincin dari laktam, dan

disebut nylon m, dengan m sebagai jumlah karbon dalam asam amino karboksilat atau laktam.

3.3 Beton Serat

Beton serat adalah campuran beton dengan penambahan serat dalam konsentrasi tertentu. Serat yang biasa digunakan biasanya berupa serat alami seperti bambu, ijuk, serat tebu, dan sebagainya, atau serat buatan seperti bendrat, plastik, dan bahan-bahan lain. Serat yang dicampurkan dengan maksud untuk membantu beton dalam menahan gaya tarik (Jati dan Bayu, 2000).

Banyak sekali serat yang dapat dipakai, mulai dari serat karbon yang sangat mahal sampai dengan serat alam yang sangat murah. Tiap jenis serat akan mempunyai keuntungan dan kerugiannya sendiri-sendiri (Sudarmoko, 1993).

1. Serat baja (*steel fibres*) dipakai kalau dibutuhkan kuat lentur beton yang tinggi, tetapi serat baja akan mengakibatkan terjadinya balling dari serat selama proses pengadukan.
2. *Glass fibres* digunakan untuk proses penyemprotan dimana glass fibres dan mortar dengan kadar semen tinggi disemprotkan secara bersama-sama pada suatu permukaan meskipun kepekaannya yang tinggi terhadap lingkungan yang alkalin menghambat pemakaian jenis serat ini.
3. Serat polimer mempunyai berat jenis yang rendah dan permukaan hidropobik yang tidak menyerap air adukan. Tetapi kelemahannya serat polimer mempunyai modulus elastis yang rendah, kelekatan yang jelek dengan pengadukan beton, mudah terbakar serta mempunyai titik leleh yang rendah.
4. Serat karbon dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan lawan retak, regangan dan tegangan retak serta kuat batas mortar. Meskipun demikian

kelemahan serat karbon dalam hal keliatan memerlukan pertimbangan khusus dalam pemakaiannya.

5. Serat alami, yaitu berupa ijuk dan kelapa. Campuran beton dengan serat ini dapat menghasilkan sifat beton yang daktail dan umumnya kuat tariknya rendah. Kelemahan serat ini tidak tahan terhadap serangan kimia dan tidak tahan lama karena bisa membusuk.

Serat dapat meningkatkan beberapa sifat struktural beton tetapi tidak seluruh sifat dapat ditingkatkan. Seperti serat baja, gelas dan karbon akan menghasilkan struktur yang kuat dan kaku serta menghasilkan daya redaman yang tinggi terhadap gaya-gaya kejut.

Soroushin dan Bayasi (1987), mengemukakan sifat dasar dari beberapa serat yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sifat dasar serat

Tipe	Berat Jenis	Kuat Tarik (ksi)	Modulus Young (10^3 ksi)	Fraksi Volume	Diameter (inch)	Panjang (inch)
Baja	7,86	100 - 300	30	0,75 - 3,0	0,0005 - 0,04	0,5 - 1,5
Gelas	2,70	sd 180	11	2,0 - 8,0	0,004 - 0,03	0,5 - 1,5
Plastik	0,91	sd 100	0,14 - 1,20	1,0 - 3,0	sd 6,1	0,5 - 1,5
Karbon	1,60	sd 100	sd 7,20	1,0 - 5,0	0,0004 - 0,0008	0,02 - 0,5

Dengan peningkatan sifat mekanik beton yang diharapkan, maka serat harus memiliki syarat-syarat tertentu. Adapun syarat-syarat yang harus dimiliki serat agar dapat meningkatkan kualitas beton dan dapat dikerjakan dengan mudah adalah sebagai berikut, (Warsena, 1998) :

1. Durabilitas / keawetan

Serat harus tahan terhadap lingkungan beton, faktor yang mempengaruhi antara lain reaksi terhadap alkali, ketahanan abrasi mekanik selama proses pengadukan dan pengerjaan beton, ketahanan korosi, perubahan fase atau bentuk akibat perubahan suhu.

2. Ikatan

Ikatan mekanik dari kimia atau penjangkaran serat dalam beton adalah hal penting untuk memperoleh kekuatan yang diinginkan. Sifat ini sangat sulit diukur dan dievaluasi serta sangat berpengaruh terhadap sifat komposit.

3. Sifat Mekanik

Sifat ini antara lain kekuatan, kekerasan dan keliatan. Yang diharapkan dari serat adalah memiliki kekuatan yang tinggi, kekerasan, keliatan serta kemampuan menyerap energi. Sifat-sifat tersebut penting selama pembebanan maupun menahan retak yang terjadi.

4. Penyebaran

Serat diharapkan mempunyai sifat yang mudah dikerjakan, dalam pengertian penyebarannya dapat merata keseluruh bagian beton tanpa terjadi penggumpal.

Adapun aplikasi beton serat dan peningkatan yang dapat ditunjukkan dalam tabel 3.3. (Soroushian dan Bayasi, 1987)

Tabel 3.3 Aplikasi pemakaian beton serat dan sifat-sifat yang diperbaiki

Aplikasi	Perbaikan												
	Daktilitas (serapan energi)	Kekakuan dan Kekuatan Dinamis	Ketahanan Kejut	Kuat Tarik dan Lentur	Kuat Geser	Tingkat Pelayanan (Retak dan Lendutan)	Ketahanan Terhadap Kelelahan	Pengurangan Ukuran dan Berat	Ketahanan, Abrasi dan Korosi	Ketahanan Kavitasi	Ketahanan Terhadap Beban Aksial Berbagai Arah	Perilaku pada Suhu Tinggi	Pengurangan Serapan Air
Struktur Tahan Gempa	x	x		x	x	x		x			x		
Perkerasan Jalan dan Lapangan Terbang			x	x			x	x	x				
Struktur Cangkang				x	x	x		x			x		
Portal, Balok dan pelat	x			x	x	x		x			x		
Struktur Jembatan	x	x		x	x	x	x	x			x		
Struktur Tahan Ledakan	x	x	x	x	x	x		x			x		
Penampungan Air				x		x		x					x
Struktur Keairan				x		x	x	x	x	x	x		x
Beton Prategang dan Pracetak	x			x	x	x		x			x		
Beton dan baja kekuatan tinggi	x			x		x					x		
Pelapisan pada Bangunan Industri						x			x				
Struktur Tahan Api									x			x	
Penambalan dan Perbaikan Shotcrete				x		x							
Struktur Penahan Tanah				x		x			x	x			x
Pipa Beton				x		x		x	x	x	x		x
Reaktor Nuklir	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Terowongan Pertambangan				x	x	x			x	x	x		x

Pada penelitian ini digunakan serat plastik nylon yang berasal dari benang pancing merk Danyl yang banyak dipasaran, dengan variasi diameter 0.40 mm, 0.60 mm, 0.95 mm.

Adapun perhitungan jumlah serat yang digunakan adalah sebagai berikut :

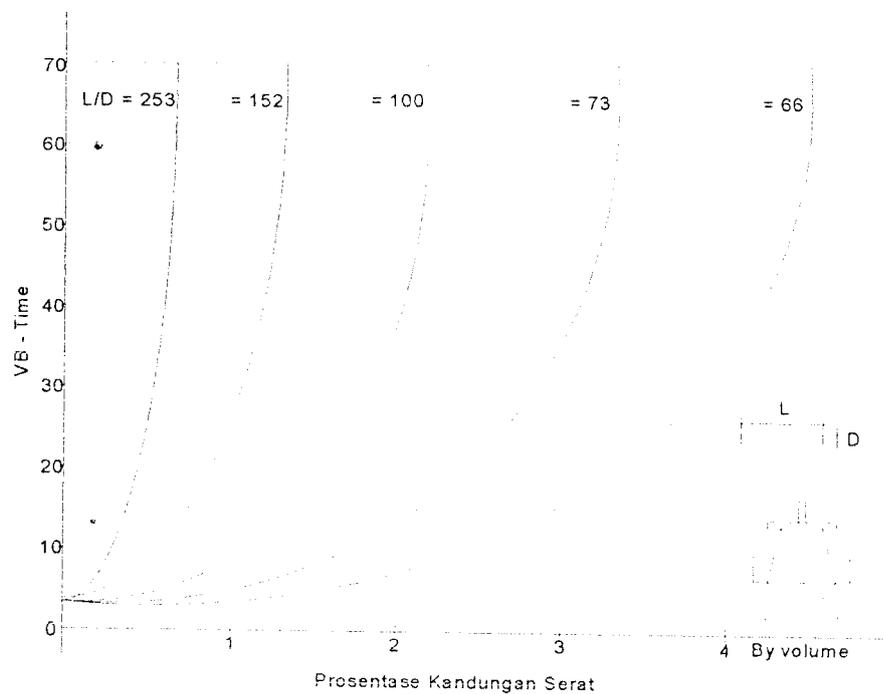
$$\text{Volume 1 silinder beton} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h \quad (3.2)$$

$$\text{Volume 1,5 \% silinder beton} = 1,5 \% \times \text{Vol. 1 silinder beton} \quad (3.3)$$

Panjang serat yang diperlukan untuk 1 silinder beton :

$$= \frac{\text{volume 1,5 \% silinder beton}}{\text{luas tampang serat}} \quad (3.4)$$

Aspek ratio serat yang tinggi akan menyebabkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola (balling effects) yang sulit disebar secara merata dalam proses pengadukan. Dalam penelitian Briggs dkk (1974) menyimpulkan bahwa nilai l/d yang baik terletak antara 50-100. Serat dengan l/d > 100 jika dicampurkan ke dalam adukan beton akan terjadi penggumpalan (balling effect), sehingga menyulitkan dalam pengadukan. Sedangkan jika nilai l/d < 100 akan menyebabkan tidak terjadinya ikatan yang baik antara beton dengan serat dan serat mudah terpercarkan oleh geteran. Semakin tinggi kandungan serat dalam adukan, semakin sulit pengadukannya sehingga VB-time semakin tinggi seperti terlihat pada gambar 3.2. (Sudarmoko, 1993)



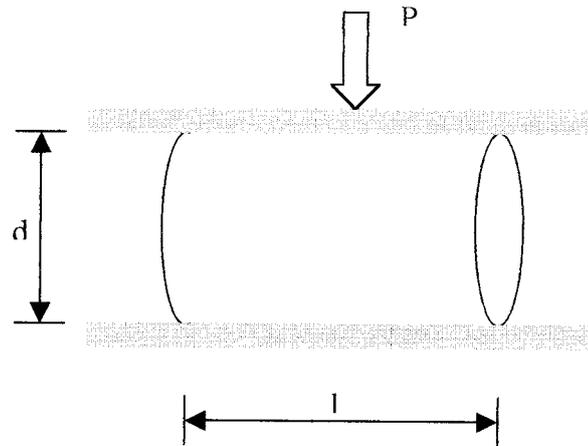
Gambar 3.2 Pengaruh aspek ratio serat terhadap VB-Time

VB-Time adalah salah satu cara untuk mencari kelecakan adukan beton/beton serat. Alat ini terdiri dari kerucut (yang biasa dipakai untuk slump test) yang diletakkan di dalam sebuah kontainer silinder dan ditempatkan diatas meja getar. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut (dalam 3 lapis), kemudian kerucut diangkat ke atas. Adukan beton yang tertinggal dalam kontainer digetarkan sampai bentuk kerucut berubah menjadi rata. Waktu penggetaran yang diperlukan dinamakan “VB-Time”, dan menunjukkan tingkat kelecakan adukannya. Bila adukan mempunyai VB-Time antara 5 s/d 25 detik, maka adukan tersebut dapat diterima. (Suhendro, 1992).

3.4 Kuat Tarik

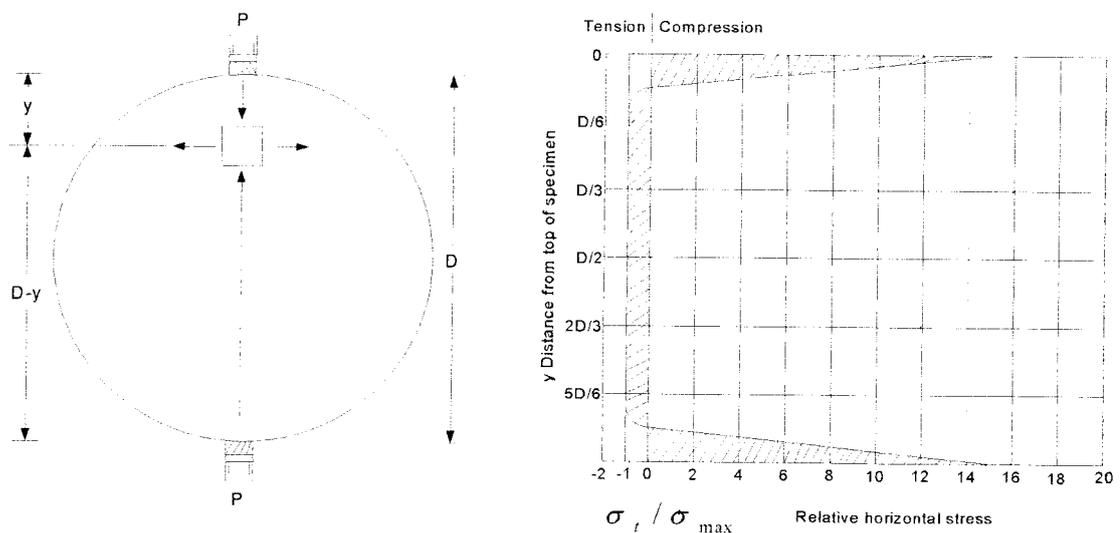
Menurut Nawy (1990), kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah pemjepitan (gripping) pada mesin. Ada

sejumlah metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik, dan yang paling sering digunakan adalah tes belah silinder atau tes Brasil.



Gambar 3.3 Pengujian kuat tarik beton dengan metode belah silinder

Popovic (1998) menggambarkan tekanan kompresif beton pada tes pembelahan silinder sebagai berikut :



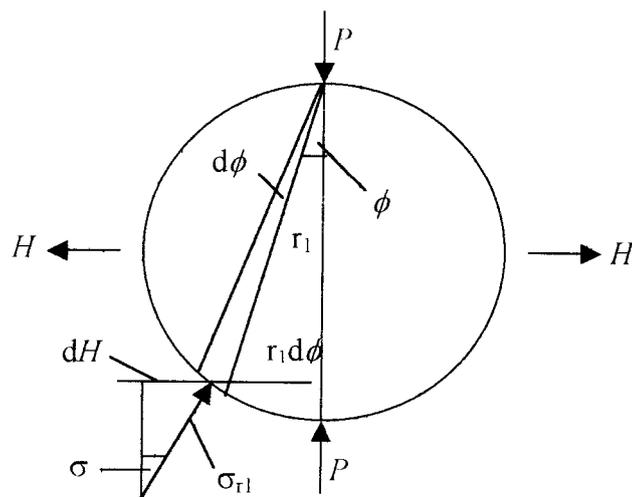
Gambar. 3.4 Distribusi tegangan horizontal dalam bidang internal antara dua beban generatris pada tes pembelahan silinder

Pada gambar 3.4 terlihat bahwa beban kompresif vertikal dapat digunakan dan disebarakan sebagai suatu garis. Maka, tekanan vertikalnya bersifat kompresif dan tekanan horizontalnya juga bersifat kompresif namun, akan menjadi tarik segera setelah keduanya menjauhi permukaan eksternal atau luar sehingga bidang beban tegangan tarik yang hampir sama akan muncul pada 80 % dari permukaan vertikalnya.

Adapun tegangan tarik maksimum pada permukaannya adalah :

$$\sigma_m = \frac{2P}{\pi d.D} \quad (3.6)$$

Timoshenko (1934) mengemukakan ulasan teori tentang rumus tegangan dari percobaan belah silinder tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Gaya horizontal akibat beban vertical

Apabila sebuah piring ditekan dengan gaya P pada arah diameternya seperti pada gambar 3.5, maka gaya horizontal pada piring tersebut adalah sebagai berikut :

$$dH = r_1 \cdot d\phi \cdot \sigma_{r1} \cdot \sin \phi = D \cdot \sigma_{r1} \cdot \cos \phi \cdot \sin \phi \cdot d\phi$$

$$\sigma_{r1} = \frac{2P}{\pi D}$$

$$dH = D \frac{2P}{\pi D} \cos \phi \sin \phi d\phi = \frac{P}{\pi} \sin 2\phi d\phi$$

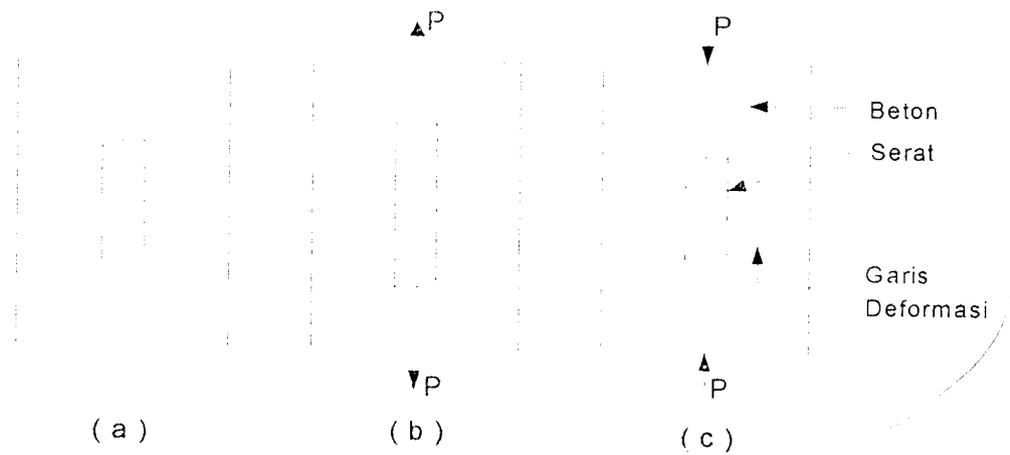
Akibat P dari atas dan bawah :

$$\begin{aligned} H &= \frac{2P}{\pi} \int_0^{\pi/2} \sin 2\phi d\phi \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} \cos 2\phi \right]_0^{\pi/2} \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} \cos 2\phi \right]_0^{\pi/2} \\ &= \frac{2P}{\pi} \left[-\frac{1}{2} (-1 - 1) \right] \\ &= \frac{2P}{\pi} \end{aligned}$$

Gaya H ini untuk satu satuan panjang dengan tinggi merupakan diameter piring. Jika piring tersebut merupakan silinder dengan diameter D dan panjang L , maka tegangan horizontal yang terjadi adalah :

$$\sigma = \frac{H}{DL} = \frac{2P}{\pi DL}$$

Balaguru (1992), menggambarkan sistem serat-matriks pada beton sebagai berikut :



Gambar 3.6 Hubungan Serat-Beton, tanpa beban: (a) beban tarik: (b), beban tekan: (c)

Sampel sistem kandungan serat-beton ditunjukkan pada gambar 3.3. Pada bagian tanpa beban, tegangan untuk serat dan beton dianggap nol (Gambar 3.3 (a)). Pada saat diberi beban tarik dan beban desak terjadi tegangan dan perubahan bentuk. Dalam kasus ini hidrasi semen dapat menyebabkan tegangan pada beton dan serat, ketika diberikan beban pada beton, sebagian beban ditransfer ke serat. Karena ada perbedaan kelangsingan antara beton dan serat, maka terjadi tegangan geser pada serat. Tegangan geser ini membantu perpindahan beban yang diberikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 (b) dan (c).

Adapun kuat tarik gabungan beton serat menurut Suhendro (1992) adalah sebagai berikut .:

$$f_{if} = 0,97 \times f_c \times (1 - V_f) + \left[3,41 \times V_f \times \left(\frac{l}{d} \right) \right] \quad (3.7)$$

dengan : f_c = kuat tarik beton biasa (N/mm^2) V_f = fiber volume fraction (%)

l/d = fiber aspect ratio f_{if} = kuat tarik beton fiber (N/mm^2)

Persamaan yang dinyatakan Suhendro (1992) dalam penelitiannya untuk mencari kuat tarik beton serat bendrat ini adalah persamaan non dimensional, karena pada penjumlahan aspek ratio serat tidak memiliki satuan.

Kuat tarik untuk beton serat menurut Callister (1993) adalah sebagai berikut :

untuk $l > l_c$

$$(TS)_c = (TS)_f \times V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l} \right) + (TS)'_m (1 - V_f) \quad (3.8)$$

dengan : $(TS)_c$ = kuat tarik beton komposit, $(TS)_f$ = kuat tarik serat

l = panjang serat, l_c = panjang kritis serat, $(TS)'_m$ = kuat tarik beton

untuk $l < l_c$

$$(TS)_c = \frac{l \tau_c}{d} V_f + (TS)'_m (1 - V_f) \quad (3.9)$$

dengan : τ_c = kekuatan ikatan serat – beton, d = diameter serat

Callister (1993) mengatakan bahwa panjang kritis serat adalah pertambahan panjang serat setelah ditarik.

Bolton (1993), menyatakan kuat tarik beton komposit (serat) adalah sebagai berikut :

$$\text{kuat tarik komposit } (\sigma_c) = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m \quad (3.10)$$

dengan : σ_f = kuat tarik serat, f_f = volume serat, σ_m = kuat tarik beton

$$f_m = \text{volume beton}$$

Menurut Bolton (1993), bahwa kuat tarik beton serat berbanding lurus dengan kuat tarik serat ditambah kuat tarik beton.

3.5 Hipotesis

Beton dengan penambahan serat plastik nylon mempunyai kuat tarik yang lebih tinggi di bandingkan dengan beton tanpa serat, karena kuat tarik gabungannya adalah penjumlahan dari kuat tarik beton dengan kuat tarik serat. Kuat tarik beton akan mencapai maksimum dengan panjang serat 70 mm dan diameter 0,95 mm pada perbandingan l/d konstan.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII, dengan bahan uji serat plastik nylon yang berasal dari benang pancing dengan merk Danyl sebagai bahan tambah pada adukan beton. Pembuatan campuran beton untuk benda uji direncanakan dengan menggunakan metode ACI (American Concrete Institute) sebagai dasar pembuatan mix design. Mutu beton direncanakan mempunyai kuat desak 22,5 Mpa.

4.2 Persiapan Bahan

1. Semen Portland yang digunakan adalah type I dengan merk Nusantera.
2. Agregat halus (pasir) yang lolos saringan 4,8 mm berasal dari sungai Krasak.
3. Agregat kasar berupa batu pecah (split) dengan ukuran maksimal 20 mm berasal dari kali Progo.
4. Bahan tambah berupa serat plastik nylon berasal dari benang pancing merk Danyl, dengan diameter 0.40 mm, 0.60 mm, 0.95 mm dan panjang 30 mm, 44 mm dan 70 mm.
5. Air bersih yang digunakan diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

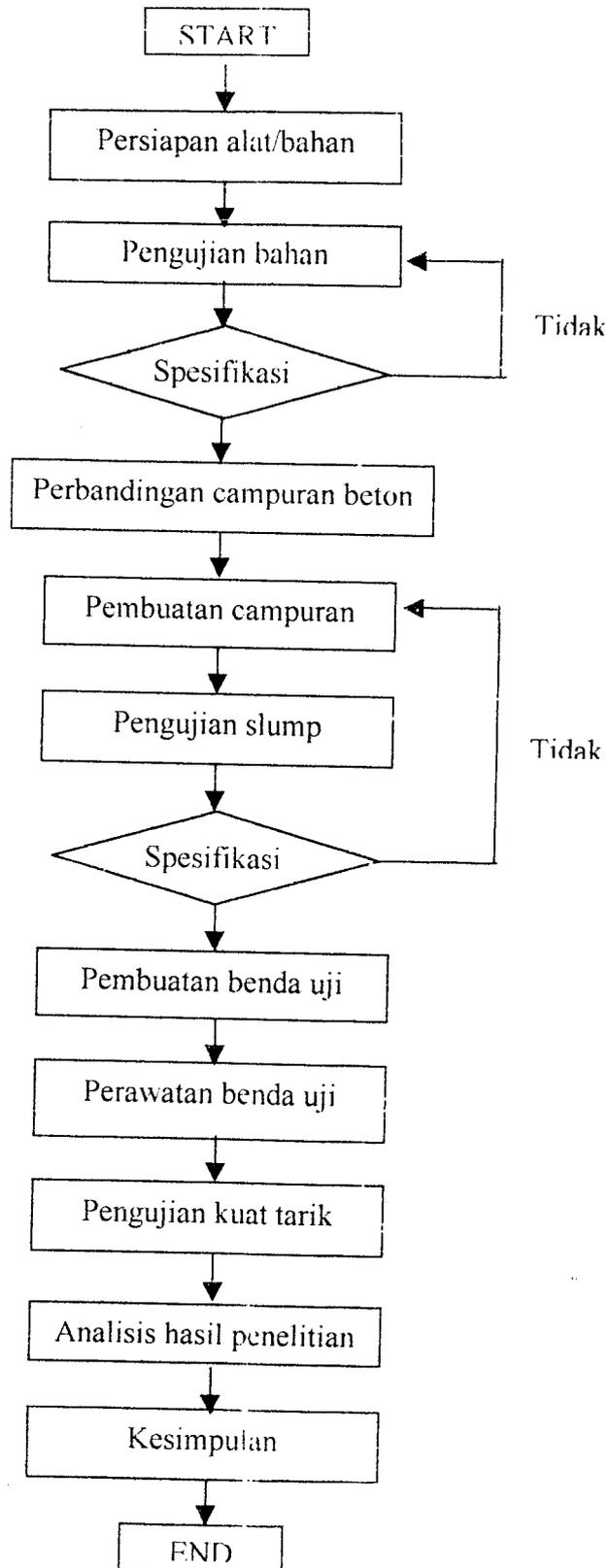
4.3 Persiapan Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan ditampilkan dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	ALAT	KEGUNAAN
1	Timbangan	menimbang bahan-bahan
2	Neraca Ohaus	menimbang berat silinder kering
3	Cetok	memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder
4	Ember	menampung agregat
5	Cetakan silinder	mencetak benda uji silinder beton
6	Kalifer dan jangka sorong	mengukur dimensi beton sample
7	Gelas ukur	mengukur volume air yang dipakai
8	Oven	pengeringan agregat
9	Kerucut Abrams	pengujian slump
10	Ayakan	menyaring pasir menjadi agregat kasar dan halus
11	Picnometer	menentukan berat volume agregat
12	Tongkat penumbuk	memedatkan benda uji
13	Nampan baja	wadah pasta semen dari proses pencampuran
14	Molen	mencampur adukan beton
15	Mesin desak	pengujian desak dan tarik

4.4 Prosedur Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Alur Penelitian

4.5 Pemeriksaan Bahan Campuran

Pada pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada agregatnya. Pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

4.5.1 Pemeriksaan Agregat Kasar (kerikil)

Pemeriksaan yang dilakukan pada agregat kasar dari kali progo ini meliputi pemeriksaan terhadap berat jenis kerikil, berat volume agregat kasar "SSD". Adapun penjelasannya sebagai berikut :

I. Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil .

Berat jenis adalah perbandingan antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Pada pemeriksaan ini digunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Gelas ukur kap. 1000 ml.
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram.
3. Piring, sendok, lap dan lain-lain.

Tabel 4.2 Hasil berat jenis kerikil "SSD" asal Kali Progo.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume air (V ₁)	500 cc	500 cc
Volume + Agregat (V ₂)	650 cc	655 cc
$BJ = \frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{650 - 500} = 2,67 \text{ gr/cm}^3$	$\frac{400}{655 - 500} = 2,58 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis rata-rata	2,625 gr/cm ³	

II. Pemeriksaan Berat Volume Kasar “SSD”

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat volume kerikil pada keadaan kering. Pada pemeriksaan ini digunakan alat-alat sebagai berikut :

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

Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar “SSD” dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pemeriksaan berat volume kasar “SSD”

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	6,927 Kg	6,927 Kg
Berat tabung+Agregat (W_2)	15,490 Kg	15,500 Kg
Vol. Tabung $\frac{1}{4} \pi . d^2 . t$	$5,3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat Vol = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{15,490 - 6,927}{5,3014}$ $= 1,6152 \text{ t/m}^3$	$\frac{15,500 - 6,927}{5,3014}$ $= 1,6171 \text{ t/m}^3$
Berat Vol. rata-rata	1,6162 t/m	

4.5.2 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan agregat halus (pasir) yang berasal sungai krasak meliputi pemeriksaan terhadap berat jenis pasir, berat volume agregat halus “SSD”, analisa saringan dan modulus halus butir (MHB). Adapun penjelasannya sebagai berikut.

I. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir.

Pemeriksaan berat jenis pasir perlu dilaksanakan untuk mengetahui perbandingan antara berat dan volume pasir tersebut. Pada pemeriksaan berat jenis pasir ini digunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Gelas ukur kap. 1000 ml.
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram.
3. Piring, sendok, lap dan lain-lain.

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir) dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil berat jenis pasir

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume air (V ₁)	500 cc	500 cc
Volume + Agregat (V ₂)	660 cc	655 cc
$BJ = \frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{660 - 500} = 2,5 \text{ gr/cm}^3$	$\frac{400}{655 - 500} = 2,58 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis rata-rata	2,5403 gr/cm ³	

II. Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus “SSD”.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat dan volume pasir dalam keadaan kering “SSD”. Alat-alat yang digunakan adalah :

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

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus “SSD” dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil berat volume agregat halus “SSD”

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	6,927 Kg	6,927 Kg
Berat tabung+ Agregat (W_2)	15,536 Kg	15,532 Kg
Vol. Tabung $\frac{1}{4} \pi . d^2 . t$	$5,3014 . 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,3014 . 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat Vol = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{15,536 - 6,927}{5,3014}$ $= 1,6239 \text{ t/m}^3$	$\frac{15,532 - 6,927}{5,3014}$ $= 1,6231 \text{ t/m}^3$
Berat Vol. rata-rata	$1,6235 \text{ t/m}^3$	

III. Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Pasir

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan menentukan modulus butir dengan menggunakan saringan.

Adapun cara pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan aturan diameter butiran dari atas ke bawah, yaitu : 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15. mm, dan pan.
2. Agregat halus pasir ditimbang sesuai dengan kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan kemudian ditutup rapat.
3. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin Siever selama ± 15 menit.
4. Pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang.

5. Perhitungan modulus halus pasir (mhb) pasir dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$MHB = \frac{\text{Jumlah tertinggal komulatif (\%)}}{100} \quad (4.1)$$

Hasil pemeriksaan modulus halus butir pasir dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil gradasi pasir

Saringan		Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Komulatif	
No	Ø lubang (mm)	I	II	I	II	I	II
1	4,75	33	23	1,64	1,15	1,64	1,15
2	2,36	161	138	8,03	6,89	9,67	8,04
3	1,18	363	333	18,1	16,62	27,77	24,66
4	0,60	578	582	28,83	29,06	56,6	53,72
5	0,30	345	363	17,29	18,12	73,81	71,84
6	0,15	346	359	17,26	17,92	91,01	89,76
7	PAN	179	205	8,93	10,23	—	—
Jumlah						260,56	249,17

Jumlah rata-rata = 254,865

$$MHB = \frac{254,865}{100} = 2,5486$$

4.6 Perhitungan Campuran Beton

4.6.1 Tahapan Perhitungan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan metode ACI (American Concrete Institute) sebagai metode perancangan beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperlihatkan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawwetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan adukan beton.

Tahapan perhitungan perancangan campuran beton berdasarkan metode ACI (Tjokrodimulya, 1995) sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak yang disyaratkan dan nilai margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (4.2)$$

$$= f'_c + k .sd \quad (4.3)$$

dengan f'_{cr} = kuat desak rata-rata (Mpa), f'_c = kuat desak yang disyaratkan (Mpa), m = nilai margin (Mpa), k = tetapan deviasi, sd = standar deviasi (kg/cm^2)

Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai : $m = 1,64.k.Sd$, dengan Sd adalah nilai deviasi standar yang diambil dari tabel 4.7. Nilai k dipengaruhi oleh jumlah sample.

Tabel 4.7 Nilai k untuk beberapa keadaan

	Keadaan	Nilai k
1	Untuk 10 % defektif	1,28
2	Untuk 5 % defektif	1,64
3	Untuk 2,5 % defektif	1,96
4	Untuk 1 % defektif	2,33

Tabel 4.8 Nilai deviasi standar (kg/cm²)

Volume Pekerjaan (m ³)	Mutu Pelaksanaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	45 < s < 55	55 < s < 65	65 < s < 85
Sedang 1000 – 3000	35 < s < 45	45 < s < 55	55 < s < 75
Besar > 3000	25 < s < 45	35 < s < 45	45 < s < 65

Tabel 4.9 Faktor modifikasi standar deviasi kurang dari 30 sampel

Jumlah sampel	Faktor pengali standar deviasi
>30	1,00
25	1,03
20	1,08
<15	1,16

2. Menetapkan factor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada tabel 4.10 dan keawetan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada tabel 4.11 dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 4.10 Hubungan factor air semen dengan kuat desak beton silinder pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak rata-rata (Mpa)
0.35	42
0.44	35
0.53	28
0.62	22,4
0.71	17,5
0.80	14

Tabel 4.11 Faktor air semen maksimum

Beton didalam ruangan :	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
Beton diluar bangunan :	0,60
a. Tidak terlindung dari hujan dan tarik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	
Beton yang masuk ke dalam tanah	0,55
a. Mengalami keadaanbasah dan kering berganti-gantian	0,52
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah atau air tanah	
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	0,57
a. Air tawar	0,52
b. Air laut	

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (dari tabel 4.12 dan 4.13)

Tabel 4.12 Nilai Slump (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding plat fondasi dan fondasi bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak dan tidak bertulang, kaison dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok kolom dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 4.13 Ukuran Maksikum agregat (mm)

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

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (lihat tabel 4.14)

Tabel 4.14 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	167
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dapat dilihat tabel 4.15

Tabel 4.15 Perkiraan kebutuhan kerikil permeter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Modulus halus didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas satu saringan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang saringan adalah 3,8 mm; 7,5 mm; 15 mm; 30 mm; 60 mm; 125 mm; 250 mm; 500 mm; 750 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir 1,5 sampai 3,8, sedangkan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus campuran pasir dan kerikil berkisar antara 5 sampai 6,5.

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 4.14), dengan cara hitungan volume absolute.

Volume agregat halus = $1 - (\text{vol. Air} + \text{vol. Kerikil} + \text{vol. Semen} + \text{vol Udara terperangkap})$

8. Menghitung berat masing-masing bahan susun beton.

4.6.2 Perhitungan dan Perbandingan Campuran Beton

Berikut ini adalah uraian perencanaan campuran beton berdasarkan cara ACI dengan mempergunakan data-data perhitungan seperti di bawah ini :

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| a. Kuat desak rencana (silinder) | : 22,5 Mpa |
| b. Diameter maksimum agregat kasar | : 20 mm |
| c. Modulus Halus Butir (MHB) pasir | : 2,5486 gr/cm ³ |
| d. Berat jenis pasir | : 2,5403 gr/cm ³ |
| e. Berat jenis kerikil | : 2,6250 gr/cm ³ |
| f. Berat volume pasir | : 1,6235 t/m ³ |

Tahapan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata (f'_{cr})

Berdasarkan tabel 4.7 dengan nilai k sebesar 1,64 dengan perkiraan 5 % defektif (kegagalan), berdasarkan tabel 4.8 diambil nilai standar deviasi 40 kg/cm^2 (4 Mpa) pada kondisi pekerjaan baik sekali, sehingga kuat desak rata-rata beton adalah :

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + k \cdot sd \\ &= 22,5 + 1,64 (4) \\ &= 29,06 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

2. Menentukan faktor air semen

Berdasarkan tabel 4.10 untuk $f'_{cr} = 29,06 \text{ Mpa}$ didapat $f_{as} = 0,52$, berdasarkan tabel 4.11 beton terlindung air hujan dan terik matahari langsung didapat $f_{as} = 0,6$. Dari kedua f_{as} tersebut, diambil f_{as} yang terendah yaitu : 0,52.

3. Menentukan nilai Slump

Berdasarkan tabel 4.12, untuk jenis struktur plat, balok kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 15 cm, dipakai nilai slump = 10 cm.

4. Kebutuhan air

Berdasarkan tabel 4.14, untuk nilai slump = 10 cm dan agregat maksimum = 20 mm didapat kebutuhan air = 203 lt dan udara terperangkap 1 %.

5. Kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Berat air}}{F_{as}} = \frac{203}{0,52} = 390,385 \text{ kg}$$

$$\text{Volume padat semen} = \frac{\text{Berat semen}}{\text{Bj. Semen}} = \frac{390,385}{(3,15 \times 1000)} = 0,1239 \text{ m}^3$$

6. Menentukan volume agregat

Berdasarkan tabel 4.15 untuk diameter 20 mm dan modulus halus butir = 2,5486 kg/cm³ diperoleh volume per meter kubik agregat agregat kasar (V_k) = 0,635 m³

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= V_k \times \text{Berat volume kerikil} \\ &= 0,635 \times 1,6162 \\ &= 1,02629 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat} &= \frac{\text{Berat}}{\text{Bj. kerikil}} = \frac{1,02629}{2,6250} \\ &= 0,3909 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

7. Menentukan volume pasir

$$\text{Beton } 1 \text{ m}^3 = V_a + V_u + V_p + V_k + V_{pc}$$

$$V \text{ udara terperangkap} = 1 \% \times 1 \text{ m}^3 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ pasir} &= 1 - [V_a + V_u + V_p + V_k + V_{pc}] \\ &= 1 - [0,203 + 0,01 + 0,3909 + 0,1239] \\ &= 0,2722 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= V_p \times \text{Bj. Pasir} \\ &= 0,2722 \times 2,5403 \cdot 1000 \\ &= 691,469 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m³ beton :

Semen : 390,385 kg

Pasir : 691,469 kg

Kerikil : 1026,29 kg

Air : 203 lt

Perbandingan berat = 1 : 1,77 : 2,63 : 0,52

Kebutuhan material dalam 1 silinder :

Semen : 2,07 kg

Pasir : 3,66 kg

Kerikil : 5,44 kg

Air : 1,08 lt

Adapun perhitungan jumlah serat yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 silinder beton} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 15^2 \cdot 30 = 5301,4376 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1,5 \% silinder beton} &= 1,5 \% \times \text{Vol. 1 silinder beton} \\ &= 1,5 \% \cdot 5301,4376 \text{ cm}^3 = 79,5216 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Panjang serat yang diperlukan untuk 1 silinder beton :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{volume 1,5 \% silinder beton}}{\text{luas tampang serat}} \\ &= \frac{79,5216}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,040} = 63281,2786 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari penelitian (Jati dan Bayu 2000) didapat rasio $l/d = 72,73$ untuk kuat taruk yang optimum. Maka diambil variasi diameter dan panjang serat dengan nilai rasio yang sama sebagai berikut :

Tabel 4.16 Diameter dan Panjang Serat pada Campuran Beton

Silinder	Diameter Serat (cm)	Panjang Serat (cm)	Panjang Total Serat (cm)
V0	0	0	0
V1	0,040	3	63281,2786
V2	0,060	4,4	28125,0127
V3	0,095	7	11218,8416

4.7 Persiapan Cetakan

Sebelum digunakan, cetakan harus dipersiapkan dengan baik agar benda uji yang dihasilkan bersisi halus (sedikit pori), rusuk tajam dan simetris. Dalam penelitian ini cetakan yang digunakan adalah cetakan silinder yang terbuat dari besi dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum digunakan untuk mengecor adukan beton, cetakan harus dibersihkan dulu dari sisa-sisa adukan yang mengeras, kemudian bagian dalam cetakan diolesi minyak, pelumas (oil) supaya adukan beton tidak melekat pada cetakan dan mudah dilepas setelah adukan beton mengeras.

4.8 Pembuatan Adukan beton

Setelah tahapan persiapan bahan dan alat dilakukan. Tahapan selanjutnya adalah pencampuran adukan beton. Prosedur pelaksanaan pencampuran beton dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Bahan-bahan kering yang dimasukkan ke dalam molen berturut-turut mulai dari agregat kasar, agregat halus, dan semen dalam dua kali pemasukan masing-masing separuh bagian, setelah sebelumnya mesin molen dihidupkan. Ditunggu beberapa saat sampai campuran homogen.
2. Setelah tercapai campuran kering yang homogen, air dimasukkan sekaligus dan ditunggu hingga diperoleh adukan yang plastis. Selama pengadukan berlangsung, kekentalan harus diawasi terus menerus.

4.9 Pengujian Kekentalan Adukan (Slump Test)

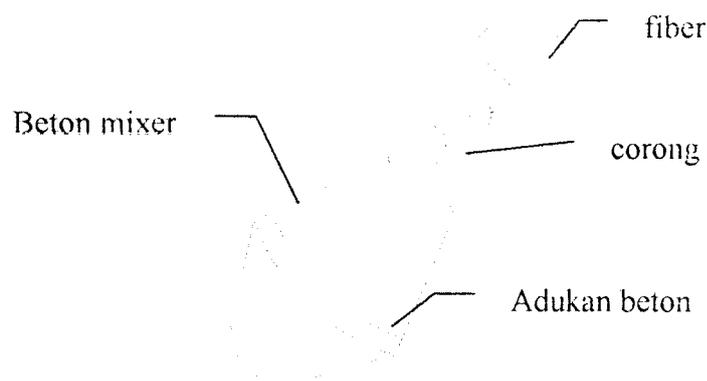
Slump test merupakan cara untuk mendapatkan nilai kekentalan (konsistensi) dari beton segar. Slump test dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bagian bawah 20 cm, diameter bagian atas 10 cm dan tingginya 30 cm. Tongkat penumbuk yang digunakan mempunyai diameter 16 mm dan panjang 60 cm.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams dibersihkan dan dibasahi sebelum digunakan.
2. Kerucut diletakkan diatas permukaan plat baja dengan posisi yang rata.
3. Beton segar dituangkan kedalam kerucut setinggi kira-kira $\frac{1}{3}$ tinggi kerucut, lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituangkan lagi sampai $\frac{2}{3}$ tinggi dan ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali. Kemudian permukaan beton diratakan bila perlu ditambah beton lagi bila kurang. Beton dalam kerucut didiamkan selama $\frac{1}{2}$ menit.
4. Setelah $\frac{1}{2}$ menit kerucut diangkat dan penurunan beton diukur dengan mistar. Besarnya penurunan beton merupakan hasil dari nilai slump yang didapatkan.

4.10 Pencampuran Serat Plastik Nylon pada Adukan Beton

Beton dibuat untuk setiap 6 silinder. Beton yang sudah. Setelah pengetesan slump, serat nylon dicampur dan diaduk hingga rata didalam molen. Setelah rata diadakan pengetesan slump kembali, setelah itu tahap pencetakan dapat dilaksanakan.



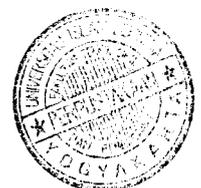
Gambar 4.2 Pencampuran fiber ke dalam adukan

4.11 Pengecoran Adukan Beton

Langkah-langkah pengecoran beton adalah sebagai berikut :

1. Penempatan cetakan

Tempat cetakan dekat dengan penyimpanan awal dimana benda uji akan disimpan selama 24 jam. Cetakan ditempatkan pada tempat yang permukaannya rata, keras, bebas dari getaran dan gangguan lainnya. Permukaan contoh benda uji harus dihindari dari benturan, jungkitan dan goresan pada saat pemindahan ke tempat penyimpanan/perawatan.



2. Pencetakan

Masukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan menggunakan sendok aduk, sendok aduk bahan (sekop). Setiap pengambilan adukan dari bak pengaduk harus dapat mewakili dari campuran tersebut. Apabila diperlukan, campuran beton dapat diaduk kembali agar tidak terjadi segregasi (pemisahan butir) selama pencetakan benda uji. Adukan beton diisikan ke dalam cetakan dalam 3 lapis yang masing-masing lapisan kira-kira sama tebal dan setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan dan bagian sisanya (kelebihannya) dibuang. Kemudian setelah beberapa saat permukaan diberi sekit acian semen untuk lebih meratakan. Setelah 24 jam cetakan dibuka dan diberi tanda.

4.12 Tahap Perawatan Beton

Perawatan beton merupakan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk memertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama beberapa hari, maka sample beton diletakkan didalam bak perendaman dan direndam dengan air bersih. Lama perendaman dalam penelitian ini adalah sampai beton berumur 28 hari.

4.13 Pengujian Kuat Tarik Serat Nylon

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik serat nylon dan panjang kritis serat setelah ditarik. Cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Sediakan serat yang akan diujikan dan dua buah besi yang dilubangi sebagai mediator pengikat serat.

2. Serat dililitkan pada kedua besi yang sudah dijepitkan pada alat uji tarik dan ukur panjang serat serta jumlah lilitannya.
3. Setelah uji tarik serat dilakukan, catat hasil beban maksimum serat dan ukur panjang kritisnya.
4. Untuk mencari kuat tarik serat nylon diasumsikan sama dengan mencari kuat tarik baja.

$$\sigma_U = \frac{P_U}{A} \quad (4.4)$$

dengan : σ_U = kuat tarik (kg/cm²)

P_U = beban maksimum (kg)

A = luas serat nylon

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian kuat tarik beton terhadap benda uji yang telah berumur 28 hari, maka diperoleh beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton yang diperlihatkan pada tabel 5.1 dan seterusnya, selanjutnya akan dianalisis terhadap kuat tariknya dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_m = \frac{P}{\pi LD}$$

dengan : σ_m = kuat tarik beton (kg/cm²), P = gaya tekan yang menyebabkan silinder pecah (kg), L = tinggi silinder (cm), D = diameter silinder (cm)

Adapun rumus kuat tarik beton seratnya menurut Suhendro (1992) adalah :

$$f_{if} = 0,97 \times f_c \times (1 - V_f) + \left[3,41 \times V_f \times \left(\frac{l}{d} \right) \right]$$

dengan : f_c = kuat tarik beton biasa (N/mm²), V_f = fiber volume fraction (%)

l/d = fiber aspect ratio, f_{if} = kuat tarik beton fiber (N/mm²)

Kuat tarik untuk beton serat menurut Callister (1993) adalah sebagai berikut :

untuk $l > l_c$

$$(TS)_c = (TS)_f \times V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + (TS)'_m (1 - V_f)$$

dengan : $(TS)_c$ = kuat tarik beton komposit, $(TS)_f$ = kuat tarik serat

l = panjang serat, l_c = panjang kritis serat, $(TS)'_m$ = kuat tarik beton

untuk $l < l_c$

$$(TS)_c = \frac{l\tau_c}{d} V_f + (TS)'_m (1 - V_f)$$

dengan : τ_c = kekuatan ikatan serat – beton, d = diameter serat

Bolton (1993), menyatakan kuat tarik beton komposit (serat) adalah sebagai berikut :

$$\text{kuat tarik komposit } (\sigma_c) = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m$$

dengan : σ_m = kuat tarik serat, f_f = volume serat, σ_m = kuat tarik beton

$$f_f = \text{volume beton}$$

Perhitungan analisis hasil pengujian kuat tarik beton akan ditunjukkan pada tabel 5.1 sampai tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil kuat tarik beton tanpa serat umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	0	0	29,90	14,90	12,980	180	26,228
2	0	0	30,20	14,80	12,835	173	25,126
3	0	0	29,80	15,10	12,909	195	28,132
4	0	0	29,75	15,00	12,805	185	26,912
5	0	0	30,20	15,05	13,053	187	26,708
6	0	0	29,95	15,10	12,990	175	25,119
Rata-rata							26,370

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2P}{\pi l D} \\
 &= \frac{2 \times 180 \times 1000}{\pi \times 29,90 \times 14,90} \\
 &= 257,21 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 26,228 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,040 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	3,00	0,040	30,10	14,90	12,626	188	27,212
2	3.00	0.040	30,10	15,00	12,813	198	28,468
3	3.00	0.040	30,30	15,00	12,549	200	28,566
4	3.00	0.040	29,00	14,90	12,611	189	28,394
5	3.00	0.040	30,40	15,10	12,735	190	26,869
6	3.00	0.040	30,20	15,10	12,862	195	27,759
Rata-rata							27,878

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2 P}{\pi d D} \\
 &= \frac{2 \times 188 \times 1000}{\pi \times 30,10 \times 14,90} \\
 &= 266,86 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 27,212 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,060 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	4,40	0,060	30,00	15,05	12,435	210	30,194
2	4.40	0.060	30,05	15,00	12,535	190	26,976
3	4.40	0.060	30,00	15,00	12,567	187	30,049
4	4.40	0.060	30,10	15,00	12,576	209	27,363
5	4.40	0.060	29,70	15,10	12,512	196	28,371
6	4.40	0.060	29,70	15,00	12,466	199	28,997
Rata-rata							28,658

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2 P}{\pi l D} \\
 &= \frac{2 \times 210 \times 1000}{\pi \times 30,00 \times 15,05} \\
 &= 296,10 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 30,194 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,095 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	7,00	0,095	30,20	15,20	12,926	225	31,819
2	7.00	0.095	30,20	15,10	13,019	200	28,470
3	7.00	0.095	30,30	15,05	12,827	205	29,183
4	7.00	0.095	30,30	15,00	12,714	232	33,136
5	7.00	0.095	30,50	15,00	13,082	228	32,351
6	7.00	0.095	30,10	15,00	12,721	213	30,625
Rata-rata							30,931

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2 P}{\pi d D} \\
 &= \frac{2 \times 225 \times 1000}{\pi \times 30,20 \times 15,20} \\
 &= 312,04 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 30,931 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Pengujian dan perhitungan kuat tarik serat dapat dilihat pada tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tarik serat nylon

Diameter (cm)	Banyak Lilitan	Panjang (cm)	Panjang Setelah Ditarik (cm)	Luas Total (cm ²)	Beban max. (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
0,040	106	17,50	19,20	0,133	132,50	996,24
0,060	46	17,50	19,50	0,130	112,50	865,38
0,095	11	17,50	19,00	0,078	27,50	352,56

$$\sigma_v = \frac{P_v}{A}$$

$$= \frac{132,50}{106 \left[\frac{1}{4} \pi (0,040)^2 \right]} = 996,24 \text{ kg/cm}^2$$

Adapun grafik hubungan kuat tarik serat dengan diameter serat dibuat dengan memakai persamaan regresi linear dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bx$$

a dan b diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

dan

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

N0	Diameter (cm) Xi	Kuat Tarik Serat (kg /cm ²) Yi
1	0,04	996,24
2	0,06	865,38
3	0,095	352,56
	0,195	2214,18

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{0,195}{3} = 0,065$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{2214,18}{3} = 738,06$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 125,2656$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 0,195$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 2214,18$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 0,014225$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

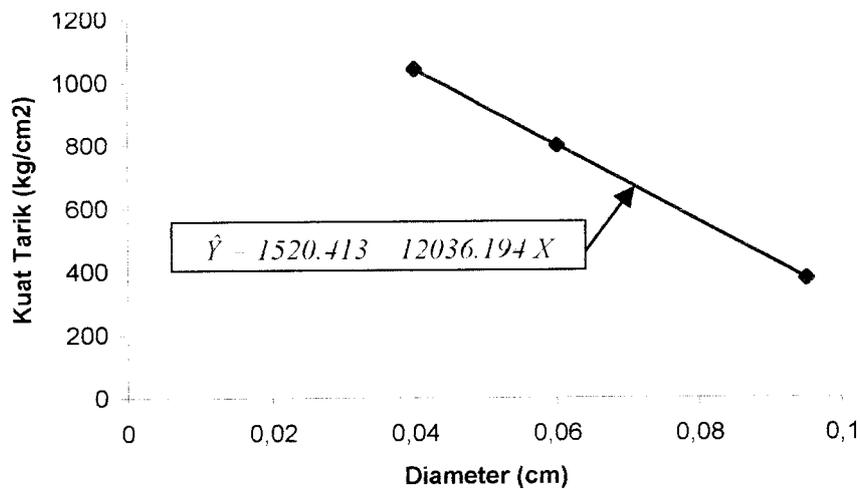
$$b = \frac{(3)(125,2656) - (0,195)(2214,18)}{(3)(0,014225) - (0,195)^2} = -012036,194$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 738,06 - (-12036,194 \times 0,065) = 1520,413$$

$$\hat{Y} = a + bx$$

$$= 1520,413 - 12036,194X$$



Gambar 5.1 Grafik hubungan diameter serat dan kuat tarik serat

5.2 Pembahasan

5.2.1 Workabilty

Pada penelitian pembuatan beton serat ada beberapa hal yang bisa diketahui dalam proses pengerjaan dan pembuatan beton serat ini. Terutama pada pengaruh penambahan serat nylon terhadap kelecakkan atau kekentalan dari adukan beton, tanpa merubah komposisi dari jumlah air maupun semen yang telah digunakan dalam perbandingan awal. Perbandingan antara semen, pasir, krikil dan air senantiasa tetap untuk semua pencetakan sample. Perubahan hanya terjadi pada konsentrasi penambahan serat nylon yaitu sebesar 1,5 % dari volume beton dengan variasi dan diameter serat pada l/d konstan. Seberapa besar kelecakkan

atau kekentalan dari adukan beton tanpa serat maupun beton serat dapat diketahui dari nilai slump yang terjadi.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Nilai Slump pada Beton Biasa dan Beton Serat Konsentrasi 1,5 %

Beton	Diameter Serat (cm)	Panjang Serat (cm)	Slump (cm)
V0	0	0	10
V1	0,040	3,0	6
V2	0,060	4,4	7
V3	0,095	7,0	7

Dari nilai slump yang dihasilkan pada tabel 5.6 ada nilai slump yang tidak memenuhi syarat perencanaan yaitu sebesar 7,5 – 15 cm. Nilai slump yang lebih kecil dari 7,5 cm dialami oleh beton serat, hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan serat plastik nylon terhadap workability. Kelecekan atau kekentalan adukan beton serat lebih kecil dibandingkan dengan beton biasa, ini berarti bahwa kemudahan pengerjaan lebih rendah (sulit).

Pada penelitian Sudarmoko (1993), menyatakan bahwa dalam proses pengadukan, adanya serat kawat bendrat pada adukan akan sedikit mempersulit proses pencampuran dan terjadi proses *balling*. Dengan mendefinisikan bahwa nilai slump harus masih mencapai kemudahan dalam pelaksanaan pencampuran adukan, yang dalam hal ini Sudarmoko memberi batas minimal slump harus sekitar 6 cm untuk beton serat, maka penurunan kelecakan adukan tersebut diatasi

dengan penambahan pasta semen sampai didapat nilai slump = 6 cm. Dengan asumsi bahwa nilai slump untuk beton serat plastik nylon sama dengan nilai slump beton serat kawat bendrat, maka nilai slump yang kecil yaitu 6 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa pedoman workability untuk beton biasa, yang didasarkan pada nilai slump tersebut tidak dapat dipakai untuk beton serat. Pada penelitian ini nilai slump didapat tanpa ada penambahan pasta semen.

5.2.2 Kuat Tarik

Kuat tarik sangat penting untuk menahan retak. Kuat tarik beton berkisar antara 5 – 12 % dari kuat desak beton (Sudarmoko, 1993). Pada penelitian ini pengujian kuat tarik benda uji dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari, dengan metode pecah belah silinder (split cylinder). Hasil kuat tarik beton didapat dari uji belah silinder dengan jumlah sampel beton sebanyak 24 buah silinder beton ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm.

Dalam penelitian Suhendro 1992, yang menguji kuat tarik beton dengan penambahan serat bendrat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{tf} = 0,97 \times f_c \times (1 - V_f) + \left[3,41 \times V_f \times \left(\frac{l}{d} \right) \right]$$

dengan : f_c = kuat tarik beton biasa (N/mm^2), V_f = fiber volume fraction

l/d = fiber aspect ratio, f_{tf} = kuat tarik beton fiber (N/mm^2)

Dengan asumsi bahwa rumus diatas dapat digunakan pada pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serat plastik nylon pada l/d konstan yaitu 72,73 dan kuat tarik beton biasa $26,37 \text{ kg/cm}^2$ (= $2,586 \text{ N/mm}^2$), maka kuat tarik beton serat nylon adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{ur} &= 0,97 \times 2,586 \times (1 - 0,015) + [3,41 \times 0,015 \times (72,73)] \\
 &= 6,19 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 61,9 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut Callister (1993), kuat tarik beton serat adalah sebagai berikut :

$$l > l_c, \text{ maka } (TS)_c = (TS)_f \times V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + (TS)_m (1 - V_f)$$

untuk serat nylon D = 0.040 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 994,72 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,20 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 40,175 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,060 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 864,97 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,50 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 38,207 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,095 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 352,69 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,00 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 31,038 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut Bolton (1993), kuat tarik beton komposit (serat) menggunakan rumus adalah sebagai berikut :

$$\text{kuat tarik komposit } (\sigma_c) = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m$$

untuk serat nylon D = 0,040 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (994,97 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 40,895 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,060 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (864,97 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 38,949 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,095 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (352,69 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 31,265 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tarik rata-rata beton pada umur 28 hari dengan metode belah silinder dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Rata-rata Kuat Tarik Beton Serat dengan Panjang Serat, Diameter Serat dan Berat Beton.

No	Serat		Berat Beton (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Diameter (cm)		
1	0	0	12,928	26,370
2	3,00	0,040	12,699	27,878
3	4,40	0,060	12,849	28,659
4	7,00	0,095	12,881	30,931

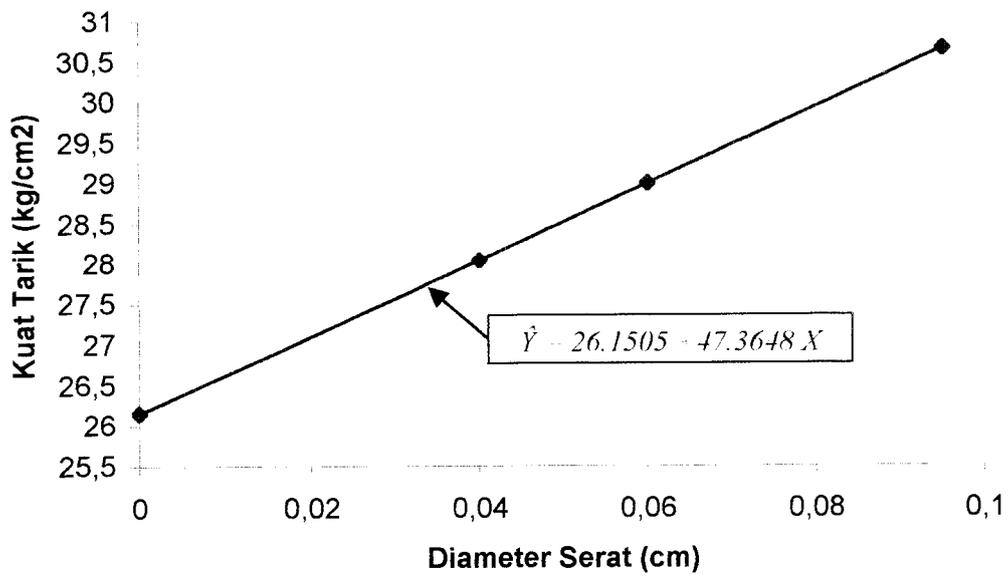
Pada penelitian ini mengasumsikan bahwa serat nylon yang berdiameter besar akan memberikan kuat tarik yang lebih besar dibandingkan dengan serat

nylon yang berdiameter kecil, tetapi untuk mendapatkan kuat tarik serat nylon yang berdiameter kecil diperlukan penambahan lilitan serat yang lebih banyak dibandingkan dengan serat nylon yang berdiameter besar, sehingga penambahan serat ini menjadikan kuat tarik serat nylon yang berdiameter kecil tinggi, seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.5. Dari hasil perhitungan kuat tarik beton serat yang menggunakan persamaan Callister (1993) dan Bolton (1993), didapatkan hasil kuat tarik beton serat berdiameter kecil lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik beton serat yang berdiameter besar. Berbeda dengan hasil kuat tarik beton serat yang diperoleh dari metode belah silinder, seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.7. Hal ini membuktikan bahwa hasil uji kuat tarik serat nylon tidak akurat. Karena untuk uji tarik serat nylon dibutuhkan mesin uji tarik khusus.

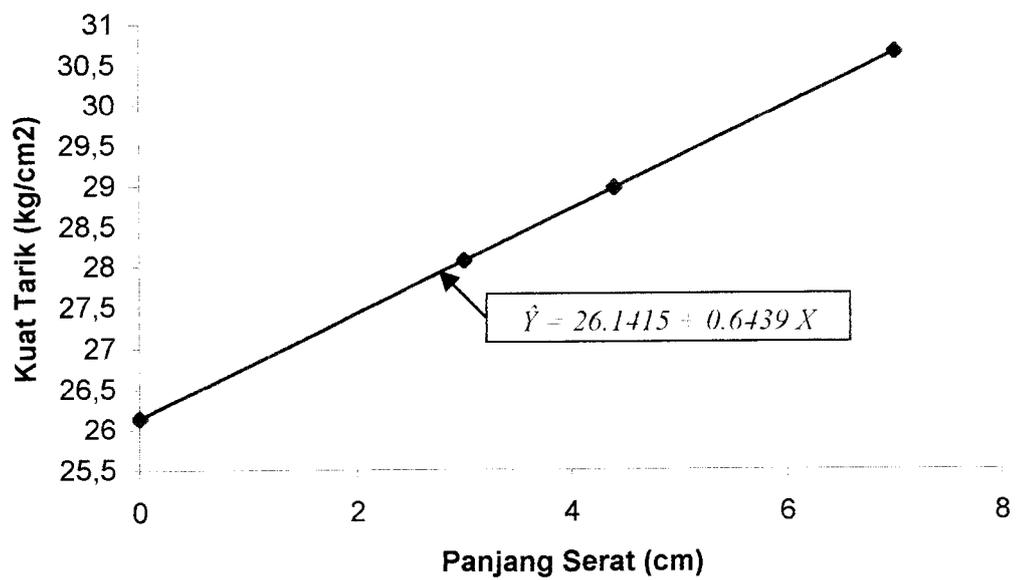
Secara umum, persamaan kuat tarik beton serat yang dinyatakan oleh Callister (1993) dan Bolton (1993) dapat digunakan untuk mencari kuat tarik beton serat. Sedangkan persamaan kuat tarik beton serat menurut Suhendro (1992) tidak dapat digunakan untuk mencari kuat tarik beton serat nylon.

Dari tabel 5.6 kuat tarik yang maksimum didapat pada beton serat dengan diameter serat 0,095 cm, panjang 7 cm yaitu 3,0931 Mpa.

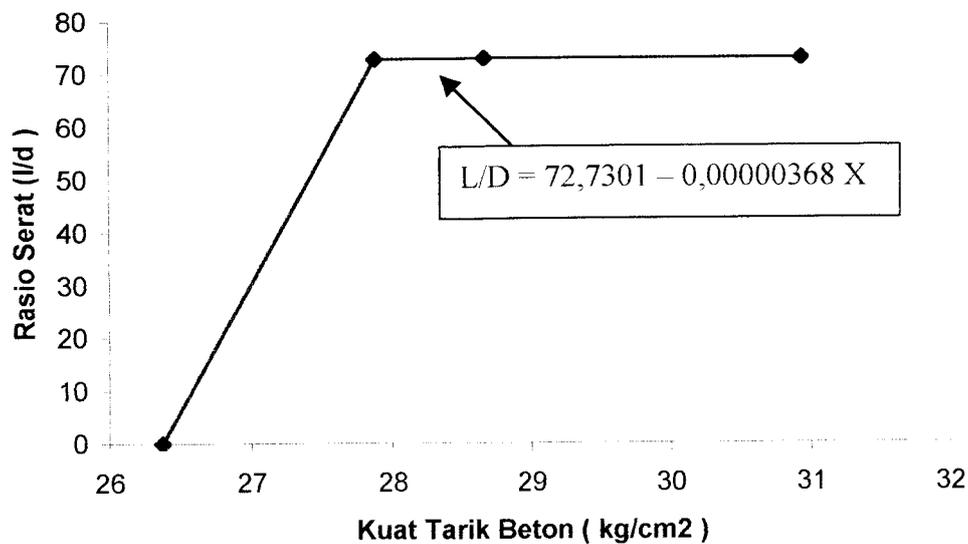
Adapun grafik hubungan antara kuat tarik, diameter serat, panjang serat dan berat beton dengan konsentrasi serat 1,5 % dan l/d konstan (= 72,73) masing-masing adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Hubungan diameter serat dengan kuat tarik beton



Gambar 5.3 Hubungan panjang serat dengan kuat tarik beton



Gambar 5.4 Hubungan ratio serat ($l/d = 72,73$) dengan kuat tarik beton

Dari tabel 5.7 juga pada gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 5.1 dan gambar 5.2 dapat dilihat ada peningkatan kuat tarik rata-rata beton dengan penambahan serat plastik nylon pada umur 28 hari. Meskipun peningkatan kuat tarik rata-rata beton serat relatif sedikit dibanding dengan beton biasa, tetapi peningkatan kuat tarik tersebut membuktikan bahwa penambahan serat plastik dapat meningkatkan kuat tarik beton yaitu 2,637 Mpa untuk beton tanpa serat, 2,7878 Mpa untuk beton serat dengan diameter serat 0,040 cm, 2,8659 Mpa untuk beton serat dengan diameter 0,060 cm dan 3,0931 Mpa untuk beton serat dengan diameter 0,095 cm. Nilai kuat tarik yang cenderung meningkat ini menunjukkan bahwa variasi diameter dan panjang serat dengan ratio l/d konstan (= 72,73) dapat ditingkatkan lagi guna mencapai kuat tarik yang optimum.

Tabel 5.8 Kenaikan kuat tarik beton serat dalam persen

No	Serat		Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kenaikan Kuat Tarik (%)
	Panjang (cm)	Diameter (cm)		
1	0	0	26,370	0
2	3,00	0,040	27,878	5,71
3	4,40	0,060	28,659	8,68
4	7,00	0,095	30,931	17,29

Secara keseluruhan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik nylon ke dalam adukan beton , ternyata mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tarik beton meskipun relatif kecil.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian kuat tarik beton dengan penambahan serat plastik nylon dengan l/d konstan dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab terdahulu dapat diambil kesimpulan dan juga saran-saran setelah melihat pelaksanaan dan hasil penelitian ini untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penambahan serat akan menurunkan kelecakkan adukan, dimana penurunan kelecakkan bervariasi tergantung pada panjang dan diameter serat.
2. Kuat tarik beton serat yang maksimum dengan l/d konstan didapat pada panjang serat 70 mm dan diameter 0,95 mm yaitu 3,0931 Mpa, peningkatan kuat tarik beton sebesar 17,29 % dengan penambahan serat plastik nylon.
3. Prosedur hitungan kuat tarik beton serat yang dinyatakan oleh Callister (1993) dan Bolton (1993) secara praktis dapat digunakan pada beton dengan serat plastik nylon.

6.2 Saran

1. Untuk mempertinggi daya lekat antara serat plastik nylon dengan campuran, maka diperlukan suatu perlakuan tertentu terhadap serat, misalnya dengan membentuk pengait pada ujung-ujungnya.
2. Perlu dicari metode pencampuran serat ke dalam adukan beton agar tidak terjadi penggumpalan serat (balling effect).
3. Penelitian tentang variasi diameter, panjang dan konsentrasi serat dengan menggunakan serat plastik nylon perlu dilakukan untuk memperoleh kuat tarik yang optimum dan mengetahui pengaruhnya terhadap beton terutama pada kuat tariknya.
4. Pada pelaksanaan penelitian sangat dibutuhkan ketelitian dalam memperhatikan masalah-masalah yang timbul selama proses persiapan sampai dengan pengujian benda uji.
5. Penentuan jumlah sampel uji diusahakan sebanyak mungkin, sehingga nilai rata-rata dari setiap jenis pengujian memberikan hasil yang lebih baik.
6. Mengingat bahwa penambahan serat ke dalam adukan beton berarti pula mempermahal harga satuan betonnya, maka perlu dipelajari pula tentang kemungkinan pemakaian serat secara parsial.

DAFTAR PUSTAKA

- Balaguru P. N dan Suhendra P. Shah, 1992, FIBER REINFORCED CEMENT COMPOSITES, Mc. Graw-Hill. Inc, Singapore.
- Bolton, William, 1993, ENGINEERING MATERIALS TECHNOLOGY, Second Edition, British Library Cataloguing in Publication Data, Oxford London.
- Calister D, William Jr, 1993, MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, Third Edition, Department of Materials Science and Engineering, The University of Utah.
- Feldman, Dorel dan Hartomo, Anton J. 1995, BAHAN POLIMER KONSTUKSI BANGUNAN, PT Graivedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jati dan Bayu, 2000, KARAKTERISTIK BETON PASIR DENGAN PENAMBAHAN SERAT PLASTIK NYLON, Tugas Akhir Strata I, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M, 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G., 1991, BETON BERTULANG, Suatu Pendekatan Dasar, PT Eresco, Bandung.
- Povovic, Sandor, 1998, STRENGTH AND RELATIF PROPERTIES OF CONCRETE, A Quantitative Approach, John Wiley and Sons. Inc.

- Sudarmoko, 1993, PENGARUH PANJANG SERAT PADA SIFAT STRUKTURAL BETON SERAT, Media Teknik No. 1 Tahun XV, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Suhendro, Bambang, 1992, PENGARUH PEMAKAIAN FIBER SECARA PARSIAL PADA PERILAKU DAN KAPASITAS BETON BERTULANG. Seminar Dalam Negeri, Forum Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Soroushian dan Bayasi, Z., 1987, FIBER REINFORCED CONCRETE DESIGN AND APPLICATION, Seminar Proceeding Composite and Structures Center, Michigan State University.
- Surdia, Tata, Met. E. dan Saito, Shinroku, 1992, PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK, Cetakan Kedua, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono, 1992, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Warsena, 1998, PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TERHADAP KUAT TARIK DAN DAKTALITAS BETON KUAT TEKAN TINGGI, Tugas Akhir Strata I, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

LAMPIRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	M. Eko Prasetyo	97511284	TSS
2	Lira Oktavia	97511184	TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :

Dengan ini saya mengajukan proposal penelitian dengan judul: Kuat desak beton.....

**PERIODE III : MARET - AGUSTUS
 TAHUN : 2001/2002**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■			
5.	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6.	Sidang-Sidang					■	■
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. Helmy Akbar Bale, MT.
 DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Fatkhurrohman N., MT.



Yogyakarta, 07 Maret 2002.....

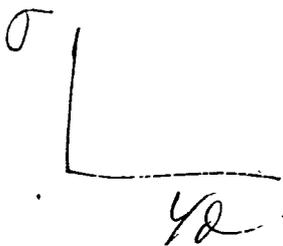
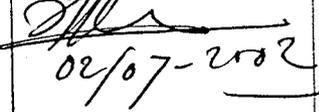
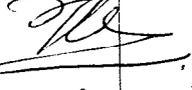
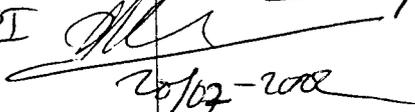
a.n. Dekan

(Ir. H. Munadhir, MS.....)

Catatan.

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
	28/5-02	selesai pembuatan Dilampirkan ke DPI konsultasi ke DPI buat pembuatan Buat grafik yg mengait hubungan σ dan ϵ  Landasan teori yg meng nikah kuat tarik Masing kurang (Chang ada 1) Tulis landasan teori work kuat tarik serat plastik selesai draft isi, hasil & foto Dilampirkan ke DPI	 29/04-2002   02/07-2002     16/07 2002  18/07 2002  20/07-2002

Grafik sedang 
20/07/02

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		<p>Perbaikan pasca sidang di usulkan selesai Dilakukan DPI</p> <p>Perbaikan pasca pembelajaran dan usulan selesai Ditanyakan ke DPI</p>	<p> 03/08-2022</p> <p> 2/09 2022</p>



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Pav. Base _____ 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 14 MEI 2002

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)	... 400 ...	Gram	.. 400 ...	Gram
Volume air (V ₁)	... 500 ...	Cc	.. 500 ...	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	... 650 ...	Cc	.. 655 ...	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{650 - 500} = 2.67 \text{ gr/cm}^3$		$\frac{400}{655 - 500} = 2.68 \text{ gr/cm}^3$	
Berat jenis rata – rata	2.675 gr/cm^3			

Catatan :

Yogyakarta, _____

Mengetahui

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

Laboratorium BKT FTSP UII,
an Jarwoh



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Yohi Pigeo 2. _____
 Keperluan : _____
 _____ Tanggal : 14 MEI 2002

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.

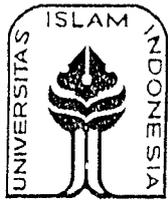
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	6,927 Kg	6,927 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	15,490 Kg	15,500 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{15,490 - 6,927}{5,3014 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ = 1,6152 t / m ³	$\frac{15,500 \cdot 10^{-3} - 6,927 \cdot 10^{-3}}{5,3014 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ = 1,6171 t / m ³
Berat volume rata-rata	1,6162 t / m ³	

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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Pasir Di periksa oleh :
 Nama benda uji : 1. _____
 Asal : Pasir Pasak 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 14 MEI 2002

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)	... 400 ...	Gram	... 400 ...	Gram
Volume air (V ₁)	... 500 ...	Cc	... 500 ...	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	... 655 ...	Cc	... 655 ...	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{650 - 500} = 2.5 \text{ gr/cm}^3$		$\frac{400}{655 - 500} = 2.5000 \text{ gr/cm}^3$	
Berat jenis rata – rata	2.5403 gr/cm ³			

Catatan :

Yogyakarta,

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



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS “ SSD “

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Sampah Pasak 2. _____
 Keperluan : _____
 _____ Tanggal : 14 Mei 2002

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)	.6.927 Kg	.6.927 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	15.536 Kg	15.532 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5.3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5.3014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{15.536 \cdot 10^{-3} - 6.927 \cdot 10^{-3}}{5.3014 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ = 1.6239	$\frac{15.532 \cdot 10^{-3} - 6.927 \cdot 10^{-3}}{5.3014 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ = 1.6231
Berat volume rata-rata	1.6235 t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

[Handwritten Signature]



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

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

DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Sungai Krasak 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 14 MEI 2002

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	4.75	33	23	1.64	1.15	1.64	1.15
2	2.36	161	130	8.08	6.89	9.72	8.04
3	1.18	363	333	18.10	16.62	27.82	24.66
4	0.600	578	502	28.83	29.06	56.65	53.72
5	0.300	345	363	17.21	18.12	73.86	71.84
6	0.150	346	359	17.26	17.92	91.12	89.76
7	P a n	179	205	8.93	10.23	-----	-----
Jumlah						260,56	249,17

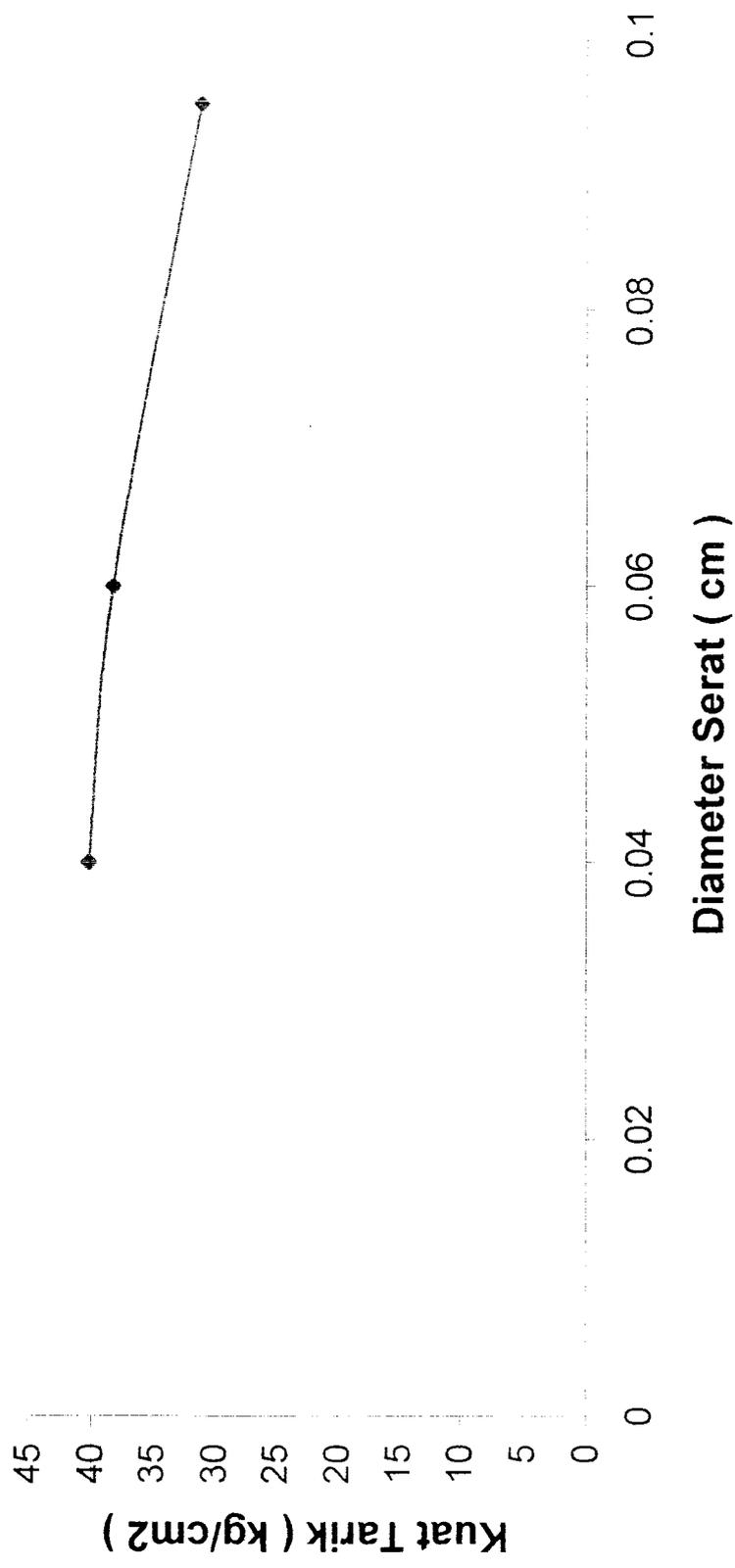
Jumlah rata - rata 254,865

MODULUS HALUS BUTIR = $\frac{254,865}{100} \times 100\% = \boxed{254,865}$

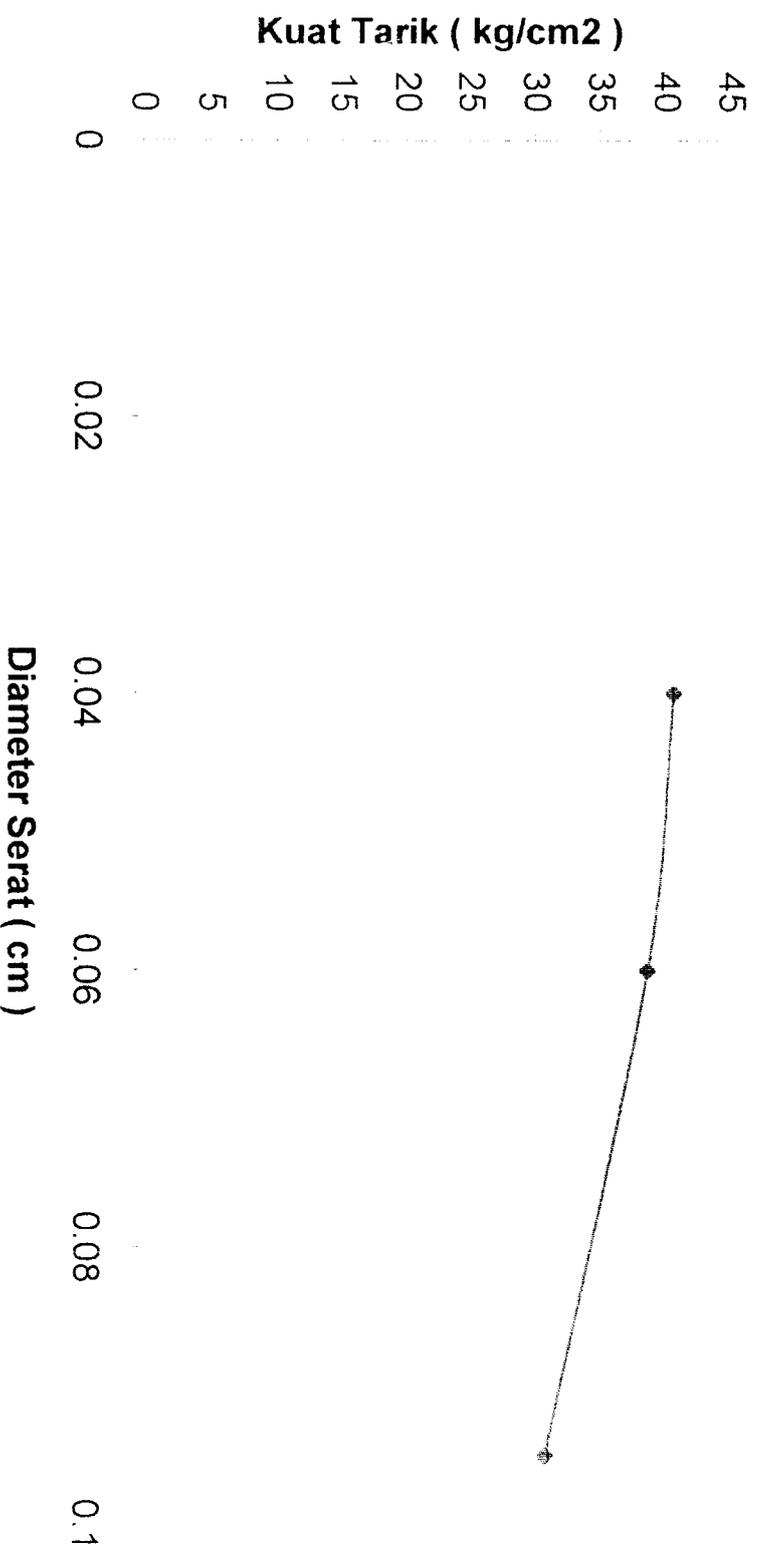
Yogyakarta, _____

Mengetahui
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Laboratorium BKT FTSP UII,
 FAKULTAS TEKNIK UII *[Signature]*

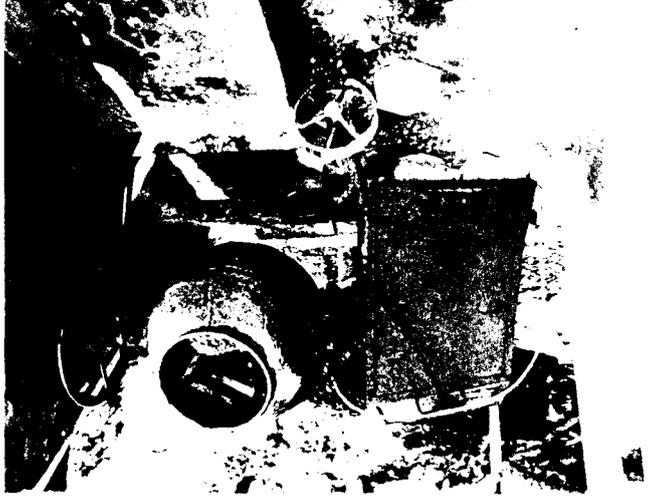
**Grafik kuat tarik beton serat dan diameter serat
(Callister)**



Grafik kuat tarik beton serat dan diameter serat (Bolton)

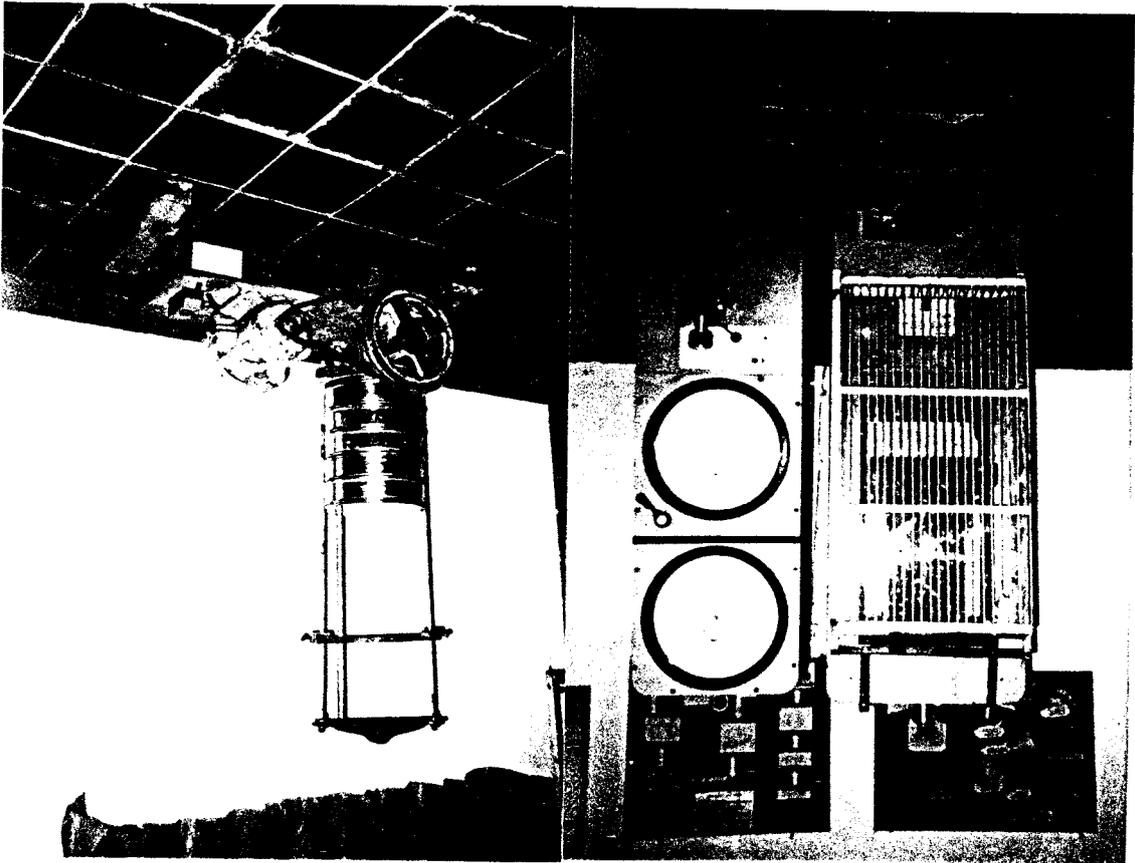


Molen

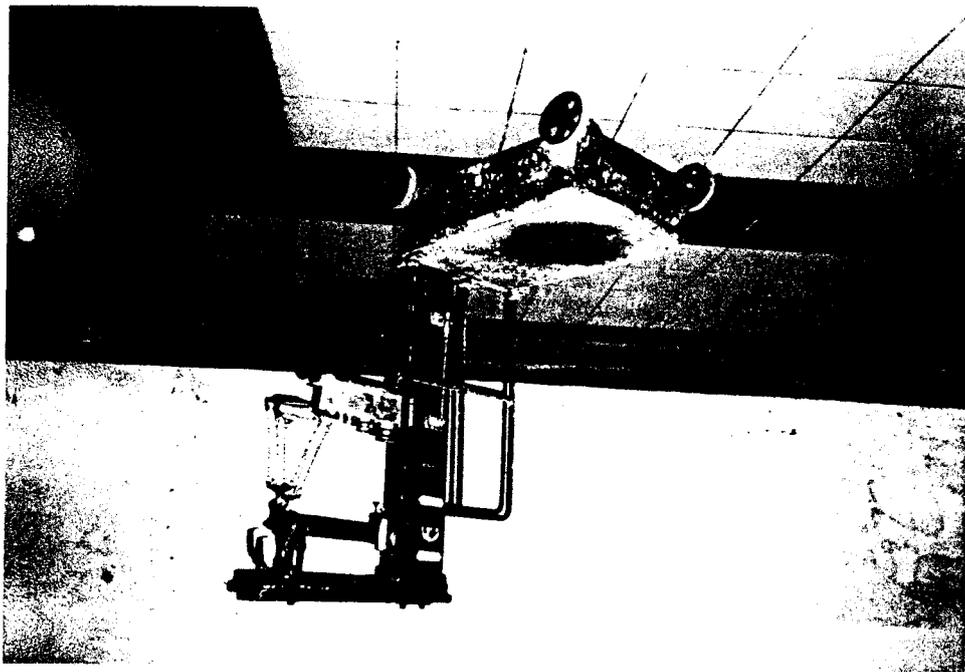


Mein Uji Tarik Beton

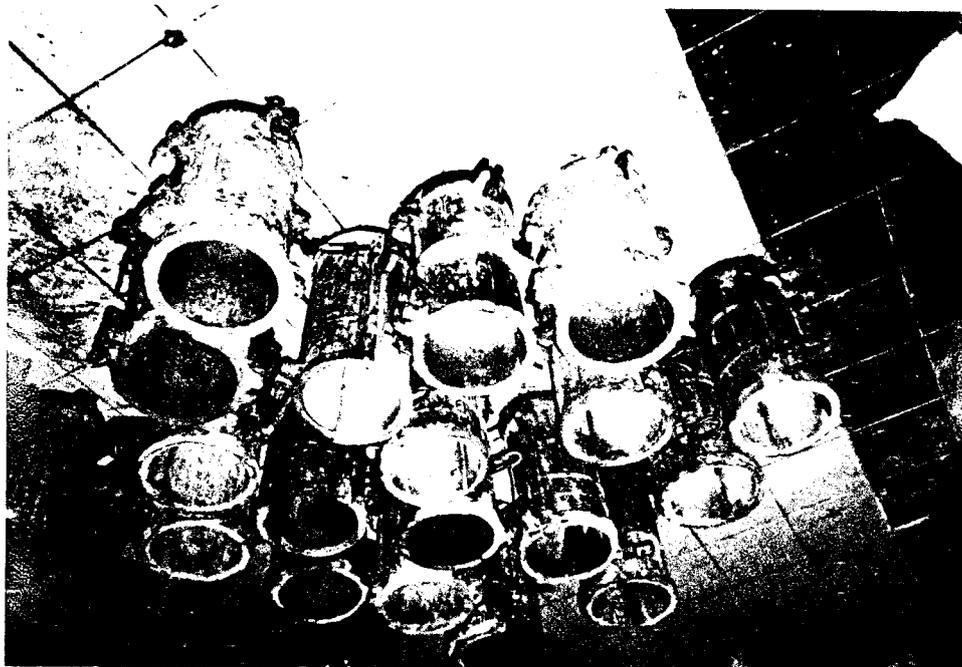
Saringan dan mesin Pengayak



Timbangan



Bekisting





Pembuatan Benda Uji

Perawatan Benda Uji Selama 28 Hari



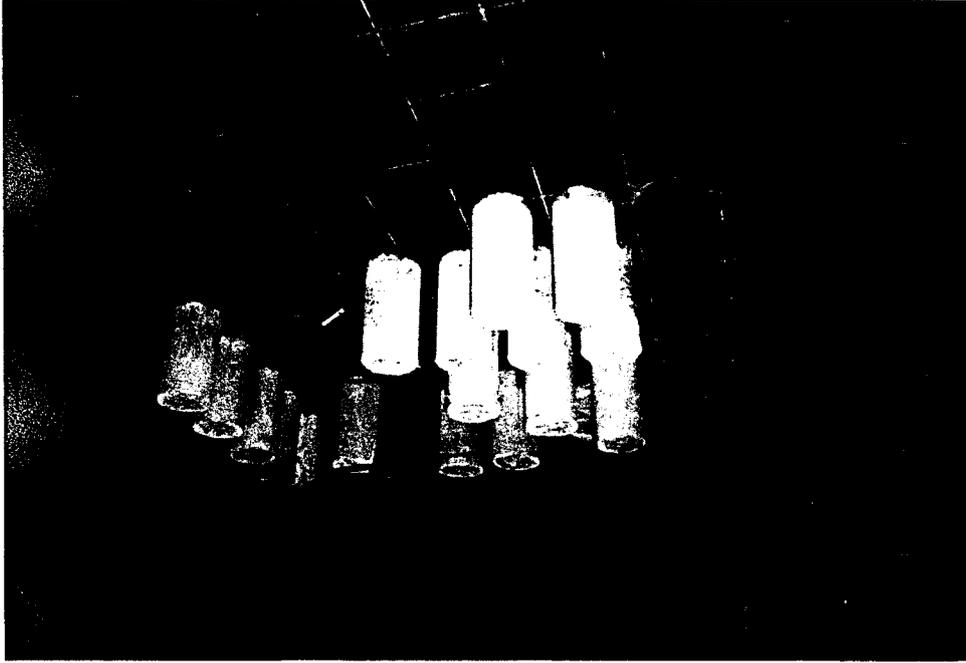
a



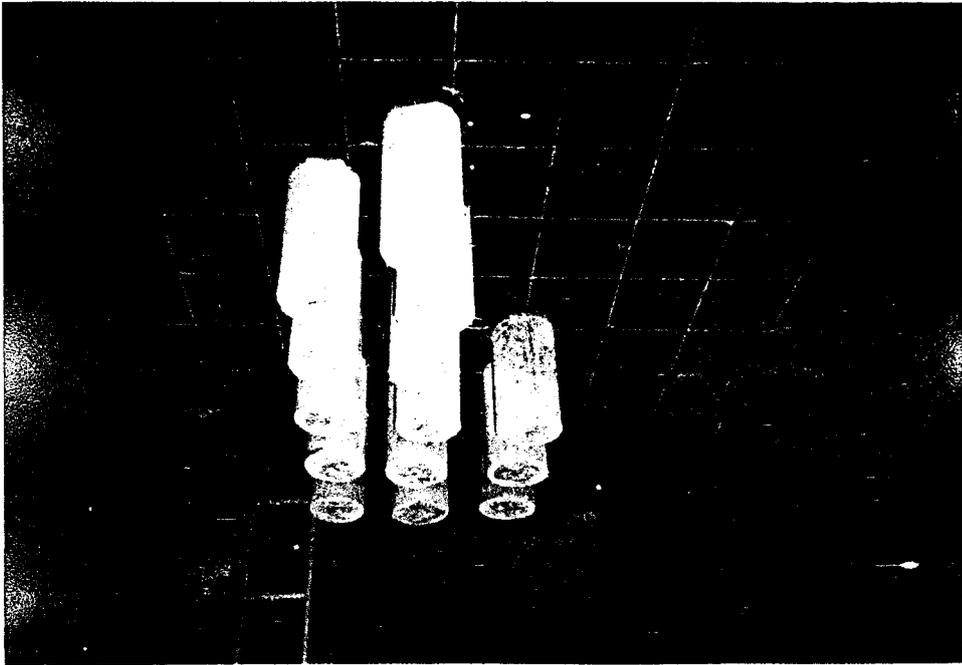
b

Uji Tarik Serat Nylon ; (a) Serat nylon sebelum ditarik, (b) Serat nylon setelah ditarik

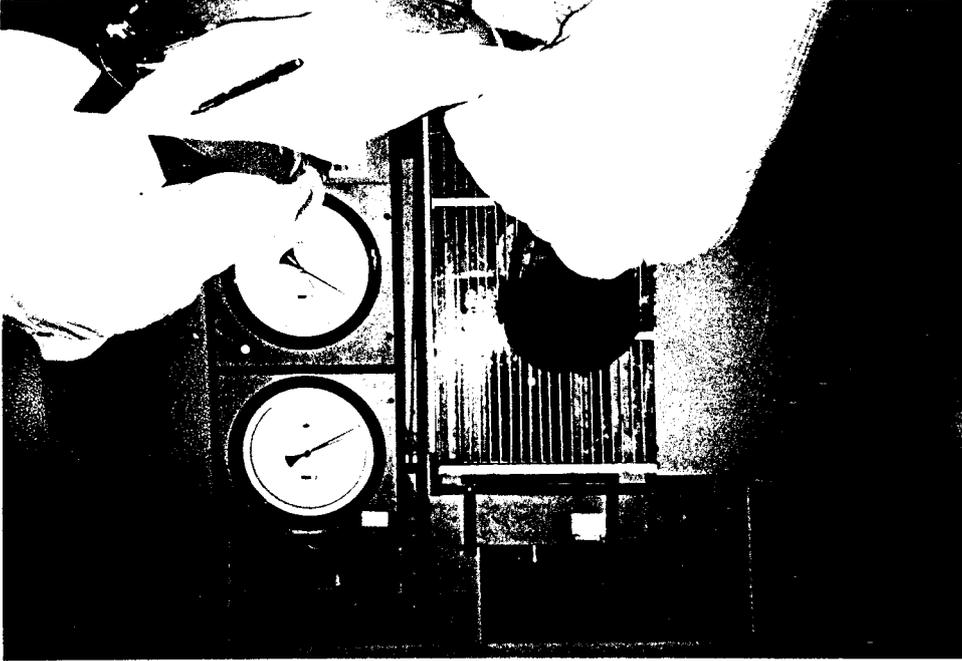
Pengukuran Benda Uji



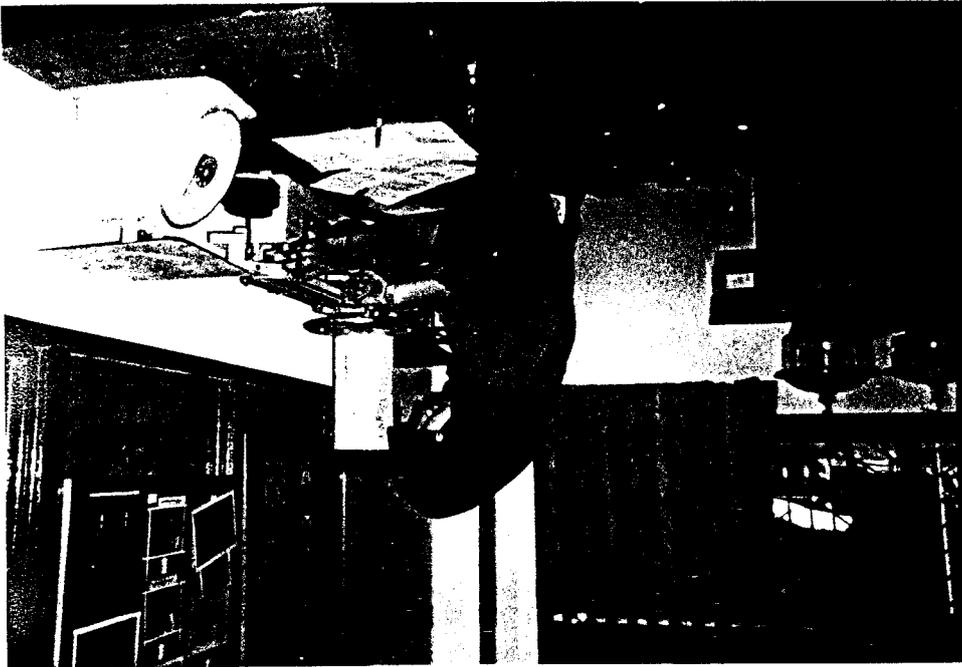
Benda Uji yang Telah Dirawat Selama 28 Hari



Pengujian Belah Silinder

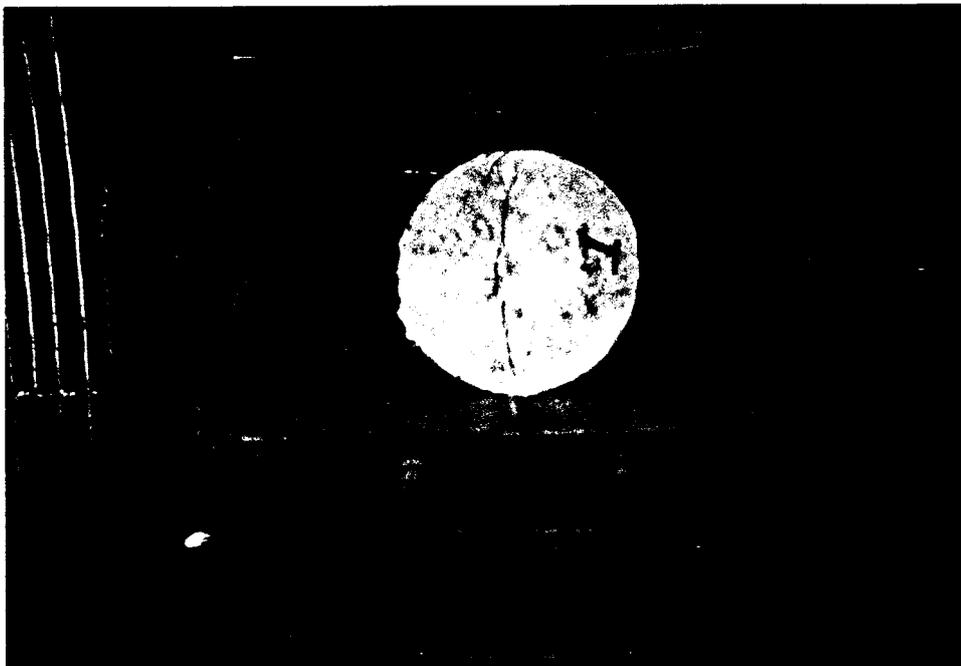


Penimbangan Benda Uji





Beton Sebelum Diberi Beban



Beton Setelah Diberi Beban