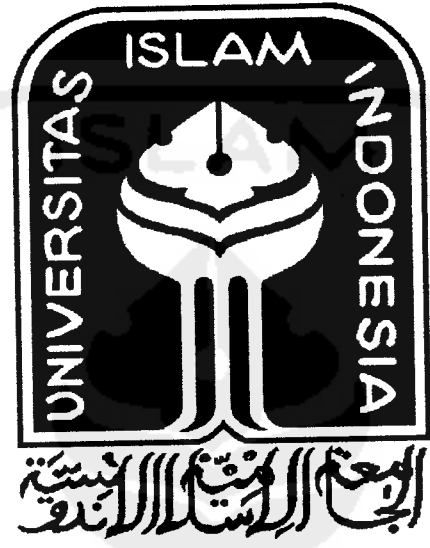


PERPUSTAKAAN FTSP UII  
HADIAM BELI  
TGL. TERIMA : 19 Februari 2007  
NO. JUDUL : 60 2227  
NO. INV. : 520002227001  
NO. INDUK. :

**TUGAS AKHIR**  
**KARAKTERISTIK DINDING PANEL BETON DENGAN**  
**PENAMBAHAN SERAT BENDRAT**



Disusun oleh:

**DONNY KRISTIAN** 01 511 007  
**YUNAN SUHANI PUTRA** 01 511 035

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

2006

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK DINDING PANEL BETON DENGAN  
PENAMBAHAN SERAT BENDRAT**

***“CHARACTERISTICS OF CONCRETE WALL PANELS  
ADDED BY STEEL FIBER”***

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1)  
pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta*

**Disusun oleh:**

<b>DONNY KRISTIAN</b>	<b>01 511 007</b>
<b>YUNAN SUHANI PUTRA</b>	<b>01 511 035</b>

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

**2006**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK DINDING PANEL BETON DENGAN  
PENAMBAHAN SERAT BENDRAT**

*“CHARACTERISTICS OF CONCRETE WALL PANELS  
ADDED BY STEEL FIBER”*

**Disusun Oleh:**

**DONNY KRISTIAN**

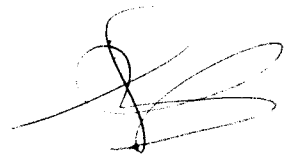
**01 511 007**

**YUNAN SUHANI PUTRA**

**01 511 035**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh,**

**Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.**  
**Dosen Pembimbing I**



**Tgl.** 11/07/2006

## MOTTO

*“Allah satu-satunya tempat bergantung”*

**(QS Al – Ikhlas : 2)**

*“Sesungguhnya Allah tiada mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”*

**(QS Ar-Ra'du : 11)**

*“Kesulitan itu hanyalah awal pada permulaan”*

**(Al Hadist)**

*“Penundaan, itulah yang menjadi sebab dari banyak sekali kegagalan”*

**(Phytagoras)**

*“Tidak tahu belajarlh ; Tidak Bisa bersungguh – sungguhlah*

*Mustahil : Cobalah!”*

**(Napoleon Bonaparte)**

*“Banyak kesulitan kita muncul dari kemampuan yang tidak digunakan”*

**(A.C Benson)**

2. Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Orangtua, kakak, adik, dan seluruh anggota keluarga yang dengan tulus ikhlas mendoakan dan memberikan semangat, dorongan moral maupun materi selama menempuh pendidikan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini,
4. Moh. Mansyur, Muclas Abdilah Natsir, Muhammad Tauhidayat dan Aldri Paranowo, Adit, Alan, Sherly, Amreh, Tomi dan Gendut terima kasih atas kerjasama dan kebersamaan semua, hingga terselesaika tugas akhri ini.
5. Mas Ndaru dan Mas Warno yang telah banyak membantu dalam penelitian di laboratorium,
6. Semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan segala keikhlasan moral maupun materi dan tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu, penyusun mendoakan semoga amal kebbaikannya mendapat balasan yang sepadan dari Allah SWT.

Penyusun menyadari bahwa penelitian yang sekaligus Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan yang dikarenakan keterbatasan penyusun baik secara keilmuan maupun secara pengalaman penelitian. Oleh karena itu penyusun mengharapkan segala kritik, saran, masukan, ataupun komentar yang membangun sehingga hasil penelitian ini menjadi lebih baik lagi.

Pada akhirnya laporan penelitian yang sekaligus Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat dalam memberikan informasi keilmuan maupun pengetahuan kepada penyusun dan kepada semua pihak. Semoga Allah SWT

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvii
<b>ABSTRAK</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metoda Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Bahan-bahan Penelitian.....	7

2.2.1 Portland Cement (PC).....	7
2.2.2 Air .....	8
2.2.3 Agregat Halus (Pasir).....	9
2.2.4 Mortar.....	11
2.2.5 Kawat Bendrat.....	12
2.3. Penelitian Sebelumnya.....	14
2.3.1 Penelitian Kadir Aboe (2004) .....	14
2.3.2 Penelitian Kantun Priyongo (2002).....	14
2.3.3 Penelitian Tanjung dan Trihandoko (1996).....	15
2.3.4 Penelitian Suprianto dan Muhtadin (1996) .....	16
2.3.5 Penelitian Kusumadinata dan Burhanudin (2005).....	17
2.3.6 Penelitian Mansyur dan Natsir (2005).....	17
2.4 Keaslian Penelitian .....	17
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>18</b>
3.1 Bahan - Bahan .....	18
3.1.1 Semen Portland.....	18
3.1.2 Air.....	18
3.1.3 Agregat Halus (Pasir) .....	19
3.1.4 Mortar.....	19
3.1.5 Bahan Serat (Kawat Bendrat).....	20
3.2 Mekanisme Kerusakan Dinding Tipis (Panel).....	20
3.3 Beton Fiber, Konsep, Aplikasi dan Permasalahanya.....	21
3.4 Karakteristik dan Perilaku Elemen Struktur .....	24

3.5 Beton Serat.....	27
3.6 Perlakuan dan Rancangan Percobaan / Kajian .....	28
3.7 Pengujian Bahan .....	29
3.7.1 Pengujian Kandungan Lumpur.....	29
3.8 Metode Perencanaan Adukan Mortar.....	30
3.9 Pengujian Sampel Benda Uji.....	30
3.9.1 Pengukuran Berat Volume .....	31
3.9.2 Pengujian Kuat Desak .....	31
3.9.2.1 Modulus Elastis (E).....	32
3.9.3 Pengujian Kuat Lentur.....	32
3.9.3.1 Hubungan Momen-Kelengkungan .....	36
3.10 Pengamatan Penelitian.....	40
3.11 Teori Pengolahan Data .....	40
3.11.1. Nilai Rerata ( <i>Mean</i> ) .....	40
3.11.2 Regresi Non-Linier dan Korelasi .....	41
3.12 Hipotesis .....	44
3.13.1 Hipotesis <i>Workability</i> .....	44
3.13.2 Hipotesis Kuat Tekan/ Tekuk.....	44
3.13.3 Hipotesis Kuat Lentur .....	45
<b>BAB IV METODA PENELITIAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 Bahan dan Alat .....	46
4.2 Prosedur Percobaan / Kajian.....	48
4.2.1 Metode Pencampuran Material .....	49



4.3 Pengujian Bahan .....	49
4.3.1 Pengujian Kandungan Lumpur.....	49
4.4 Pengujian Sampel .....	50
4.4.1 Pemberian Nama Sampel .....	51
4.4.2 Pengujian Kuat Desak Dinding Panel Kawat Bendrat .....	52
4.4.3 Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel Kawat Bendrat .....	53
4.5 Tahapan Penelitian .....	54
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Hasil Penelitian.....	56
5.2 Kadar Lumpur.....	56
5.3 Jenis Dinding Panel dan Perawatan .....	57
5.4 Hasil Uji Desak Dinding Panel.....	58
5.5 Hasil Uji Lentur Dinding Panel .....	60
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>64</b>
6.1 Kesimpulan.....	64
6.2 Saran – saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kurva Tegangan dan Regangan.....	24
Gambar 3.2	Tegangan-Regangan Tarik Pengaruh Volume Fraksi Serat.....	28
Gambar 3.3	Pengujian Kuat Tekan.....	32
Gambar 3.4	Mekanisme Lentur .....	34
Gambar 3.5	Penampang Melintang Dinding Panel .....	35
Gambar 3.6	Deformasi Sigmen Balok dalam Lentur .....	36
Gambar 3.7	Kelengkungan .....	38
Gambar 4.1	Ukuran Sampel Panel Dinding Uji Desak .....	50
Gambar 4.2	Ukuran Sampel Panel Dinding Uji Lentur.....	51
Gambar 4.3	Pengujian Kuat Tekan Dinding Panel.....	53
Gambar 4.4	Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel .....	54
Gambar 4.5	<i>Flow Chart</i> Tahapan Penelitian .....	55
Gambar 5.1	Data Sebaran Hubungan Antara Variasi Panjang Serat dengan Nilai Slump.....	58
Gambar 5.2	Data Sebaran Hubungan Antara Variasi Panjang Serat dengan Berat Volume.....	59
Gambar 5.3	Data Sebaran Hubungan Antara Variasi Panjang Serat dengan Tegangan Desak.....	59
Gambar 5.4	Data Sebaran Hubungan Antara Variasi Panjang Serat dengan Tegangan Lentur .....	60

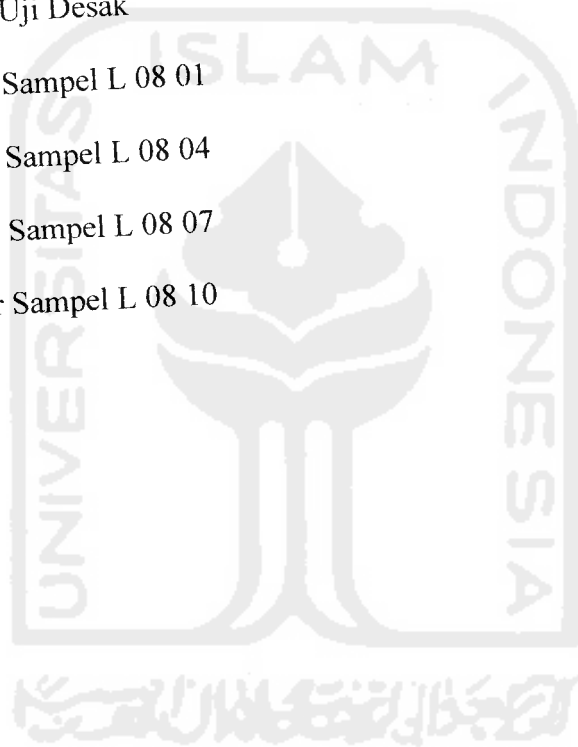
## DAFTAR NOTASI

$\sigma'$	=	tegangan desak ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\varepsilon$	=	regangan
$\sigma_l$	=	tegangan lentur/ (flexural stress) ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\Phi$	=	kelengkungan (curvature) ( $1/\text{cm}$ )
$\sigma'_y$	=	tegangan sebanding yang menunjukkan tegangan leleh ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\sigma'_{max}$	=	tegangan maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\varepsilon'_y$	=	regangan sebanding yang menunjukkan regangan leleh
$\varepsilon'_{max}$	=	regangan maksimum
$\sigma_{ly}$	=	tegangan lentur sebanding menunjukkan tegangan leleh ( $\text{kg/cm}^2$ )
$E$	=	modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ )
$Kl$	=	Kandungan Lumpur (%)
$B_0$	=	Berat pasir + piring sebelum dicuci (gram)
$B$	=	Berat pasir + piring setelah dicuci dan dioven (gram)
$BV$	=	berat volume dinding panel (kg)
$m$	=	berat dinding panel (kg)
$v$	=	volume dinding panel ( $\text{cm}^3$ )
$\sigma_{ll}$	=	besar kuat lentur dinding ( $\text{kg/cm}^2$ )
$P$	=	Beban maksimum pengujian (kg)
$M$	=	momen (kg cm)
$\sigma$	=	tegangan ( $\text{kg/cm}^2$ )

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran      Kartu Peserta Tugas Akhir
- Perhitungan Kebutuhan Material Sampel
- Lampiran I    Hasil Uji Kadar Lumpur dalam Pasir
1. Hasil Uji Kadar Lumpur dalam Pasir
- Lampiran II   Data Dimensi Benda Uji Desak dan Lentur
1. Tabel Dimensi Benda Uji Desak
2. Tabel Dimensi Benda Uji Lentur
- Lampiran III  Data Laboratorium Hasil Uji Desak dan Lentur
1. Tabel Uji Desak
2. Tabel Uji Lentur
- Lampiran IV  Data Hasil Uji Desak dan Lentur
1. Tabel Hasil Uji Desak
2. Tabel Hasil Uji Lentur
- Lampiran V   Dokumentasi
1. Gambar Alat – Alat
2. Gambar Molen
3. Gambar Penyaringan Pasir
4. Gambar Bekesting (cetakan) Sampel
5. Gambar Penimbangan Material
6. Gambar Penyampuran Material
7. Gambar Penyampuran Bendrat
8. Gambar Uji Slump

9. Gambar Penyetakan Sampel
10. Gambar Perendaman Sampel
11. Gambar Penghalusan Sampel
12. Gambar Penimbangan Sampel
13. Gambar Pembuatan Garis Tanda
14. Gambar Uji Lentur
15. Gambar Uji Desak
16. Gambar Sampel L 08 01
17. Gambar Sampel L 08 04
18. Gambar Sampel L 08 07
19. Gambar Sampel L 08 10



## ABSTRAK

Goncangan gempa dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berat dan getas termasuk dinding tembokan. Bangunan tersebut dapat direkayasa sehingga lebih daktail dan tahan gempa. Penambahan serat bendrat pada panel dinding dari campuran semen portland dan pasir dapat menjadikan panel dinding lebih ringan, lebih daktail, dan digunakan sebagai alternatif pengganti dinding tembokan.

Penelitian ini mengkaji pengaruh panjang kawat bendrat 1, 4, 7, dan 10 cm yang ditambahkan pada dinding panel setebal 3 cm seberat 8% dari berat mortar kering, terhadap karakteristik dinding panel serat kawat bendrat, meliputi sifat fisik, sifat mekanik serta biaya pembuatan dinding panel. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian dinding panel selanjutnya untuk memperoleh panel dinding mortar dengan kawat bendrat yang dapat digunakan sebagai elemen non-struktur untuk bangunan tahan gempa.

Penelitian eksperimen laboratorium ini mengacu pada metode ACI Committee 544 dan PBI 1970, dan hasil pra-penelitian. Pengujian dibatasi pada fungsi utama dinding panel sebagai dinding non-struktur bangunan, yaitu hanya meliputi pengujian lentur dan tekan, yang masing-masing mewakili gaya akibat gempa yang sejajar bidang dan tegak lurus bidang panel dengan gaya kuasi-statika.

Dari penelitian dapat diketahui sifat-sifat fisik dinding panel kawat bendrat antar lain, berat rata-rata dinding panel adalah 20 kg. Sifat mekanik dinding panel dengan penambahan kawat bendrat, yaitu kekuatan dinding panel dapat mencapai optimum pada peningkatan dan daktilitas panel. Dan diperoleh sampel yang terbaik yaitu pada sampel 8% 7 cm, dengan tegangan desak sebesar  $126,389 \text{ kg/cm}^2$  dan tegangan lentur sebesar  $49,583 \text{ kg/cm}^2$ .

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini membahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian serta manfaat yang diperoleh dari penelitian yang akan dilakukan.

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Wilayah Indonesia terletak pada pertemuan sedikitnya empat lempeng tektonik. Lempeng tektonik Indo-Australia, Euro-Asia, Philipina dan Pasifik, pertemuan antara dua lempeng ini merupakan daerah sumber gempa bumi (Makalah Seminar Nasional Gempa Bumi dan Tsunami, 2005; I Putu Pudja).

Bila terjadi gempa bumi, bangunan-bangunan dengan dinding bata/batako yang paling banyak mengalami kerusakan. Dinding bata/batako mempunyai volume yang besar, sehingga mengundang gaya-gaya inersia yang besar. Selain itu dinding bata/batako mempunyai kekakuan yang tinggi sehingga mengundang gaya pegas yang besar. Dinding bata/batako merupakan bahan yang getas (*brittle*), sehingga tidak mampu menahan gaya tarik dan lentur. Kemampuan dinding bata/batako menahan gaya-gaya tekan sangat dipengaruhi oleh mutu bahan, mutu campuran adukan dan mutu pelaksanaan dinding itu sendiri. (Perencanaan Bangunan Tahan Gempa, 1984; R.B. Tular).

Salah satu kelemahan bata merah dibanding bahan penyusun dinding yang lain (batako dan batu kali) adalah kuat tekan bata merah relatif lebih rendah,

menurut Pulung dan Badrudin (2005), kuat tekan bata merah relatif rendah yaitu 14,437 kg/cm<sup>2</sup> sehingga tidak cocok untuk dinding yang mendukung beban.

Kawat bendrat untuk serat tambahan pada beton akan lebih mudah ditemukan di pasaran. Penggunaan kawat bendrat untuk campuran beton pernah dilakukan dan ternyata dapat meningkatkan kekuatan desak dan lentur beton. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beton serat kawat bendrat meningkatkan kuat desak sebesar 7,50% dan kuat lentur 16,94% (Suprianto dan Muhtadin, 1996). Dan menurut Suhendro (2000), hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sifat-sifat mekanik beton yang dapat diperbaiki antara lain; daktilitas, ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*), kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*), dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*), fragmentasi (*fragmentation* dan *spalling*).

Dengan penambahan serat dari potongan kawat bendrat pada campuran mortar diharapkan dapat menambah kekuatan dan daktilitas dinding. Sehingga, dapat memperbaiki kegagalan bangunan pada dinding tembokan. Dapat juga menjadi alternatif yang lebih memungkinkan sebagai komponen bangunan tahan gempa karena mudah diperoleh di pasaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut tampak, bahwa serat kawat bendrat yang ditambahkan dalam adukan beton, dapat memperbaiki sifat-sifat beton dan meningkatkan kekuatan beton. Sehingga, diharapkan dengan penambahan serat



bendrat pada campuran dinding mortar, dapat memperbaiki sifat-sifat mortar tersebut. Oleh karena itu didapatkan rumusan masalah sebagai berikut ini.

1. Apakah dengan penambahan serat bendrat akan menjadikan dinding panel beton lebih kuat?
2. Seberapa besar panjang kawat bendrat yang ditambahkan dalam campuran mortar, yang dapat menjadikan daktilitas, kekuatan, dan workability yang makin tinggi?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Karakteristik dinding panel beton dengan penambahan serat bendrat.
2. Panjang optimum serat bendrat dari panjang yang diteliti dengan volume serat 8%.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Diharapkan dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya untuk memperoleh dinding panel beton dengan serat bendrat yang dapat digunakan sebagai elemen non struktur yang relatif ringan dan daktil yang dapat memperbaiki kegagalan bangunan pada dinding tembokan yang diakibatkan oleh gempa.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya penyimpangan penulisan laporan penelitian ini dari topik dan tujuan yang telah ditetapkan maka perlu adanya batasan permasalahan sebagai berikut ini.

1. Pengujian dibatasi pada pengujian lentur dan tekan, yang masing-masing mewakili gaya akibat gempa yang sejajar bidang dan tegak lurus bidang panel.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.
3. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.
4. Pasir yang digunakan berasal dari Kab. Sleman Jogjakarta.
5. Semen yang digunakan adalah semen Gresik Tipe 1 40 Kg.
6. Bekisting yang dipakai menggunakan profil L sebagai framenya, dan multipleks 3 mm yang dilapisi plastik sebagai alasnya.
7. Spesi campuran mortar yang dipergunakan adalah 1 : 5 (1 PC : 5 Pasir).
8. Kawat bendrat yang digunakan berasal dari pabrik yang sama berdiameter 1 mm, panjang 1, 4, 7, dan 10 cm serta persentase berat kawat bendrat adalah 8 % dari berat campuran mortar.
9. Benda uji/sampel dinding panel berukuran 50 x 50 x 3 cm untuk uji tekan, dan 52 x 50 x 3 cm untuk uji lentur dan untuk tiap pengujian ada 5 buah benda uji.
10. Penelitian tidak menguji pengaruh dan bentuk sambungan antar panel.

## 1.6 Metoda Penelitian

Metoda penelitian ini secara umum merupakan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dilaboratorium, dimana akan dijelaskan secara rinci pada pembahasan metoda penelitian Bab IV.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini mengandung informasi tentang studi-studi sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

#### **2.1 Pendahuluan**

Bermacam-macam dinding partisi tipis atau dinding penyekat ruangan banyak dipergunakan sebagai pengganti dinding tembokan untuk elemen non-struktur bangunan, karena dinding semacam itu lebih ringan dan membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat dalam pemasangan dibandingkan dengan dinding tembokan (CEEDEDS, 1999-2005).

Untuk wilayah-wilayah rawan gempa, elemen struktural maupun elemen non-struktural bangunan harus ringan dan daktail agar lebih tahan terhadap guncangan gempa (Paulay dan Priestley, 1992). Dengan adanya teknologi, rekayasa, dan ilmu pengetahuan, maka manusia dapat terbantu dalam mencari alternatif elemen struktural dan non-struktural baru yang lebih baik. Mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, panel dengan spesi komposisi semen portland dan pasir dengan penambahan serat kawat bendrat akan dapat digunakan sebagai elemen non-struktural pada bangunan tahan gempa, karena akan relatif ringan dan relatif bersifat daktail.

## 2.2 Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah meliputi; Portland Cement (PC), Pasir, Air, Mortar dan Kawat bendrat.

### 2.2.1 Portland Cement (PC)

Semen Portland (*Portland Cement*) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mengaluskan klinker-klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI 1982), sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Unsur-unsur penyusun utama semen (Tjokrodimulyo, 1995)

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia
Trikalsium Silikat	$C_3S$	$3CaO SiO_2$
Dikalsium Silikat	$C_2S$	$2CaO SiO_2$
Trikalsium Aluminat	$C_3A$	$2CaO Al_2O_3$
Tetrakalsium Aluminaferrite	$C_4AF$	$2CaO Al_2O_3 Fe_3O_3$

Berdasarkan SK SNI S-04-1989 F, semen portland diklasifikasikan sesuai dengan tujuan pemakaiannya, dibagi dalam 5 jenis sebagai berikut :

- a. jenis I adalah semen portland yang dipakai untuk penggunaan umum, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya;

- b. jenis II adalah semen portland yang dalam penggunaannya disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang;
- c. jenis III adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi;
- d. jenis IV adalah semen portland yang dalam penggunaan persyaratan panas hidrasi yang rendah; dan
- e. jenis V adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

### 2.2.2 Air

Salah satu bahan pembuatan mortar yang paling sering digunakan adalah air. Air dapat menjadikan bahan pembuatan mortar yang lain seperti semen, kapur dan agregat bercampur dalam sebuah adukan mortar. Sifat air yang mudah bereaksi dengan bahan ikat, sehingga proses pengikatan antara bahan-bahan penyusun mortar menjadi lebih cepat dibanding tanpa air. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor semen yang dipakai sulit kurang dari 0.35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi menurun.

Menurut SK SNI S-04-1989-F, air yang digunakan untuk mortar harus memenuhi persyaratan :

1. air harus bersih;
2. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual;
3. tidak mengandung bahan-bahan tersuspensi lebih dari 2 g/lit;
4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, Zat organik dsb) lebih dari 15 g/lit. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm, dan senyawa sulfat tidak lebih dari 100 ppm sebagai SO<sub>3</sub>;
5. bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%;
6. semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya; dan
7. khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

### **2.2.3 Agregat Halus ( Pasir )**

Pasir adalah butiran-butiran mineral yang dapat melewati ayakan berlubang persegi 5 mm dan tertinggal diatas ayakan 0,075 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disintegrasi alam dari batu-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan oleh alat *stone crusher*.

Spesifikasi pasir menurut SK SNI S-04-1989-F sebagai berikut :

- a. butiran pasir harus tajam dan keras dengan indeks kekasaran  $\leq 2,2$ ;

- b. butiran pasir bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan;
- c. sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat, jika dipakai NaSO (*natrium sulfat*), bagian yang hancur maksimum 12 % dan jika dipakai MgSO (*magnesium sulfat*), bagian yang hancur maksimum 10%;
- d. pasir tidak diperbolehkan mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan berdasarkan ayakan kering) yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melewati ayakan 0,06 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka pasir harus dicuci;
- e. pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Herder. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari, tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3 % NaOH yang kemudian dicuci bersih dengan air, pada umur yang sama;
- f. susunan besar butir pasir memiliki modulus kehalusan antara 1,5–3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zone : 1, 2, 3 atau 4 (SKBI/BS.882) dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

(1) sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2 % berat,



- (2) sisa diatas ayakan 1,2 mm, harus maksimum 10 % berat,
- (3) sisa diatas ayakan 0,30 mm, harus maksimum 15 % berat;
- g. untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif;
- h. pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agergat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui; dan
- i. pasir yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang).

#### 2.2.4 Mortar

Menurut Tjokrodimulyo (2003), *mortar* merupakan adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air, bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur maupun semen portland. Mortar dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu mortar lumpur, mortar kapur dan mortar semen.

- a. Mortar lumpur adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air.
- b. Mortar kapur adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, kapur dan air.
- c. Mortar semen adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, semen Portland dan air. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya yang lebih besar dibanding kedua mortar sebelumnya maka dari itu

biasannya dipakai untuk tembok, pilar, kolom dan bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air maka untuk bagian luar dan yang berada di bawah tanah.

- d. Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar (b) dan (c) di atas dengan tujuan tertentu.

Mortar ringan, diperoleh dengan menambahkan asbestos fibers, jute fibers (serat rami), butir-butir kayu, serbuk gergajian kayu dan sebagainya. Mortar ini baik untuk bahan isolasi panas atau peredam suara.

Mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata-api dengan aluminos cement, dengan perbandingan volume satu aluminos cement dan dua bubuk bata-api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

### 2.2.5 Kawat Bendrat

Kadir Aboe (2004) menyatakan bahwa banyak sekali jenis serat yang dapat digunakan, yang dapat dikelompokkan dalam serat alami dan buatan. Masing-masing jenis serat mempunyai keuntungan dan kerugian. Pemilihan jenis serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang akan diperbaiki/ditingkatkan.

- a. Serat baja (*steel fibers*), mempunyai kekuatan dan modulus elastisitas yang relatif tinggi, selain itu serat ini tidak mengalami perubahan bentuk akibat alkali dalam semen, digunakan bila dibutuhkan kuat lentur beton tinggi, tetapi penggunaan serat baja dapat mengakibatkan terjadi

penggumpalan (*balling effect*) akibat sifat adhesi selama proses pengadukan.

- b. Serat gelas (*glass fibers*), kekuatannya mendekati serat baja, tetapi berat jenisnya lebih rendah dan modulus elastisitasnya hanya sepertiga serat baja. Kekurangan utama serat gelas adalah kurang kuat terhadap pengaruh alkali, sehingga dalam jangka panjang dapat menyebabkan rusaknya serat ini.
- c. Serat polimer (*plastic fibers*), mempunyai berat jenis yang rendah dan permukaannya hidropobik dan tidak menyerap air. Serat ini mempunyai modulus elastisitas yang rendah, lekatan kurang baik dengan beton, mudah terbakar, titik lelehnya rendah dan tidak tahan lama.
- d. Serat karbon (*carbon fibers*), serat ini mempunyai keunggulan terhadap lingkungan yang agresif, stabil pada suhu tinggi, relatif kaku dan tahan lama. Digunakan untuk meningkatkan kekakuan, regangan dan tegangan, serta kuat batas, namun keliatannya kurang dan penyebaran serat sulit dikerjakan.
- e. Serat alami, berupa ijuk, serat kelapa dan bambu, penggunaan serat ini dapat menghasilkan beton yang daktail dan umumnya kuat tariknya rendah, kelemahannya adalah tidak tahan terhadap proses kimia dan tidak awet. Umumnya serat ini digunakan pada pekerjaan non struktur.

## 2.3 Penelitian Sebelumnya

Sebagai dasar pertimbangan dan acuan penelitian ini, maka penelitian memerlukan referensi – referensi dari penelitian – penelitian sebelumnya.

### 2.3.1 Penelitian Kadir Aboe (2004)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kawat bendrat lurus (tanpa kait) sebagai serat pada beton serat, dengan variasi panjang dan volume serat kawat bendrat lurus berbanding volume beton, terhadap kuat tarik, kuat lentur dan kuat tekan bendrat.

Hasil dari penelitian ini menyatakan beton serat 3%, panjang serat 90 mm memberikan persentase peningkatan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur tertinggi berturut-turut sebesar 36,51%, 56,93% dan 40,09%. Sedangkan dengan volume serat yang sama tetapi panjang serat 60 mm persentase peningkatan kuat tekan dan kuat lenturnya adalah 36,16% dan 7,42% dibanding beton normal.

Nilai *workability* beton serat dipengaruhi oleh aspek serat. Adukan beton serat dengan panjang serat 90 mm (aspek rasio 91,84) lebih sulit dikerjakan dibanding beton serat dengan panjang 60 mm (aspek rasio 61,22) dengan volume yang sama.

### 2.3.2 Penelitian Kantun Priyonggo (2002)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kawat bendrat pada beton. Serat yang digunakan kawat bendrat yang dipotong-potong

dengan panjang 60 mm, berdiameter  $\pm 1$  mm sehingga mempunyai aspect ratio

60. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa :

1. penambahan *straight fiber* kawat bendrat dengan volume fraksi 0,3%, 0,6%, 0,9% dan aspect ratio 60 ke dalam adukan beton akan menurunkan *workability* adonan, sehingga beton sulit dikerjakan, namun dengan nilai VB-TIME antara 5 detik sampai dengan 25 detik dapat dipakai sebagai pedoman untuk menyatakan suatu adukan beton fiber mempunyai *workability* yang baik,
2. penambahan *straight fiber* kawat bendrat lokal ke dalam adukan beton yang disebar secara random dapat meningkatkan kuat tarik beton fiber,
3. kuat desak beton fiber bertambah 4,14 % untuk beton fiber dengan volume fraksi 0,3%; 9,98% untuk beton fiber dengan volume fraksi 0,9% bila dibandingkan dengan kuat desak beton normal,
4. modulus elastisitas beton normal 23,2543 kg/cm<sup>2</sup> dan 23,7203 kg/cm<sup>2</sup> untuk beton fiber dengan volume fraksi 0,3%, 243,866 kg/cm<sup>2</sup> untuk beton fiber dengan volume fraksi 0,6% dan 236,192 kg/cm<sup>2</sup> untuk beton fiber dengan volume fraksi 0,9%, dan
5. Besaran kurva tersebut dipergunakan untuk mengamati daktilitas masing-masing benda uji.

### 2.3.3 Penelitian Tanjung dan Trihandoko (1996)

Tujuan dari penelitian ini adalah dengan penambahan serat kawat baja secara random baik lurus maupun berkait pada adukan beton dapat memperbaiki

sifat-sifat beton, terutama terhadap kuat desak dan kuat lentur. Penelitian ini menggunakan serat baja kawat lurus dan berkait, dengan persentase 2% dan 3%.

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan, bahwa :

1. penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan sehingga mengurangi "*workability*" (kemudahan pengerjaan). Hal ini ditunjukkan dari penurunan nilai slump,
2. kuat desak karakteristik beton meningkat 22,0036% untuk beton serat lurus 2% dan 36,1554% untuk beton serat lurus 3%,
3. kuat lentur rata-rata beton serat lurus 2% mengalami peningkatan sebesar 4,7157% dan 7,4221% untuk beton serat lurus 3%. Sedangkan beton serat kait 2% mengalami peningkatan sebesar 19,4351% dan 31,9862% untuk beton serat kait 3%, dan
4. pada pengujian lentur beton nonserat patah secara tiba-tiba ketika mencapai beban maksimum, sedangkan beton serat hanya mengalami retak, karena tertahan oleh adanya serat. Hal ini menunjukkan bahwa beton non serat bersifat getas (*brittle*), sedangkan beton serat bersifat liat/daktail (*ductile*).

#### 2.3.4 Penelitian Suprianto dan Muhtadin (1996)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kuat lentur dan kuat desak dengan penambahan serat tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan serat dari potongan kawat bendrat dengan panjang 5 cm dan serat plastik dengan panjang 19 mm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beton serat kawat

bendrat meningkatkan kuat desak sebesar 7,50% dan kuat lentur 16,94%, sedangkan beton serat plastik meningkat kuat desaknya 2,07% dan kuat lenturnya 9,90% dibanding dengan beton non-serat. Selain itu didapat juga hasil bahwa penambahan serat ini akan membuat beton lebih liat.

### **2.3.5 Penelitian Kusumadinata dan Burhanudin (2005 sedang berlangsung)**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat terhadap perilaku karakteristik dinding panel dengan variasi panjang 1, 4, 7 dan 10 cm dengan berat serat bendrat 4 % dari campuran mortar.

### **2.3.6 Penelitian Mansyur dan Natsir (2005 sedang berlangsung)**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat terhadap perilaku karakteristik dinding panel dengan variasi panjang 0, 1, 4, 7 dan 10 cm dengan berat serat bendrat 2 % dari berat campuran mortar.

## **2.3 Keaslian Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan campuran mortar, semen, dan pasir sebagai bahan campuran sampel, dengan penambahan variasi panjang kawat bendrat 1, 4, 7, dan 10 dengan berat 8% dari berat campuran mortar kering. Selama ini untuk penelitian mengenai dinding meliputi dinding pasangan bata, sehingga metode baru dengan dinding panel kawat bendrat belum pernah dilakukan penelitian.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Landasan teori memuat dasar-dasar teori yang dipergunakan untuk merumuskan hipotesis dan standar/peraturan yang berlaku meliputi standar bahan, pembuatan benda uji, dan rumus-rumus untuk analisis data.

#### **3.1. Bahan-Bahan**

Dalam penelitian ini dipergunakan bahan-bahan, seperti semen portland, air, mortar dan kawat bendrat.

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

Semen adalah bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air atau larutan garam (Surdia dan Saito; 2000). Semen yang digunakan harus memenuhi kriteria-kriteria yang disyaratkan dalam SK SNI S-04-1989 F yang meliputi kehalusan butir, dengan waktu daya ikat awal paling cepat satu jam untuk pengolahan dan pengerjaan, memiliki sifat kekal bentuk, kekuatan adukan dan susunan kimia.

##### **3.1.2 Air**

Air berfungsi sebagai zat pereaksi yang digunakan untuk reaksi kimia antara bahan-bahan penyusun campuran mortar sehingga sangat berpengaruh dalam kekuatan mortar, disamping itu air juga berguna untuk memberikan



kemudahan dalam pencampuran mortar dan pengerjaan (*workability*) pasangan. Kriteria air yang digunakan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan dalam SK SNI S-04-1989-F.

### 3.1.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah batuan yang berukuran kecil yang mempunyai ukuran butiran 0,15 mm hingga 5 mm (Tjokrodimulyo, 2003). Agregat halus dapat diambil langsung dari alam ataupun dari mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Agregat halus yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, serta bahan organik lain yang dapat bersifat merusak ikatan mortar. Ukuran butiran agregat yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan nomor 7 atau dapat diganti dengan saringan ukuran 3 mm.

### 3.1.4 Mortar

Menurut kamus *Mirriam Webster*, mortar adalah bahan bangunan lentur (seperti campuran semen, kapur atau *gypsum* dengan pasir dan air) yang dapat mengeras dan bahan tersebut biasanya digunakan pada pekerjaan batu atau pekerjaan plesteran. Secara umum definisi mortar adalah bahan bangunan yang berupa adukan semen yang biasa digunakan dalam pekerjaan tukang batu, ([www.mortarutama.com](http://www.mortarutama.com)). Fungsi utama mortar adalah sebagai bahan ikat pada penyusunan pasangan bata, sehingga terjadi lekatan antara bata-bata penyusun pasangan.

### 3.1.5 Bahan Serat (Kawat Bendrat)

Menurut Kadir Aboe (2004) dalam Jurnal Teknisia Volume IX No. 2, Agustus 2004, kawat bendrat termasuk dalam kelompok serat baja (*steel fibers*) yang digunakan untuk mengikat rangkaian baja tulangan, berdiameter  $\pm 1$  mm, terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis aluminium maupun seng. Kawat bendrat dapat diperoleh dengan mudah, memiliki kekuatan dan modulus elastisitas yang tinggi.

### 3.2 Mekanisme Kerusakan Dinding Tipis (Panel)

Dari pengamatan di beberapa wilayah kerusakan gempa di Indonesia, panel (dinding tipis) umumnya rusak karena gaya desak dan lenturan, bukan oleh geseran (CEEDEDS, 1999-2005). Paulay dan Priestley (1992) menyatakan bahwa sifat-sifat khusus struktur atau elemen struktur yang harus diperhatikan dalam proteksi terhadap kerusakan akibat gempa adalah kekakuan, kekuatan, dan daktilitas. Kekakuan mengontrol defleksi atau simpangan.

Kekuatan mengontrol kemampuan menahan beban. Daktilitas membatasi beban yang diderita dan mengontrol kerusakan/keruntuhan karena dapat menerima simpangan setelah terjadi pelelehan, hingga putus (*break*) atau kolep (*collapse*). Daktilitas dapat ditentukan berdasarkan regangan (*strain ductility*), kelengkungan (*curvature ductility*), dan simpangan (*displacement ductility* atau *deflection ductility*). Sarwidi (2006) menyatakan bahwa nilai perbandingan antara kekuatan dibagi dengan berat material yang semakin besar akan menghasilkan material yang lebih tahan terhadap guncangan gempa. Naeim (1991) mengamati,

bahwa daktilitas kelengkungan biasanya lebih besar dari daktilitas simpangan. Morrow (1981) menyatakan bahwa kualitas struktur atau elemen dapat ditentukan berdasarkan energi yang dapat diserapnya, baik yang ditentukan berdasarkan hubungan gaya dan defleksi maupun hubungan tegangan dan regangan.

### 3.3 Beton Fiber, Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya

Menurut Suhendro (2000), penggunaan beton sebagai bahan bangunan teknik sipil telah lama dikenal di Indonesia. Karena memiliki kelebihan dalam mendukung tegangan desak, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan yang murah dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal, maka beton sangat populer dipakai, baik untuk struktur-stuktur besarmaupun kecil. Meskipun demikian, karena sifatnya yang getas (*brittle*) dan praktis tidak mampu menahan beban tarik secara handal, maka bahan tersebut memiliki keterbatasan dalam penggunaannya. Dalam praktek, kedua sifat kurang baik dari beton tersebut memang dapat diatasi dalam batas-batas tertentu dengan penambahan tulangan baja dengan jumlah yang cukup dan ditempatkan secara benar.

Di negara-negara maju seperti di Amerika Serikat dan Eropa, para peneliti telah berupaya memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton tersebut dengan cara menambahkan fiber (serat) pada adukan beton. Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan secara merata (*uniform*) kedalam adukan beton dengan orientasi yang random, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan mikro dalam beton yang terlalau dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Dengan tercegahnya retakan-retakan mikro beton

yang terlalu dini, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan internal (aksial, lentur dan geser) yang terjadi akan jauh lebih besar.

**Tabel 3.1** *Basic properties* berbagai macam fiber

Serat	Berat Jenis (Ksi)	Kuat Tarik (Ksi)	Modulus Young $10^{-3}$ (Ksi)	Volume Fraksi (%)	Diameter serat (in)	Panjang (in)
Baja	7,86	100 – 300	30	0,75 – 9	0,0005 – 0,04	0,5 – 1,5
Kaca	2,7	> 180	11	2 – 8	0,004 – 0,03	0,5 – 1,5
Plastik	0,91	> 100	0,14 – 1,2	1 – 2	> 0,1	0,5 – 1,5
Karbon	1,6	> 100	> 7,2	1 – 5	0,0004 – 0,0008	0,02 – 0,5

(Sumber : Sorousian dan Bayasi, 1987)

Berbagai macam fiber yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik beton antaralain adalah :

- a. Fiber baja (*steel fiber*)
- b. Fiber *poly-propaylene* (sejanis plastik mutu tinggi)
- c. Fiber kaca (*glass fiber*)
- d. Fiber karbon (*carbon fiber*).

Basic properties berbagai macam *fiber* tersebut dicantumkan dalam Tabel 3.1. Untuk keperluan *non-structural fiber* dari bahan alami (*natural fiber*) seperti ijuk, rambut, sabut kelapa, serat goni, dan serat tumbuh-tumbuhan lainnya juga dapat digunakan.

Hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sifat-sifat mekanik beton yang dapat diperbaiki antara lain adalah :

- a. Daktilitas (*ductility*) yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*energy absorption*),
- b. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*),
- c. Kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur,

- d. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*),
- e. Ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*), dan
- f. Ketahanan terhadap keausan (*abrassion*), fragmentasi (*fragmentation* dan *spalling*).

Berapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton fiber baja ini adalah :

- a. Masalah *fiber dispersion*, yang menyangkut teknik pencampuran fiber kedalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random,
- b. Masalah *workability* (kelecekan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan termasuk indikatornya,
- c. Masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelecekan yang memadai.

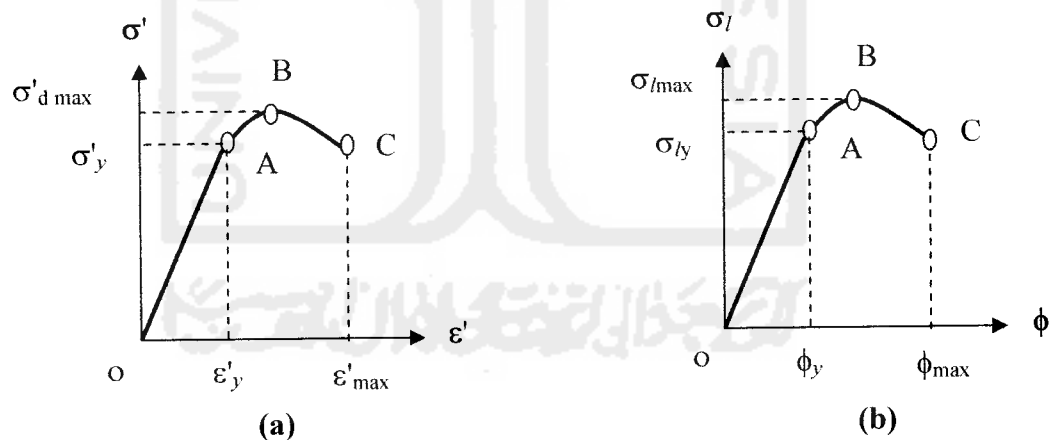
Kesemuanya sangat berbeda dengan yang kita kenal selama ini untuk beton konvensional. Disamping itu metode analisis dan perancangan berbagai elemen struktur (seperti balok, kolom, pelat dan komposit). Ataupun struktur secara keseluruhan yang menggunakan kombinasi beton fiber dengan tulangan baja, juga tidak dapat begitu saja menggunakan formula-formula yang telah kita kenal selama ini untuk beton bertulang konvensional. Kesemuanya cukup berbeda, baik konsep maupun prosedurnya, dan oleh karenanya perlu diteliti.

Di Indonesia, konsep pemakaian beton fiber baja pada adukan beton untuk struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan belum banyak dipakai dalam praktek. Salah satu penyebabnya adalah belum tersedianya fiber baja secara murah dan dalam jumlah yang cukup di Indonesia karena harus mendatangkannya

dari luar negeri. Untuk mengatasi hal itu telah ditemukan solusi alternatif, yaitu dengan menggunakan fiber lokal yang dibuat dari potongan-potongan kawat lokal (berdiameter sekitar 0,80 mm dengan panjang sekitar 60 mm) yang tersedia dipasaran dengan menunggu pabrik fiber baja yang sebenarnya di Indonesia.

### 3.4 Karakteristik dan Perilaku Elemen Struktur

Karakteristik dan perilaku struktur secara keseluruhan maupun elemen struktur dapat diketahui dari hubungan gaya dan simpangan, momen dan kelengkungan, tegangan dan regangan, atau tegangan dan kelengkungan, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** (a) Hasil uji desak: kurva hubungan regangan desak dan tegangan desak. (b) Hasil uji lentur: kurva hubungan antara tegangan lentur dan kelengkungan.

Hasil pengujian desak sebuah benda uji (*sample/speciment*) yang diekspresikan dalam bentuk kurva hubungan antara gaya (*force*) dan simpangan

(*displacement*) dapat dirubah melalui proses yang sederhana menjadi kurva hubungan antara tegangan desak (*compression stress*)  $\sigma'$  (kg/cm) dan regangan desak (*compression strain*)  $\varepsilon'$  (tanpa satuan) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(a). Sedangkan hasil pengujian lentur sebuah benda uji dapat berupa nilai beberapa gaya (*force*) pada bentangan dan defleksi (*deflection*) di tiga titik bentangan yang dapat dirubah menjadi kurva hubungan momen (*moment*) dan kelengkungan (*curvature*). Selanjutnya, kurva tersebut dapat dirubah melalui proses yang sederhana pula menjadi kurva hubungan tegangan lentur (*flexural stress*)  $\sigma_l$  (kg/cm) dan kelengkungan (*curvature*)  $\phi$  (1/cm) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(b).

Dari Gambar 3.1(a) dapat ditentukan karakteristik (*property* atau *characteristic*) material, yang meliputi:  $\sigma'_y$  = tegangan sebanding yang dalam uji panel bendrat ini menunjukkan tegangan leleh,  $\sigma'_{\max}$  = tegangan maksimum,  $\varepsilon'_y$  = regangan sebanding yang dalam uji panel bendrat ini menunjukkan regangan leleh,  $\varepsilon'_{\max}$  = regangan maksimum.

Dari nilai-nilai karakteristik tersebut dapat ditentukan modulus elastis dengan ekspresi

$$E = \sigma'_y / \varepsilon'_y \dots\dots\dots (3.1)$$

dan nilai daktilitas

$$\mu = \varepsilon'_{\max} / \varepsilon'_y \dots\dots\dots (3.2)$$

Dari Gambar 3.1(a) dapat ditentukan penyerapan energi elastis (*modulus of resilient*)  $E_e$  dan penyerapan energi total (*modulus of toughness*)  $E_t$ .

$$E_e = \text{luas segitiga O-A-}\varepsilon'_y \dots\dots\dots (3.3)$$

$$E_t = \text{luas bidang di bawah kurva O-A-B-C dan diatas O-A-}\varepsilon'_{\max} \dots \dots \dots (3.4)$$

Gambaran tentang perilaku daktilitas benda uji juga dapat dilihat dari rasio perbandingan antara penyerapan energi total dengan energi elastis  $\alpha$ .

$$\alpha = E_t / E_e \dots \dots \dots (3.5)$$

Morrow (1991) menyatakan bahwa untuk material baja, tegangan leleh dapat ditentukan dengan menarik garis sejajar OA dari regangan  $\varepsilon$  sebesar 0,002 memotong kurva, sedangkan Abeles dkk (1976) dan Ferguson (1984) menentukan  $\varepsilon$  sebesar 0,003 sampai 0,0035 untuk material beton. Dengan demikian perilaku elastis material mencakup perilaku material secara linier dan non-linier.

Pengamatan dari data uji laboratorium dalam penelitian ini menunjukkan bahwa batas elastis material sangat dekat atau berimpit dengan batas proporsional atau batas linier. Karena sangat sulit diamati secara akurat perbedaan antara keduanya, maka batas elastis dianggap sama dengan batas proporsional atau titik peralihan antara bagian yang linier dan yang non-linier, yaitu pada titik A dalam Gambar 3.1(a) dan (b).

Dari Gambar 3.1(b) dapat ditentukan karakteristik (*property* atau *characteristic*) material, yang meliputi:  $\sigma_{ly}$  = tegangan lentur sebanding yang dalam uji panel bendrat ini menunjukkan tegangan leleh,  $\sigma_{l\max}$  = tegangan lentur maksimum,  $\phi_y$  = kelengkungan sebanding yang dalam uji panel bendrat ini menunjukkan kelengkungan leleh,  $\phi_{\max}$  = kelengkungan maksimum.

Dari nilai-nilai karakteristik tersebut dapat ditentukan modulus elastis kelengkungan dengan ekspresi

$$\kappa = \sigma_{ly} / \phi_y \dots \dots \dots (3.6)$$



dan nilai daktilitas

$$\mu = \phi_{\max} / \phi_y \dots\dots\dots(3.7)$$

Dari Gambar 3.1(a) dapat ditentukan penyerapan energi elastis (*modulus of resilient*)  $E_e$  dan penyerapan energi total (*modulus of toughness*)  $E_t$ .

$$E_e = \text{luas segitiga O-A-}\phi_y \dots\dots\dots(3.8)$$

$$E_t = \text{luas bidang di bawah kurva O-A-B-C dan diatas O-A-}\phi_{\max} \dots\dots(3.9)$$

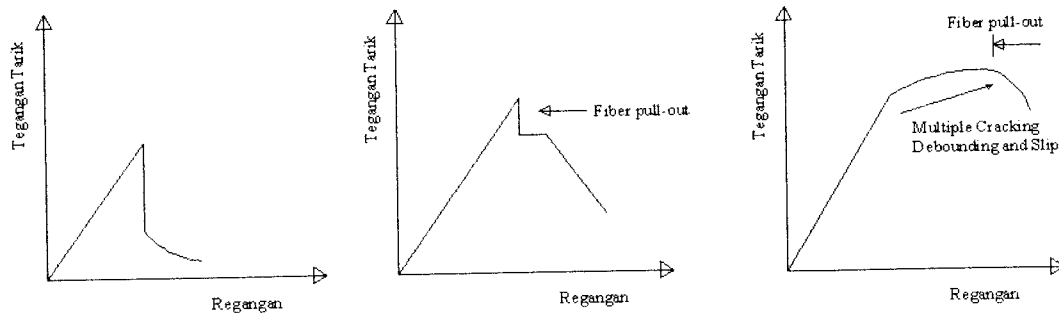
Gambaran tentang perilaku daktilitas benda uji juga dapat dilihat dari rasio perbandingan antara penyerapan energi total dengan energi elastis  $\alpha$ .

$$\alpha = E_t / E_e \dots\dots\dots(3.10)$$

Gambar 3.1 menunjukkan perilaku material yang bersifat elastik dari O ke A dan bersifat inelastik setelah melampaui A.

### 3.5 Beton Serat

Menurut Kadir Aboe (2004) dalam Jurnal Teknisia Volume IX No. 2, Agustus 2004. Untuk meningkatkan kececekan (*workability*), ACI Committee 544, menyarankan ukuran agregat maksimum yang digunakan pada beton serat adalah 20 mm, sehingga memudahkan pengadukan dan tersedia ruang bagi serat. Pengaruh konsentrasi/volume serat terhadap kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 3.2.



3.2a volume serat kecil 3.2b volume serat sedang 3.2c volume serat maksimum

### Gambar 3.2 Tegangan-Regangan Tarik Pengaruh Volume Fraksi Serat

Setelah terjadi retak, beban akan ditransfer dari bahan komposit (beton serat) ke serat dan serat akan menerima beban berdasarkan lekatan antara serat dan beton, atau kekuatan serat jika panjang lekat serat mencukupi. Bila volume serat kecil, kuat tarik beton serat akan menurun drastis setelah terjadi retak. Sedangkan bila volume serat sedang (medium), setelah terjadi retak kuat tarik akan sedikit berkurang. Pada beton serat dengan volume serat maksimum, setelah terjadi retak pertama, beton serat masih dapat menerima beban tarik yang lebih besar dari beban yang menyebabkan retak pertama, walupun jumlah retak bertambah serta regangan bertambah besar. Hal ini karena tersedianya serat yang cukup banyak, dan setelah sebagian besar serat tercabut atau putus sehingga mengalami keruntuhan.

### 3.6 Perlakuan dan Rancangan Percobaan / Kajian

Penelitian dilangsungkan beberapa pengujian, diantaranya adalah pengujian awal, pengujian bahan dan pengujian sampel dinding panel.

### 3.7 Pengujian Bahan

Pengujian bahan merupakan pengujian untuk mengetahui apakah bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian sesuai dengan standar spesifikasi yang ditentukan. Adapun pengujian bahan meliputi pengujian kadar lumpur pasir.

#### 3.7.1 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui kualitas pasir dengan parameter kadar lumpur yang terdapat pada pasir. Dalam pembahasan PUBI 1970 Pasal 14 ayat 2b di jelaskan bahwa kandungan lumpur yang disyaratkan untuk adukan pasangan, adukan plesteran, dan beton bitumen tidak boleh melebihi 5% terhadap berat keringnya. Kandungan lumpur pasir yang melebihi 5% dari berat keringnya, karena dapat menghalangi ikatan antara pasta semen dengan pasir. Maka pasir tersebut harus dicuci. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak. Bahan organik ini dapat dilihat dari warna saat pengujian.

Kadar kandungan lumpur dalam pasir dapat dihitung berdasarkan rumus

$$KI = \frac{Bo - B}{Bo} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana :  $KI$  = Kandungan Lumpur (%)

$Bo$  = Berat pasir + cawan sebelum dicuci (gram)

$B$  = Berat pasir + cawan setelah dicuci dan dioven (gram)

### 3.8 Metode Perencanaan Adukan Mortar

Dalam penelitian ini adukan mortar yang digunakan memakai perbandingan berat material pencampur. Perbandingan variasi campuran yang digunakan yaitu ; perbandingan Semen : Pasir adalah 1 : 5, perhitungan kebutuhan material yang dipakai dalam penelitian dapat dilihat pada daftar lampiran, kebutuhan material untuk setiap sampel dinding panel, disajikan dalam Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Kebutuhan Material Sampel Dinding Panel

No.	Sampel	Material (Kg)				Jumlah Sample
		Semen	Pasir	Air	Bendrat	
1	D 00 00	12,2	61,1	11,0	0,00	5
2	L 00 00	12,7	63,5	11,4	0,00	5
3	D 08 01	11,94	59,7	10,7	6,6	5
4	L 08 01	12,42	62,1	11,18	6,9	5
5	D 08 04	11,94	59,7	10,7	6,6	5
6	L 08 04	12,42	62,1	11,18	6,9	5
8	D 08 07	11,94	59,7	10,7	6,6	5
9	L 08 07	12,42	62,1	11,18	6,9	5
10	D 08 10	11,94	59,7	10,7	6,6	5
11	L 08 10	12,42	62,1	11,18	6,9	5
Kebutuhan Total		<b>122,34</b>	<b>611,8</b>	<b>109,92</b>	<b>54</b>	<b>50</b>

### 3.9 Pengujian Sampel Benda Uji

Setelah dilakukan pengujian bahan dasar panel dan menentukan perencanaan campuran maka pengujian selanjutnya adalah pengujian sampel setelah berumur 28 hari, yaitu pengukuran berat volume dinding panel dan 2 (dua) jenis pengujian; meliputi uji lentur dan uji tekan/tekuk dan uji lentur.

### 3.9.1 Pengukuran Berat Volume

Pengujian berat volume dinding adalah untuk mengetahui berat volume dinding tersebut. Dimana nilai dari berat volume ini dipakai untuk mencari korelasinya dengan nilai kekuatan dinding per satu satuan volume. Perhitungan berat volume dinding partisi dapat dihitung dengan persamaan :

$$BV = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :  $BV$  = berat volume dinding partisi ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )

$m$  = berat dinding partisi (kg)

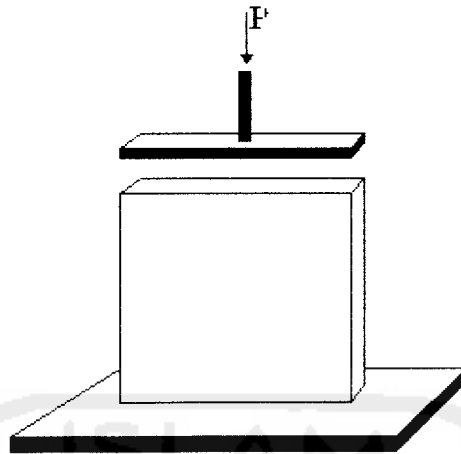
$v$  = volume dinding partisi ( $\text{cm}^3$ )

### 3.9.2 Pengujian Kuat Desak

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dan perilaku benda uji dalam menahan gaya desak yang sejajar dengan bidang panel (Gambar 3.3). Dari pengujian tersebut, nilai gaya desak yang diderita oleh benda uji  $P$  dan perpendekannya  $\Delta$  dapat diketahui. Benda uji mempunyai panjang  $l = 50$  cm, lebar  $w = 50$  cm, dan tebal  $t = 3$  cm. Dengan membagi gaya desak dengan luas tampang (panjang dikalikan tebal) dan perpendekan dengan tinggi awal panel  $t$ , maka grafik tersebut berubah menjadi hubungan antara tegangan  $\sigma'$  dan regangan  $\epsilon'$ , sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.3, yaitu:

$$\sigma' = P / (w.t) \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\epsilon' = \Delta / l \dots\dots\dots(3.14)$$



**Gambar 3.3** Pengujian Kuat Tekan

### 3.9.2.1 Modulus Elastis ( $E$ )

Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan mampu balik (Djaprie S, 1995). Hubungan antara tegangan dan regangan adalah sebanding atau linear, mengikut hukum Hooke (Tjokrodimulyo, 1992).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan :  $E$  = Modulus Elastis ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\sigma$  = tegangan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\varepsilon$  = regangan (cm)

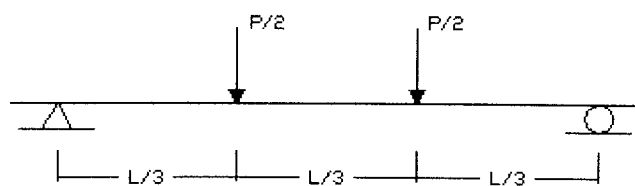
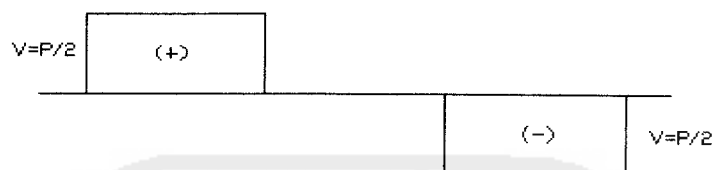
### 3.9.3 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur ini dilakukan untuk mengukur kekuatan dan perilaku panel dalam menahan gaya yang tegak lurus dengan bidang panel. Pada potongan penampang melintang, secara mekanika, dinding panel dianggap sebagai balok atau gelagar sederhana.

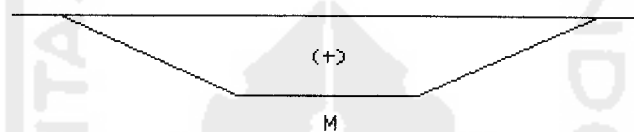
Bila suatu gelagar balok terletak diantara dua tumpuan sederhana menerima beban yang menimbulkan momen lentur, maka akan terjadi *deformasi* (tegangan) lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi pada bagian atas balok, dan pada bagian bawah tampang balok terjadi tegangan tarik.

Regangan-regangan ini menimbulkan tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik di bagian bawah, yang harus ditahan balok. Agar stabilitas terjamin, balok sebagai bagian dari sistem harus mampu menahan tegangan tekan dan tarik tersebut.

Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lentur. Untuk perhitungannya digunakan formula *Method of Flexure Strength* (*British Standard Institution*, 1983). Mekanisme lentur dapat dilihat pada Gambar 3.4.

3.4a Panel dengan dua buah gaya simetris ( $P/2$ )

3.4b Diagram gaya lintang/ geser



3.4c Diagram momen

**Gambar 3.4** Mekanisme Lentur

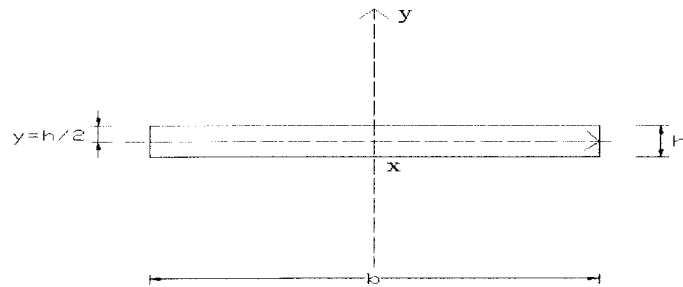
Daerah diantara beban-beban  $P/2$  tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur ( $M$ ) konstan sebesar :

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{3} \dots\dots\dots(3.16)$$

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

Tegangan lentur dalam panel berhubungan dengan momen lentur ( $M$ ) dan momen inersia ( $I$ ) dari tampang panel. Penampang dinding panel dapat dilihat pada Gambar 3.5.





**Gambar 3.5** Penampang Melintang Dinding Panel

Besarnya nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot y}{I} \dots \dots \dots (3.17)$$

dimana momen inersia tampang

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \dots \dots \dots (3.18)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (3.14) dan persamaan (3.16) pada persamaan (3.15), didapatkan

$$\sigma_{lt} = \frac{\left(\frac{P L}{2 \cdot 3}\right) \cdot \left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} \dots \dots \dots (3.19)$$

Persamaan (3.17) dapat disederhanakan lagi menjadi persamaan (3.18)

$$\sigma_{lt} = \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2} \dots \dots \dots (3.20)$$

dimana ,  $\sigma_{lt}$  = besar kuat lentur dinding (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum pengujian (kg)

$l$  = jarak antara tumpuan (cm)

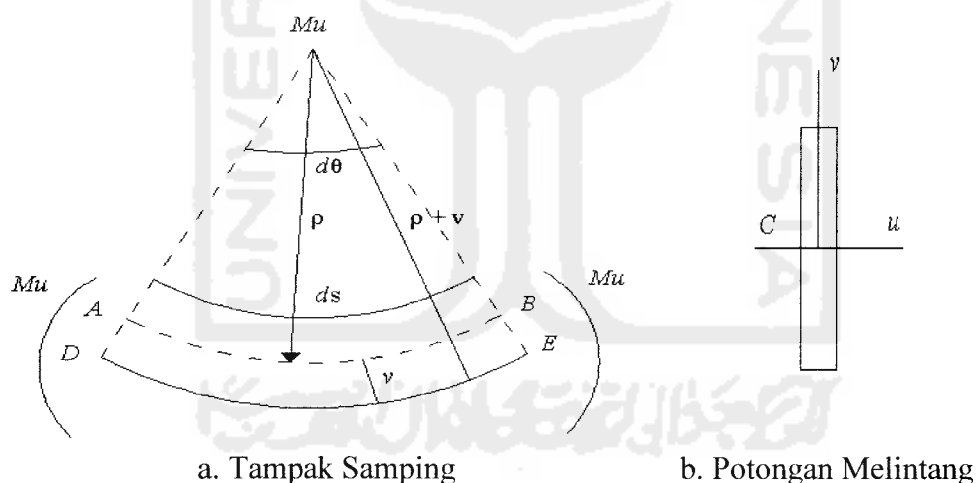
$b$  = lebar dinding (cm)

$h$  = tebal dinding (cm)

### 3.9.3.1 Hubungan Momen-Kelengkungan

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen-kelengkungan yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi, yaitu saat kondisi elastis, leleh, elastis-plastis dan plastis. Gambar 3.9 adalah sebuah penampang sederhana dengan penampang  $I$  yang menerima beban terpusat  $P$ .

Teori defleksi balok dipengaruhi oleh geometri atau kinematika dari sebuah elemen balok. Kinematika dasar yang menghipotesa bahwa irisan-irisan yang berbentuk bidang datar akan tetap merupakan bidang datar selama berdeformasi.



**Gambar 3.6** Deformasi segmen balok dalam lenturan

Elemen differensial balok untuk lentur murni ditunjukkan pada Gambar 3.6a. Sumbu  $u$  dan  $v$  pada potongan melintang, adalah sumbu utama yang ditunjukkan pada Gambar 3.6b.  $AB$  adalah garis netral, pada garis netral ini garis

tidak memendek ataupun memanjang. Regangan pada garis netral didapatkan dari persamaan :

$$\epsilon x = \frac{\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}}{\text{panjang awal}} \dots\dots\dots(3.21)$$

dengan substitusi didapat :

$$\epsilon x = \frac{(\rho + v)d\theta - \rho.d\theta}{\rho.d\theta} = \frac{v}{\rho} \dots\dots\dots(3.22)$$

hubungan dasar antara kurva elastis dengan regangan linier, didapat

$$\Phi = \frac{l}{\rho} = k = \frac{\epsilon x}{v} \dots\dots\dots(3.23)$$

karena sifat beban tidak diperhitungkan maka hubungan ini digunakan untuk masalah-masalah elastis maupun tidak

$$\sigma x = E.\epsilon x \dots\dots\dots(3.24)$$

sehingga

$$\epsilon x = \frac{Muv}{Elu} \dots\dots\dots(3.25)$$

substitusi persamaan 3.22 ke persamaan 3.24 akan diperoleh

$$\Phi = \frac{l}{\rho} = k = \frac{Mu}{Elu} \dots\dots\dots(3.26)$$

dalam kordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan

$$\Phi = \frac{l}{\rho} = k = \frac{\pm d^2 v / dx^2}{[1 + (dv/dx)^2]^{3/2}} \dots\dots\dots(3.27)$$

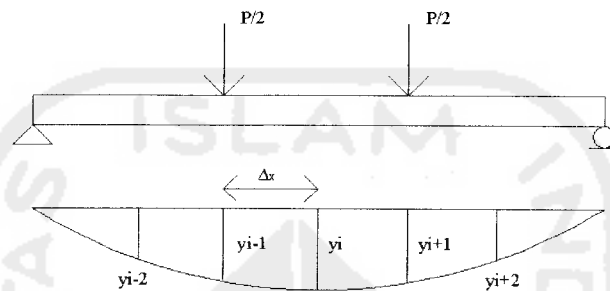
karena kemiringan  $dv/dx$  dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka

$$(dv/dx)^2 \approx 0 \dots\dots\dots(3.28)$$

persamaan 3.26 disubstitusi dengan persamaan 3.27 menjadi :

$$\frac{d^2 v}{dx^2} = \frac{M}{EI_u} \dots\dots\dots(3.29)$$

$$EI_u = \frac{M}{(d^2 v/dx^2)} \dots\dots\dots(3.30)$$



**Gambar 3.7** Kelengkungan

Dari pengujian kuat lentur diperoleh defleksi pada titik-titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode *Central Difference*. Mengacu pada Gambar 3.7  $dy/dx$  didekati dengan persamaan 3.29.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \dots\dots\dots(3.31)$$

turunan kedua dari persamaan 3.29

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \dots\dots\dots(3.32)$$

karena  $(2\Delta_x)$  adalah konstanta maka :

$$\frac{d}{dx} (2\Delta_x) = 0 \dots\dots\dots(3.33)$$

sehingga persamaan 3.22 menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.34)$$

selanjutnya dari persamaan 3.22 didapatkan :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.35)$$

kemudian persamaan 3.24 disederhanakan menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.36)$$

momen maksimum dinding yang menerima beban seperti Gambar 3.6 adalah

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{3} \frac{1}{2} P L \\ &= \frac{1}{6} P L \dots\dots\dots(3.37) \end{aligned}$$

hubungan faktor kekakuan, momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) adalah

$$EI = \frac{M}{\Phi} \dots\dots\dots(3.38)$$

Dalam penelitian ini metode yang dipakai dalam pembahasan adalah mencari nilai  $My$  dari data uji lentur dinding panel, yang dalam hal ini akan diperoleh dari pembacaan beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ), yang kemudian dilakukan perhitungan besarnya momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) sehingga diperoleh kurva hubungan momen-kelengkungan seperti Gambar 3.6 dari data  $M-\Phi$  dapat diperoleh nilai faktor kekakuan ( $EI$ ) dan nilai kelengkungan daktilitas.

$$\frac{\Phi u}{\Phi y} = \text{daktilitas kelengkungan} \dots\dots\dots(3.39)$$

### 3.10 Pengamatan Penelitian

Pengamatan penelitian dilakukan pada saat pengujian dilaksanakan, dan kemudian dilakukan pencatatan. Hasil-hasil pencatatan tersebut dijadikan sebagai data pengujian untuk kemudian dilakukan analisis, untuk dapat ditarik kesimpulan.

Dari kesimpulan tersebut dapat diketahui karakteristik dinding partisi dengan variasi kawat bendrat. Karakteristik dan perilaku dinamika panel ini meliputi :

1. kuat desak dan kuat lentur;
2. perilaku panel meliputi grafik hubungan tegangan-regangan dan tegangan lentur-kelengkungan; dan
3. berat volume dinding partisi.

### 3.11 Teori Pengolahan Data

Hasil penelitian diambil dari data hasil pengujian yang telah didapatkan, kemudian diolah menggunakan *MS Excel*, sedemikian rupa sehingga didapatkan nilai rerata, dan simpangan baku, untuk kemudian dicari korelasinya.

#### 3.11.1 Nilai Rerata (*Mean*)

Menurut Hadi (2000), nilai rerata adalah jumlah nilai-nilai dibagi dengan jumlah individu. Nilai rerata dihitung menggunakan persamaan (3.38).

$$X_{rerata} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots(3.40)$$

Keterangan:  $X_{\text{rata}}$  = Nilai rata-rata

$\sum X_i$  = Jumlah data

$n$  = banyaknya sampel

### 3.11.2 Regresi Linier dan Korelasi

Menurut Supramono (1993), Perbedaan antara regresi dan korelasi adalah regresi menunjukkan bentuk hubungan antara variabel yang mempengaruhi variabel yang lain (variabel bebas) dengan variabel yang dipengaruhi (variabel terikat). Sedangkan korelasi menjelaskan besarnya derajat atau tingkat keeratan hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain.

Analisis regresi sederhana merupakan suatu alat analisis yang digunakan untuk mengestimasi atau memprediksi nilai suatu variabel berdasarkan nilai variabel lain yang diketahui Supramono (1993).

Hubungan linier antara dua variabel  $X$  dan  $Y$  dikatakan linier jika besar perubahan nilai  $Y$  yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai  $X$  konstan pada jangkauan nilai  $X$  yang diperhitungkan. Jika hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik maka hubungan linier antara  $X$  dan  $Y$  akan nampak sebagai garis lurus. Formula hubungan antara variabel  $X$  dan  $Y$  linier seperti pada persamaan 3.39.

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(3.39)$$

$a$  menunjukkan intersep garis ( merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu  $Y$  ) dan  $b$  menunjukkan *slope* dari garis (perubahan dalam  $Y$  bila  $X$  berubah satu-satuan).

Menurut Supramono (1993), analisis korelasi digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara dua variabel bebas dan terikat. Ada dua pengukuran yang biasa digunakan dalam pengukuran keeratan hubungan yaitu koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan koefisien korelasi ( $r$ ).

Koefisien determinasi merupakan analisis regresi untuk mengetahui seberapa jauh kecocokan garis regresi yang terbentuk dalam mewakili kelompok data hasil observasi dimana model yang terbentuk dapat mewakili model yang sebenarnya. Nilai koefisien determinasi merupakan suatu ukuran yang menunjukkan besar sumbangan dari variabel bebas terhadap variabel terikat, atau dengan kata lain koefisien determinasi menunjukkan variasi naik turunnya  $Y$  yang diterangkan oleh pengaruh linier  $X$  Supramono (1993).

Menurut Supramono (1993), kegunaan koefisien determinasi adalah :

1. Sebagai ukuran ketepatan/kecocokan garis regresi yang dibuat dari hasil estimasi terhadap sekelompok data hasil observasi. Semakin besar nilai  $R^2$ , semakin bagus garis regresi yang terbentuk, sebaliknya semakin kecil nilai  $R^2$ , semakin tidak tepat garis regresi tersebut mewakili data hasil observasi, dan
2. Untuk mengukur proporsi (persentase) dari jumlah variasi  $Y$  yang diterangkan oleh model regresi atau untuk mengukur besar sumbangan dari variabel  $X$  terhadap variasi variabel  $Y$ .

Ada dua kondisi yang ekstrim dari nilai  $R^2$  ini yaitu bila  $R^2 = 1$  berarti variabel  $X$  dan  $Y$  mempunyai hubungan yang sempurna dan jika  $R^2 = 0$  maka tidak ada hubungan sama sekali antara kedua variabel tersebut. Dengan demikian nilai  $R^2$  akan berkisar antara 0 sampai dengan 1.



Menurut Supramono (1993), koefisien korelasi adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat keeratan hubungan linier antara dua variabel. Selain itu nilai koefisien korelasi merupakan akar dari nilai koefisien determinasi.

Menurut Supramono (1993), koefisien korelasi mempunyai sifat sebagai berikut ini.

1. Merupakan besaran yang tidak mempunyai satuan.
2. Nilai  $r$  akan terletak antara -1 dan 1 ( $-1 \leq r \leq 1$ ).
3. Tanda positif dan negatif koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan.
4. Hanya mencerminkan keeratan hubungan linier dari dua variabel yang terlibat.
5. Bersifat simetris  $r_{XY} = r_{YX} = r$ .
6. Variabel yang terlibat tidak garis variabel terikat dan variabel bebas.

Tingkat keeratan korelasi dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinasinya ( $R^2$ ) seperti dijelaskan dalam Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Hubungan Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Korelasi

Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ )	Korelasi
$R^2 = 1$	Sempurna
$0,80 < R^2 < 0,99$	Sangat Kuat
$0,50 < R^2 < 0,79$	Kuat
$0,30 < R^2 < 0,49$	Kurang Kuat
$R^2 < 0,30$	Lemah
$R^2 = 0$	Tidak Ada

### 3.12 Hipotesis

Sebelum dilakukan penelitian, maka dapat ditarik hipotesis penelitian dinding panel ini, yang merupakan kesimpulan awal dengan melihat hasil-hasil penelitian sebelumnya. Hipotesis ini meliputi 3 bagian, pada hipotesis pertama adalah mengenai workability dinding, hipotesis kedua mengenai kuat tekan dan hipotesis yang ketiga mengenai kuat lentur.

#### 3.12.1 Hipotesis *Workability*

Tingkat *workability* dinding serat hampir seperti pada beton serat, yaitu dengan semakin panjang serat maka akan menurunkan workability dari dinding serat. Dengan melihat dari penelitian-penelitian terdahulu, bahwa semakin panjang serat maka *workability* menurun. Berarti dalam pengerjaan dinding panel ini juga akan mengalami penurunan workability pada panjang serat yang panjang yaitu 7 dan 10 cm.

#### 3.12.2 Hipotesis Kuat Tekan/Tekuk

Kuat tekan dinding panel akan meningkat karena adanya penambahan serat bendrat. Dengan mengacu penelitian terdahulu, maka dapat ditarik hipotesis, dengan berat yang sama nilai optimum akan dicapai pada dinding dengan serat yang panjang yaitu 7 atau 10 cm.

### 3.12.3 Hipotesis Kuat Lentur

Kuat lentur dinding panel akan meningkat karena penambahan kawat bendrat. Dengan mengacu penelitian terdahulu maka dapat ditarik hipotesis, dengan berat yang sama nilai optimum akan dicapai pada dinding dengan serat yang panjang yaitu 10 cm.



## BAB IV

### METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode penelitian yang akan dipergunakan dalam penelitian, metode penelitian ini akan dijadikan acuan dalam melaksanakan tahapan penelitian.

#### 4.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada saat penelitian adalah sebagai berikut.

##### 1. Semen

Penelitian ini menggunakan Semen *Portland* (semen jenis I) dengan merek Semen Gresik 40 kg.

##### 2. Pasir

Pasir yang digunakan berupa agregat halus (pasir) yang diambil dari Gunung Merapi, Sleman, Jogjakarta.

##### 3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air dari PDAM Sleman, Jogjakarta (Laboratorium BKT FTSP UII).

##### 4. Kawat bendrat

Kawat bendrat yang digunakan dalam campuran berdiameter 1 mm, panjang 1, 4, 7, dan 10 cm dengan persentase variasi 8 % berat campuran kering.

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka dalam penelitian ini diperlukan peralatan yang fungsinya untuk melaksanakan pengujian-pengujian terhadap bahan maupun sampel yang dibuat. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Bak Air

Bak air digunakan untuk tempat perawatan benda uji. Perendaman benda uji dilakukan selama 28 hari.

2. Pengaduk Mortar (Mesin Molen)

Mesin Molen digunakan untuk mencampur bahan penyusun sampel dinding panel (semen, pasir dan kawat bendrat). Mesin molen yang digunakan memiliki kapasitas 3 m<sup>3</sup>.

3. Mistar/meteran

Mistar/meteran dari logam digunakan untuk mengukur dimensi sampel.

4. Neraca/Timbangan merek O'house

Neraca/Timbangan digunakan untuk menimbang pasir ketika melakukan pengujian kadar lumpur. Neraca/Timbangan O'house memiliki ketelitian 0,05 gr.

5. Bekisting Sampel Desak dan Lentur.

Bekisting digunakan untuk mencetak sampel desak dan lentur. Bekisting terbuat dari besi siku yang bisa dibuka dengan skrup pada kedua ujungnya, dengan tujuan untuk mempermudah pelepasan bekisting dari sampel. Untuk bekisting desak berukuran 50 x 50 x 3 cm dan untuk lentur berukuran 52 x 50 x 3 cm.

6. Tang Potong, Betel dan Palu.

Tang Potong, Betel dan palu dipergunakan secara terpadu, untuk memotong kawat bendrat menjadi ukuran-ukuran yang telah ditentukan.

7. *Oven*

*Oven* digunakan untuk menghilangkan air pada sampel pasir, pada pengujian kandungan lumpur.

8. Mesin Uji Kuat Tekan dan Lentur

Mesin uji kuat tekan dan lentur digunakan untuk mengetahui besarnya Tegangan Maksimal sampel dinding panel, baik untuk kuat lentur maupun tarik. Dalam pengujian ini digunakan *Universal Testing Material* (UTM) merk SIMATZU type UMH 39 dengan kapasitas 30 ton.

9. *Dial Gauge*

*Dial gauge* digunakan untuk mengukur besarnya regangan yang terjadi pada sampel dinding panel tersebut. Dalam pengujian kuat tekan dipakai 2 buah *dial gauge*, sedangkan untuk pengujian kuat lentur dipakai 3 buah *dial gauge*.

#### **4.2. Prosedur Percobaan/Kajian**

Prosedur percobaan/kajian adalah, menjelaskan metode yang akan dipergunakan dalam penelitian. Prosedur percobaan/kajian ini secara garis besarnya terdiri dari 2 (dua) macam yaitu : Pengujian bahan dan sampel.

#### **4.2.1. Metode Pencampuran Material**

Metode pencampuran material dinding panel kawat bendrat didasarkan pada pencampuran beton serat menurut ACI, beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan serat dengan jumlah tertentu. Ide ini pada dasarnya adalah untuk memberi tulangan pada beton serat yang disebarkan secara merata kedalam adukan beton dengan orientasi yang random. Dalam pembuatan suatu adukan beton serat sebaiknya diusahakan menggunakan *mixer* (mesin molen) agar hasil dari adukan beton tersebut benar-benar homogen.

#### **4.3. Pengujian Bahan**

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan pengujian terhadap bahan yang akan digunakan dalam membuat sampel, dengan memakai metoda yang telah ditetapkan sebelumnya.

##### **4.3.1. Pengujian Kandungan Lumpur**

Pengujian kadar lumpur pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam mortar (dapat dilihat pada Lampiran III Gambar 9). Pengujian ini mengacu pada PUBI 1970 pasal 14 ayat 2b. Metoda pengujian kandungan lumpur adalah sebagai berikut :

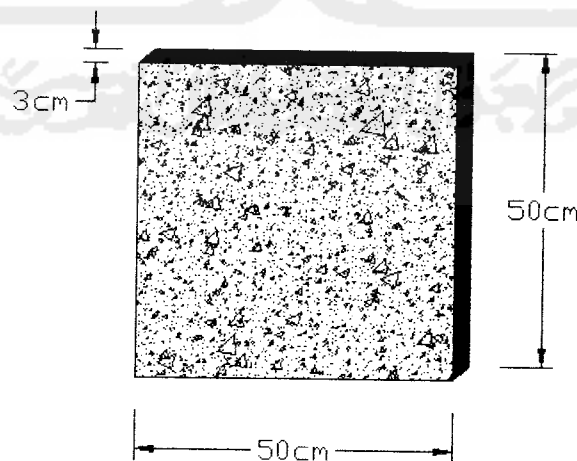
1. keringkan pasir yang akan di ujikan,
2. timbang cawan yang akan digunakan sebagai wadah pasir,
3. timbang pasir sebanyak 100 gram lalu masukan dalam gelas ukur 250 cc,

4. masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir, hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir,
5. kocok gelas ukur  $\pm 15$  kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang,
6. pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam wadah yang sudah ditimbang,
7. masukkan pasir tersebut ke dalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$ – $110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam, dan
8. keluarkan pasir dari oven, didinginkan lalu ditimbang.

Nilai kandungan lumpur pada pasir dapat dihitung dengan persamaan (3.7).

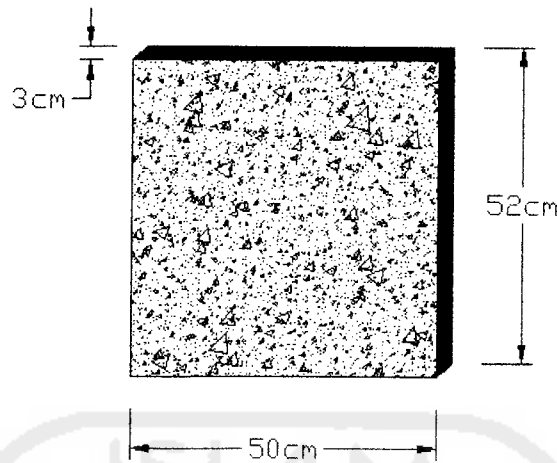
#### 4.4 Pengujian Sampel

Setelah dilakukan pengujian bahan-bahan, dilanjutkan pembuatan sampel-sampel yang dilanjutkan dengan pengujian pada sampel-sampel yang telah dibuat tersebut. Adapun dimensi sampel yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



**Gambar 4.1** Ukuran Sampel Panel Dinding Uji Desak





**Gambar 4.2** Ukuran Sampel Panel Dinding Uji Lentur

#### 4.4.1 Pemberian Label Nama Sampel

Pemberian nama sampel bertujuan agar sampel dinding panel tersebut nantinya dapat dikelompokkan pada tiap-tiap variasinya masing-masing dan mencegah sampel tertukar dengan sampel yang lain. Adapun pemberian label nama dibagi menjadi 4 buah bagian yaitu : jenis sampel, persentase kawat bendrat, panjang kawat bendrat dan nomor sampel, misalnya D 08 07 01 berarti.

- a. D adalah Jenis Sampel yaitu Desak, jika L berarti sampel tersebut termasuk dalam sampel lentur.
- b. 08 adalah persentase kawat bendrat terhadap berat campuran, berarti sampel tersebut memiliki persentase kawat bendrat adalah 8% terhadap berat campuran.
- c. 07 adalah panjang kawat yang dipergunakan dalam dinding panel kawat bendrat tersebut adalah 7 cm.
- d. 01 adalah nomer urut sampel dalam kelompoknya.

Variasi yang dipakai dalam penelitian dapat dikelompokkan dalam sebuah tabel dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Nama dan Keterangan Variasi

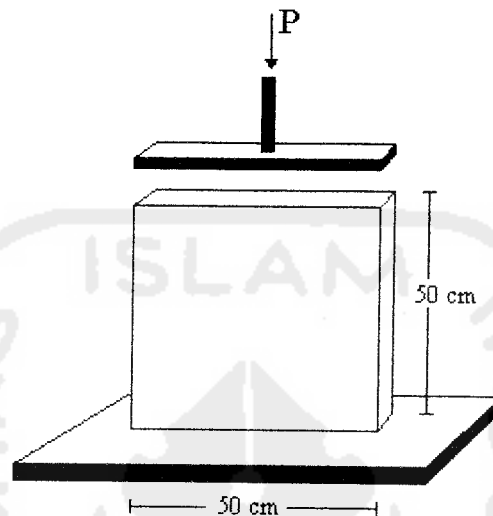
Variasi	Kode Sampel		Keterangan
	Tekan	Lentur	
Variasi I	D 00 00	L 00 00	Sampel Normal Tanpa Penambahan Kawat Bendrat
Variasi II	D 08 01	L 08 01	Sampel dengan Penambahan 8% 1cm Kawat Bendrat
Variasi III	D 08 04	L 08 04	Sampel dengan Penambahan 8% 4cm Kawat Bendrat
Variasi IV	D 08 07	L 08 07	Sampel dengan Penambahan 8% 7cm Kawat Bendrat
Variasi V	D 08 10	L 08 10	Sampel dengan Penambahan 8% 10cm Kawat Bendrat

#### 4.4.2 Pengujian Kuat Tekan/ Tekuk Dinding Panel Kawat Bendrat

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan besar kuat tekuk dinding kawat bendrat dengan campuran mortar 1 : 5, dimana kekuatan tekan dari sampel tersebut digunakan untuk mengetahui kemampuan dinding tersebut dalam menahan dinding yang dipasang di atasnya dan mewakili gempa searah bidang dinding. Pengujian dilakukan dengan membuat 3 buah benda uji. Sampel yang digunakan adalah dinding kawat bendrat dengan ketebalan 3 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur benda uji 28 hari.

Benda uji yang dipakai adalah dinding panel kawat bendrat berdimensi 50 x 50 x 3 (cm). Sampel diletakan diatas tumpuan, setelah sampel dapat berdiri tegak lurus dengan alat uji desak, kemudian dipasang dua buah dial, dimana dial 1 adalah untuk mengetahui besarnya kuat desak dan dial 2 adalah untuk mengetahui regangan tekuk sampel akibat beban maksimum. Kemudian sampel diuji dengan memberikan beban diatas sampel, beban diberikan secara berangsur-angsur sebesar 500 kg sampai beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel tersebut.

Acuan yang dipakai pada pengujian ini adalah menggunakan metode telah dijelaskan dalam sub bab 3.8.2 tentang pengujian kuat tekan/tekuk. Pengujian kuat tekan dinding kawat bendorf dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Pengujian Kuat Tekan Dinding Panel

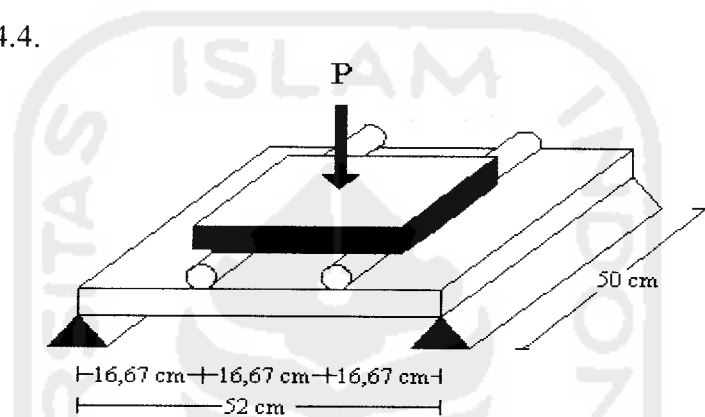
#### **4.4.3 Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel Kawat Bendorf**

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lentur yang mewakili gempu tegak lurus bidang dinding. Sebagai dari dinding panel kawat bendorf akibat pembebanan maksimum yang terjadi. Pada pengujian ini digunakan 5 buah benda uji dengan campuran mortar 1 : 5, sampel yang digunakan adalah dinding kawat bendorf dengan ketebalan 3 cm, pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari.

Benda uji yang dipakai adalah dinding panel kawat bendorf berdimensi 52 x 50 x 3 (cm). Sampel diletakkan diatas dua tumpuan berjarak 50 cm, setelah sampel diletakkan diatas tumpuan kemudian diatas sampel tersebut diletakkan dua

beban setempat sehingga seolah-olah sampel terbagi 3 bagian yang sama panjang sepanjang 16,67 cm.

Kemudian dipasang 3 buah dial dibawah sampel, guna mengetahui besarnya regangan lentur yang diakibatkan oleh beban maksimum. Beban diberikan berangsur-angsur sebesar 25 kg, sampai beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel. Pengujian kuat lentur dinding kawat bendrat dapat dilihat pada Gambar 4.4.



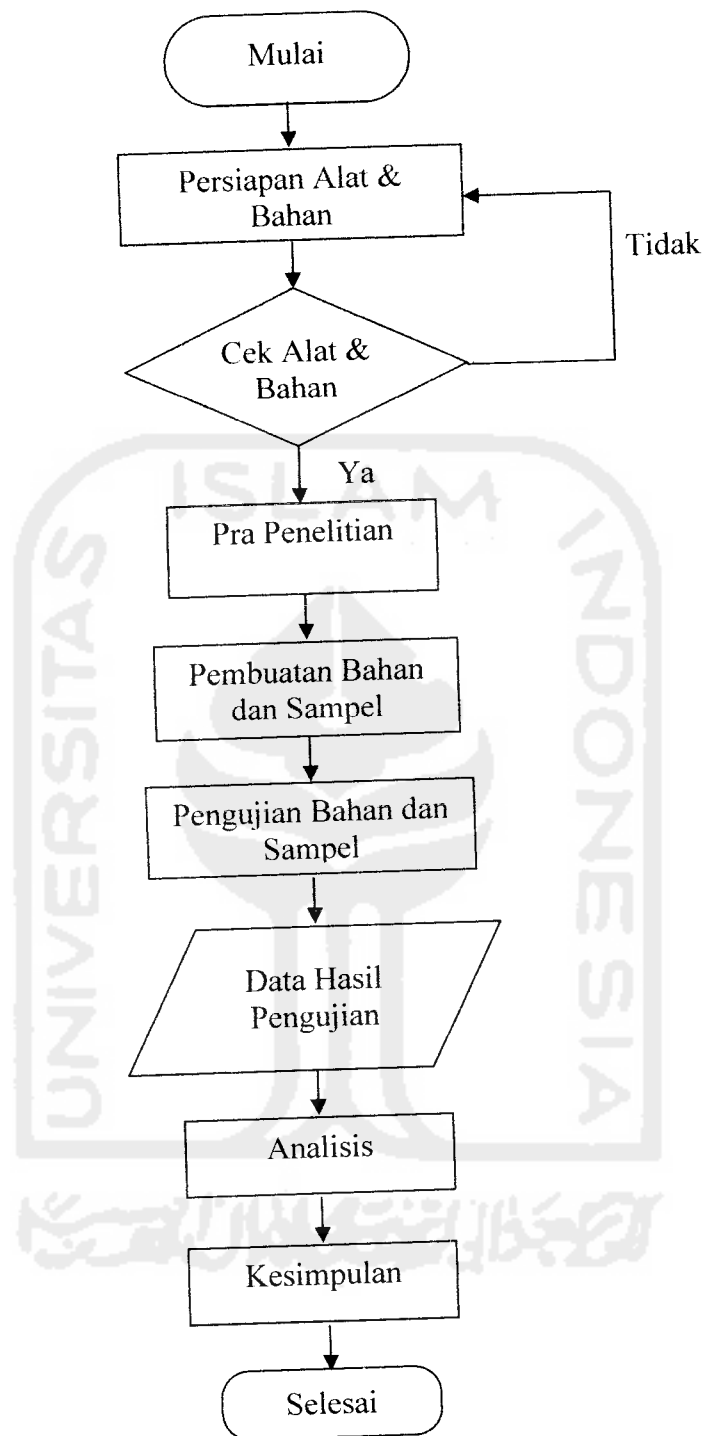
**Gambar 4.4** Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel

#### 4.5 Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang baik maka penelitian yang dilakukan harus memenuhi kaidah-kaidah metoda ilmiah berikut ini :

1. persiapan alat dan bahan,
2. pengujian bahan dan sampel,
3. analisis data pengujian, dan
4. pengambilan kesimpulan.

Secara sistematis kaidah-kaidah tersebut dapat dilihat Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** *Flow Chart Tahapan Penelitian*

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan menyajikan hasil penelitian, pembahasan dan analisis data hasil penelitian berdasarkan teori yang mendukung analisis dari penelitian.

#### **5.1 Hasil Penelitian**

Setelah semua pelaksanaan penelitian di laboratorium selesai, sebagai hasilnya didapatkan kadar lumpur dan data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu ditahan sampel, defleksi pada tiap interval pembebanan, dan akhirnya didapat besarnya tegangan dinding panel ( $\sigma$ ) tiap-tiap variasi sampel benda uji.

#### **5.2 Kadar Lumpur**

Pasir yang digunakan berupa agregat halus berasal dari Gunung Merapi, Sleman, Jogjakarta. Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam mortar, dimana parameter kelayakan kadar lumpur yang terdapat pada pasir adalah tidak boleh melebihi 5 % terhadap berat keringnya. Hasil pengujian kadar lumpur ini dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Kadar Kandungan Lumpur

No		Sampel I	Sampel II	Sampel III
1.	Berat Pasir (gram)	100	100	100
2.	Berat Cawan (gram)	159	102,5	162,5
3.	Berat Pasir + Cawan (sebelum dioven) = Bo (gram)	259	202,5	262,5
4.	Berat Pasir + Cawan (setelah dioven) = B (gram)	248,5	195,5	253
5.	Kadar Lumpur $= \frac{Bo - B}{Bo} \times 100\%$	$= \frac{259 - 248,5}{259} \times 100\%$ = 4,05 %	$= \frac{202,5 - 195,5}{202,5} \times 100\%$ = 3,46 %	$= \frac{262,5 - 253}{262,5} \times 100\%$ = 3,62 %

### 5.3 Jenis Dinding Panel dan Perawatan

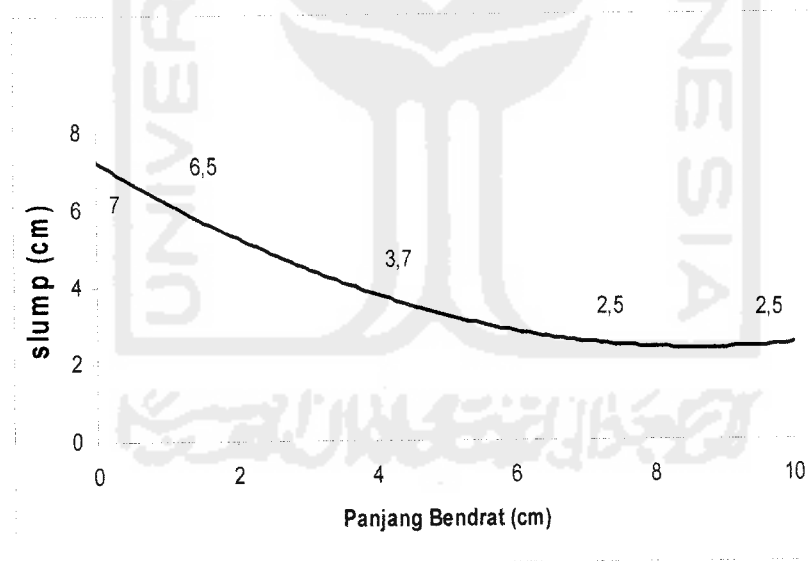
Penelitian yang dilakukan menggunakan benda uji dinding panel dengan dua variasi ukuran, yaitu untuk pengujian desak dimensinya 50 x 50 x 3 cm dan untuk pengujian lentur 52 x 50 x 3 cm dengan jumlah total sampel dinding panel 50 buah.

Dalam penelitian ini menggunakan perawatan dengan cara direndam dalam bak yang berisi air selama 28 hari.

#### 5.4 Hasil Uji Desak Dinding Panel

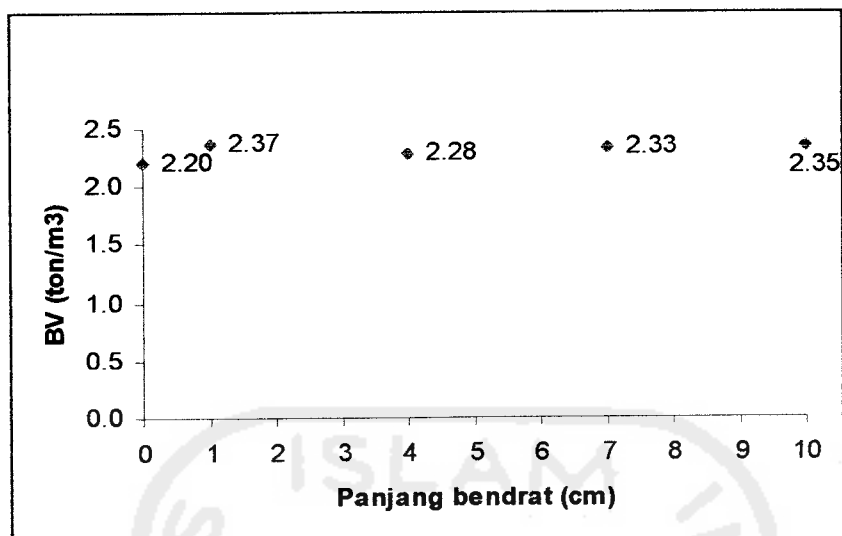
Uji kuat desak dinding panel bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat desak yang terjadi pada dinding panel tersebut. Pada pengujian desak panel serat bendrat, setiap variasi memiliki 5 buah benda uji. Perawatan sampel dilakukan dengan cara merendam didalam bak air dan pengujian dilakukan setelah sampel berumur 28 hari.

Pengujian dilakukan dengan memberi beban merata diatas sampel yaitu pembebanan statik dengan interval sebesar 500 kg. Nilai karakteristik dinding panel yang berhasil diolah kemudian dirangkum dan ditampilkan dengan grafik sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.4.

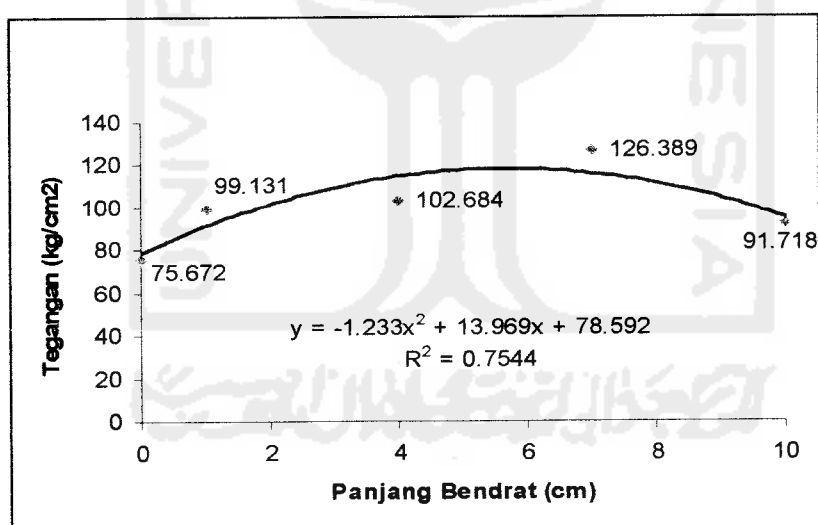


**Gambar 5.1** Data sebaran hubungan antara variasi panjang serat dengan nilai slump





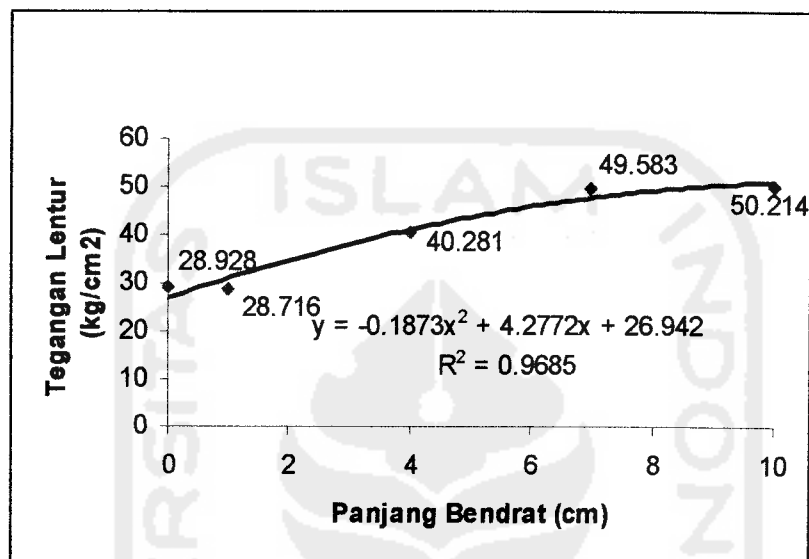
**Gambar 5.2** Data sebaran hubungan antara variasi panjang serat dengan berat volume



**Gambar 5.3** Data sebaran hubungan antara variasi panjang serat dengan tegangan desak dinding panel beton.

### 5.5 Hasil Uji Lentur Dinding Panel

Hasil uji lentur berupa data gaya tegak lurus bidang dinding panel dan defleksi pada tiga titik terpilih untuk semua benda uji lentur.



**Gambar 5.4** Data sebaran hubungan antara variasi panjang serat dengan tegangan lentur dinding panel beton.

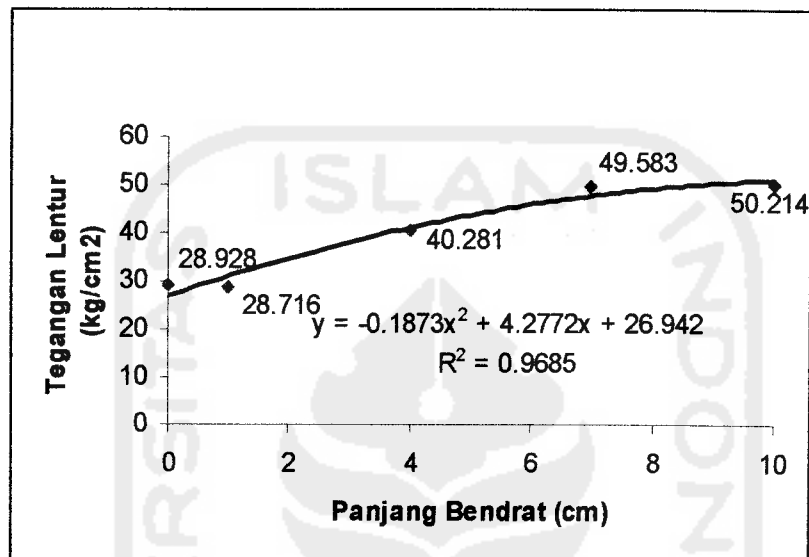
### 5.6 Pembahasan

Hasil penelitian dengan menggunakan kawat bendrat sebagai serat dengan volume serat 8% dari volume mortar dengan panjang serat 1, 4, 7 dan 10 cm, didapat bahwa terjadi peningkatan tegangan desak dan tegangan lentur dinding panel sesuai dengan peningkatan panjang serat bendrat. Sedangkan *workability* menurun sejalan peningkatan panjang serat bendrat.

*Workability* yang diukur berdasarkan nilai slump seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.2, dipengaruhi oleh volume serat dan aspek rasio serat. Penambahan

### 5.5 Hasil Uji Lentur Dinding Panel

Hasil uji lentur berupa data gaya tegak lurus bidang dinding panel dan defleksi pada tiga titik terpilih untuk semua benda uji lentur.



**Gambar 5.4** Data sebaran hubungan antara variasi panjang serat dengan tegangan lentur dinding panel beton.

### 5.6 Pembahasan

Hasil penelitian dengan menggunakan kawat bendrat sebagai serat dengan volume serat 8% dari volume mortar dengan panjang serat 1, 4, 7 dan 10 cm, didapat bahwa terjadi peningkatan tegangan desak dan tegangan lentur dinding panel sesuai dengan peningkatan panjang serat bendrat. Sedangkan *workability* menurun sejalan peningkatan panjang serat bendrat.

*Workability* yang diukur berdasarkan nilai slump seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.2, dipengaruhi oleh volume serat dan aspek rasio serat. Penambahan

panjang serat menurunkan nilai slump, persentase penurunan nilai slump mortar bendrat dengan panjang serat 10 cm lebih besar dari variasi lain untuk berat serat yang sama, hal ini disebabkan serat dengan panjang 10 cm mempunyai aspek rasio  $100/0,98 = 102,04$  yang melebihi batas aspek rasio serat ( $L_f / D_f < 100$ ). Jadi peneliti disini menyimpulkan bahwa panjang serat yang optimum dalam campuran dinding panel adalah 7 cm. Dalam proses pengadukan sebagian kecil serat mulai menggumpal yang berakibat adukan mortar sulit dikerjakan. Sehingga kami melakukan pengadukan secara manual untuk mengurangi *balling effect*.

**Tabel 5.2** Nilai slump

	Panjang Serat (cm)	Serat Bendrat 8 % Nilai Slump Sampel	
		cm	% Perubahan
1	0	7.5	-
2	1	6.5	13,33
3	4	3.7	50,67
4	7	2.5	66,67
5	10	2.5	66,67

Akibat adanya serat bendrat pada mortar menyebabkan mortar terkekang, sehingga tegangan desak akan meningkat. Hal ini dapat dilihat pada kurva polynomial rata-rata yang menunjukkan hubungan yang kuat terhadap peningkatan besar tegangan desak maupun lentur. Peningkatan tegangan dipengaruhi oleh besarnya pengekanan yang diakibatkan oleh panjang serat,

serat yang lebih panjang memberikan pengekanan lebih baik seperti pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Tegangan panel bendrat

	Panjang Serat (cm)	Serat Bendrat 8 %		Serat Bendrat 8%	
		Tegangan Desak Sampel		Tegangan Lentur Sampel	
		Desak		Lentur	
		kg/cm <sup>2</sup>	% Perubahan	kg/cm <sup>2</sup>	% Perubahan
1	0	75,672	-	28,93	-
2	1	99,131	31	28.716	- 0,73
3	4	102,65	35,7	40,281	39,25
4	7	126,389	67,02	49,583	71,40
5	10	91,718	21,2	50,214	73,58

Saat pelaksanaan pengujian, pada dinding panel tanpa serat setelah terjadi retak pertama, maka dinding panel langsung runtuh, begitu juga pada dinding panel dengan penambahan serat panjang 1 cm yang juga langsung runtuh setelah terjadi retak pertama. Ini terjadi karena lekatan antara serat dengan campuran mortar kurang baik. Sedang pada dinding panel dengan campuran panjang serat 4, 7, dan 10 cm tidak mengalami keruntuhan karena lekatan serat dengan campuran mortar sangat baik. Untuk contoh perhitungan tegangan desak dan lentur dinding panel dapat dilihat pada lampiran 3 .

**Tabel 5.4** Berat volume

	Panjang Serat (cm)	Serat Bendrat 8 % Berat		Serat Bendrat 8 % Berat	
		Volume Sampel Desak		Volume Sampel Lentur	
		$\times 10^{-3}$ kg/cm <sup>3</sup>	% Perubahan	$\times 10^{-3}$ kg/cm <sup>3</sup>	% Perubahan
1	0	2,2	0,00	2,2	-
2	1	2,37	7,73	2,3	4,55
3	4	2,28	3,64	2,14	-2,73
4	7	2,33	5,91	2,23	1,36
5	10	2,35	6,82	2,34	6,36

Penambahan panjang serat bendrat tidak diikuti oleh peningkatan berat volume sampel desak maupun lentur. Karena berat volume dinding panel tidak sama, pada Tabel 5.4 diatas menunjukkan perubahan dikarenakan ketebalan dinding panel yang tidak sama yang merupakan akibat dari pembuatan sampel yang kurang teliti.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan akhir dari penelitian dan pengolahan data yang dilakukan sebagaimana telah dibahas dalam Bab V. Disamping itu, bab ini berisi saran-saran yang terkait dengan penelitian.

#### 6.1. Kesimpulan

Pada pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah diuraikan pada Bab V, maka dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan-tujuan penelitian sebagai berikut ini.

1. Tegangan desak dinding panel beton untuk sampel non-bendrat sebesar  $75,672 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan tegangan desak dinding panel beton untuk sampel bendrat dengan panjang 1 cm, 4 cm, 7 cm, 10 cm sebesar  $99,131 \text{ kg/cm}^2$ ,  $102,65 \text{ kg/cm}^2$ ,  $126,389 \text{ kg/cm}^2$ ,  $91,718 \text{ kg/cm}^2$  dimana mengalami peningkatan sebesar 31%, 35,7%, 67,02%, dan 21,2%.
2. Tegangan desak dinding panel beton mengalami peningkatan dengan adanya penambahan panjang kawat bendrat dan mengalami peningkatan optimum pada panjang 7 cm, sedangkan pada panjang 10 cm tegangan desak dinding panel beton mengalami penurunan yang disebabkan balling effect yang menyebabkan serat bendrat menggumpal sehingga terbentuknya pori-pori yang terisi oleh udara didalam sampel, semakin panjang kawat bendrat menyebabkan semakin banyak terbentuknya pori dan menurunkan kekuatan tekan sampel.

3. Sedangkan, pada pengujian lentur dinding panel beton diperoleh tegangan lentur untuk sampel non-bendrat sebesar  $28,928 \text{ kg/cm}^2$  dan pada sampel bendrat dengan panjang 1 cm, 4 cm, 7 cm, dan 10 cm sebesar  $28,716 \text{ kg/cm}^2$ ,  $40,281 \text{ kg/cm}^2$ ,  $49,583 \text{ kg/cm}^2$ ,  $50,214 \text{ kg/cm}^2$  yang mana cenderung mengalami peningkatan sebesar  $-0,73 \%$ ,  $39,25 \%$ ,  $71,40 \%$ ,  $73,58 \%$ .
4. Pada sampel bendrat dengan panjang 7 cm mempunyai tegangan lentur yang dihasilkan adalah yang optimum dengan tegangan desak sebesar  $126,389 \text{ kg/cm}^2$  dan tegangan lentur sebesar  $49,583 \text{ kg/cm}^2$ , hal ini terjadi karena rongga udara yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan bendrat dengan panjang 10 cm. Disini terlihat bahwa kekuatan lentur sangat dipengaruhi oleh panjang bendrat.
5. Dari hasil pengujian desak dan lentur pada panel maka didapatkan sampel yang terbaik yaitu panel dengan campuran panjang bendrat 7 cm..
6. Aspek rasio serat (  $L_f/D_f$  )sangat berpengaruh pada kekuatan beton serat dibandingkan dengan beton normal.
7. Workability panel dengan serat bendrat sangat dipengaruhi oleh aspek rasio serat. Adukan mortar dengan panjang serat 10 cm (aspek rasio 102,04) lebih sulit dikerjakan dibandingkan panjang serat 1 cm (aspek rasio 10,2 )



## 6.2. Saran-saran

Saran-saran berikut ini adalah hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan.

1. Berbagai kendala dalam pengujian kuat tekuk ini ditemui. Kendala yang dimaksud adalah peletakan untuk mempertemukan as sampel dengan as alat uji, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama untuk men-*setting* sampel. Untuk penelitian selanjutnya perlu di carikan alat uji yang dapat memudahkan perletakkan sampel.
2. Mesin Molen yang dipakai dalam penelitian, terdapat sisa-sisa campuran beton yang telah mengeras di dalam molen. Sehingga campuran banyak yang tertinggal di dalam molen. Hal ini dapat diatasi dengan penambahan SF ( *Safety Factor* ).
3. Terjadi peristiwa *balling effect* untuk sample dengan ukuran panjang serat bendrat  $\geq 7$  cm, apabila pengadukan di lakukan di dalam molen. Sehingga untuk mengatasinya, pencampuran serat bendrat bisa dilakukan di luar molen.
4. Alat uji kuat tekan harus dipasang secara teliti agar dapat sentris dengan sampel mungkin tidak bisa sentris terhadap mesin uji. Bila tidak sentris maka dukungan juga bergeser. Sample harus bisa berdiri tegak sebelum dilakukan pengujian tekuk.
5. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan variasi berat yang berbeda.
6. Diperlukan adanya percobaan baru dengan peletakan dial yang lebih tepat khususnya pada pengujian desak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aboe, A. Kadir, (2004), **Pengaruh Kawat Bindrat Lurus Terhadap Kuat Tarik, Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton Serat**, Jurnal Teknisia Volume IX Nomor 2 Agustus 2004, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, Jakarta.
- Adenan, A. (2000). **Teknologi Tepat Guna untuk Dinding Tahan Gempa**, Seminar Nasional Gempa Banggai dan Pelajaran yang Diperoleh, FTSP dan LP UII Yogyakarta, Mei 2000.
- ASTM . (1992), **Manual Book of ASTM Standars**, Section Contruction, Volume 04.05, Philadelphia, USA.
- CEEDEDS (2004), **Sosialisasi Bangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa (Manual BRTSTG)**, Proyek Kerjasama CEEDEDS UII dan Pemerintah Jepang.
- Dipohusudo. I, (1994), **Struktur Beton Bertulang**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1989), **SPESIFIKASI BAHAN BANGUNAN BAGIAN A (Bahan Bangunan Bukan Logam)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum (1993), **Istilah Teknik Sipil Inggris – Indonesia**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Effendy, Yusron dan Suwarna, Edy, (1995), **Studi Eksperimental Tinjauan Beton Fiber terhadap Kuat Lentur dan Kuat Desak Beton**, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Kamarwan, Sidharta S (1995), **Mekanika Bahan Bagian dari Mekanika Teknik**, Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Mansyur, M dan Natsir, Muchlas A (Sedang Berlangsung), **Karakteristik Dinding Partisi Kawat Bendrat dengan Variasi Panjang 2 % Berat**, Proposal Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Nawy, Edward G, 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, terjemahan Bambang Suryoatmojo, Eresco, Bandung.

Pudja, Putu I, (2005). **Makalah Seminar Nasional Gempa Bumi dan Tsunami**.

Rahayu, Tanjung dan Trihandoko, M. Nur, (1996). **Pengaruh Kawat Baja Lurus dan Berkait Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Desak Beton Fiber**, Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Suhendro, Bambang (2000), **Teori Model Struktur dan Teknik Eksperimental**, Beta Offset, Jogjakarta

Supramono dan Sugiarto (1993), **STATISTIKA**, Andi Offset, Jogjakarta

Suprianto dan M.A. Muhtadin (1996). **Studi Komparasi Beton Serat Bendrat dan Serat Plastik Pada Uji Lentur**, Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik



### HASIL UJI KADAR LUMPUR DALAM PASIR

Tanggal Pengujian : 15-10-2005

No		Sampel I	Sampel II	Sampel III
1.	Berat Pasir (gram)	100	100	100
2.	Berat Cawan (gram)	159	102,5	162,5
3.	Berat Pasir + Cawan (sebelum dioven) = Bo (gram)	259	202,5	262,5
4.	Berat Pasir + Cawan (setelah dioven) = B (gram)	248,5	195,5	253
5.	Kadar Lumpur $= \frac{Bo - B}{Bo} \times 100$ %	$= \frac{259 - 248,5}{259} \times 100\%$ = 4,05 %	$= \frac{202,5 - 195,5}{202,5} \times 100\%$ = 3,46 %	$= \frac{262,5 - 253}{262,5} \times 100\%$ = 3,62 %

#### KETERANGAN

.....  
.....  
.....

#### Diperiksa Oleh :

Laboran	Tanda Tangan	Tanggal

# LAMPIRAN I

*Kartu Peserta Tugas Akhir*



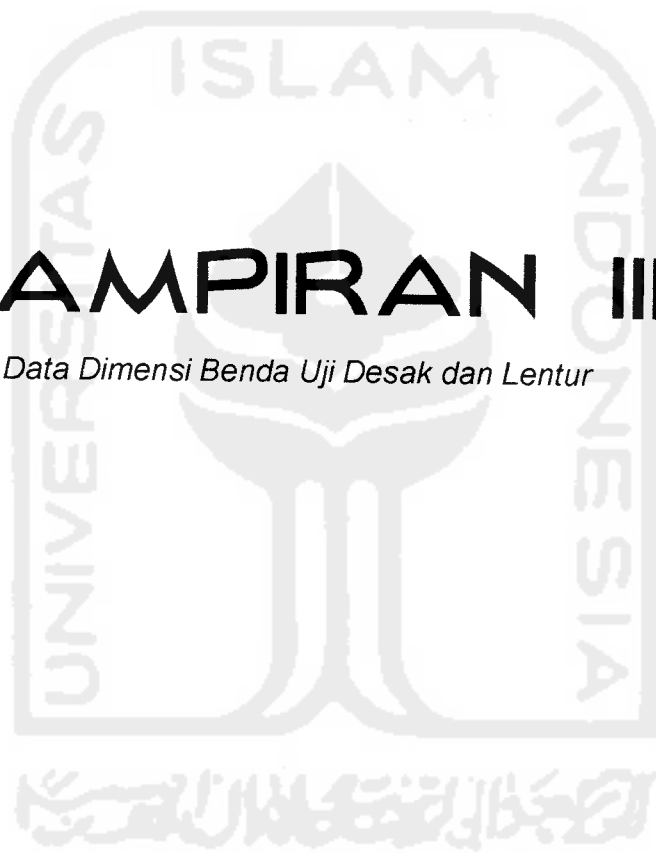
# LAMPIRAN II

*Hasil Uji Kadar Lumpur dalam Pasir*



# LAMPIRAN III

*Data Dimensi Benda Uji Desak dan Lentur*



Tabel Dimensi Sample Lentur Dinding Panel

No.	Nama Sample	Nilai Stump/ilai slump + bendrat	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A(cm <sup>2</sup> )	vol ( cm <sup>3</sup> )	berat (kg)	BV (ton/m <sup>3</sup> )	Pmax (kg)	Teg.Lentur(kg/cm)
1	L 00 00 01	7.50	52	50	3.14	157.125	8170.5	18.0	2.20	347.5	35.189
2	L 00 00 02	7.50	52	50	3.16	157.8	8205.6	17.5	2.13	282.5	28.362
3	L 00 00 03	7.50	52	50	3.18	159	8268	19.0	2.30	197.5	19.530
4	L 00 00 04	7.50	52	50	3.09	154.5	8034	17.4	2.17	300.0	31.420
5	L 00 00 05	7.50	52	50	3.16	157.75	8203	17.8	2.17	300.0	30.139
	<b>Rerata =</b>	<b>7.50</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>3.14</b>	<b>157.235</b>	<b>8176.22</b>	<b>17.94</b>	<b>2.19</b>	<b>285.5</b>	<b>28.928</b>
6	L 08 01 01	7.0	52	50	3.30	165	8580	19.2	2.24	290	26.630
7	L 08 01 02	7.0	52	50	3.25	162.375	8443.5	20.0	2.37	305	28.920
8	L 08 01 03	7.0	52	50	3.29	164.5	8554	19.1	2.23	330	30.488
9	L 08 01 04	7.0	52	50	3.67	183.5	9542	21.8	2.28	372.5	27.656
10	L 08 01 05	7.0	52	50	3.29	164.25	8541	20.0	2.34	322.5	29.885
	<b>Rerata =</b>	<b>7.0</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>3.36</b>	<b>167.925</b>	<b>8732.1</b>	<b>20.02</b>	<b>2.29</b>	<b>324</b>	<b>28.716</b>
11	L 08 04 01	7.0	52	50	3.39	169.5125	8814.65	19.3	2.19	510	44.372
12	L 08 04 02	7.0	52	50	3.30	165.155	8588.06	18.4	2.14	460	42.161
13	L 08 04 03	7.0	52	50	3.12	155.8825	8105.89	17.5	2.16	405	41.668
14	L 08 04 04	7.0	52	50	3.18	159.1	8273.2	17.1	2.07	347.5	34.321
15	L 08 04 05	7.0	52	50	3.18	158.85625	8260.525	17.5	2.12	392.5	38.884
	<b>Rerata =</b>	<b>7.0</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>3.23</b>	<b>161.70125</b>	<b>8408.465</b>	<b>17.96</b>	<b>2.14</b>	<b>423</b>	<b>40.281</b>
16	L 08 07 01	6.0	52	50	3.22	160.9375	8368.75	18.8	2.25	517.5	49.950
17	L 08 07 02	6.0	52	50	3.24	162	8424	19.4	2.30	517.5	49.297
18	L 08 07 03	6.0	52	50	3.30	165	8580	18.0	2.10	405	37.190
19	L 08 07 04	6.0	52	50	3.34	167	8684	20.6	2.37	685	61.404
20	L 08 07 05	6.0	52	50	3.16	158	8216	17.7	2.15	500	50.072
	<b>Rerata =</b>	<b>6.0</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>3.25</b>	<b>162.5875</b>	<b>8454.55</b>	<b>18.90</b>	<b>2.23</b>	<b>525</b>	<b>49.583</b>
21	L 08 10 01	7.0	52	50	3.26	162.875	8469.5	19.4	2.29	430	40.523
22	L 08 10 02	7.0	52	50	3.08	154	8008	18.7	2.34	430	45.328
23	L 08 10 03	7.0	52	50	3.28	163.75	8515	20.4	2.40	580	54.076
24	L 08 10 04	7.0	52	50	3.23	161.625	8404.5	19.4	2.31	547.5	52.397
25	L 08 10 05	7.0	52	50	3.18	159.125	8274.5	19.5	2.36	595	58.746
	<b>Rerata =</b>	<b>7.0</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>3.21</b>	<b>160.275</b>	<b>8334.3</b>	<b>19.48</b>	<b>2.34</b>	<b>517</b>	<b>50.214</b>



# LAMPIRAN IV

*Contoh Perhitungan Sampel*



## CONTOH PERHITUNGAN

### 1. DESAK

Diketahui Data Pengukuran Berat Volume Sampel D 08 04 03

Variabel	Data
Panjang ( $p$ )	50,0 cm
Lebar ( $b$ )	50,0 cm
Tebal ( $h$ )	3,60 cm
Berat Sampel ( $kg$ )	20,8 kg

Volume sampel = panjang  $\times$  lebar  $\times$  tebal sampel

$$\begin{aligned}v_{\text{sampel}} &= p \times b \times h \\ &= 50,0 \times 50,0 \times 3,60 = 9000 \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

Sesuai persamaan (3.12) maka nilai berat volume dinding panel dihitung dengan cara berikut ini.

$$BV = \frac{m}{v}$$

Data Sampel D 08 04 03

Variabel	Data
Panjang ( $p$ )	50,0 cm
Lebar ( $b$ )	50,0 cm
Tebal ( $h$ )	3,60 cm
Beban maksimum ( $P$ )	15150 Kg

Diketahui data pada tabel diatas

Luasan bidang desak = panjang  $\times$  tebal sampel

$$\begin{aligned}A_{\text{bidang tekan}} &= p \times h \\ &= 50,0 \times 3,60 = 180 \text{ cm}^2.\end{aligned}$$

# LAMPIRAN V

*Contoh Perhitungan Kebutuhan Material*



## Perhitungan Kebutuhan Material Sample :

### 1. Material Penyusun Sample

#### a. Semen

Merk : Semen Nusantara @40 kg

Bj Semen :  $3150 \text{ kg/m}^3$

#### b. Pasir

Asal : Gunung Merapi, Kaliurang, Sleman

Bj Pasir :  $2700 \text{ kg/m}^3$

#### c. Air

Asal : Lab. BKT

Bj Air :  $1000 \text{ kg/m}^3$

#### d. Kawat Bendrat

Asal : Toko Material Jl. Kaliurang km. 8

Bj Bendrat :  $7850 \text{ kg/m}^3$

Perbandingan berat ( Semen : Pasir : Air : Bendrat )

1 : 5 : 0,9 : b

$b = \text{perbandingan berat bendrat terhadap berat total campuran (semen+pasir+air)}$ .

### 2. Perhitungan

Hitungan Rencana

Volume Cetakan Desak =  $0,0075 \text{ m}^3$

Persentase kawat bendrat = 0%

- Kebutuhan Untuk 1 Cetakan

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_{tot}$$

Sama dengan;

$$\frac{m_1}{B_{j\text{semen}}} + \frac{m_2}{B_{j\text{pasir}}} + \frac{m_3}{B_{j\text{air}}} + \frac{m_4}{B_{j\text{bendrat}}} = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$\frac{1}{3150} + \frac{5}{2700} + \frac{0,9}{1000} + \frac{0}{7850} = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$(0,00032 + 0,00185 + 0,0009 + 0) \cdot x = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$0,003069 \cdot x = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$x = 2,44$$

Sehingga kebutuhan material untuk 1 buah cetakan =

Semen	:	Pasir	:	Air	:	Bendrat
( 1 x 2,44 )	:	( 5 x 2,44 )	:	( 0,9 x 2,44 )	:	( 0 x 2,44 )
2,44 Kg	:	12,22 Kg	:	2,20 Kg	:	0

Karena terdapat 5 buah sample yang akan diujikan, maka pencampuran harus homogen, sehingga dilakukan pencampuran untuk 5 sample.

Sehingga kebutuhan material untuk 5 buah cetakan =

Semen	:	Pasir	:	Air	:	Bendrat
( 2,44 x 5 )	:	( 12,22 x 5 )	:	( 2,20 x 5 )	:	0
12,22 Kg	:	61,09 Kg	:	10,10 Kg	:	0 Kg

### 3. Perhitungan

Hitungan Rencana

$$\text{Volume Cetakan Lentur} = 0,0078 \text{ m}^3$$

Persentase kawat bendrat = 0%

- Kebutuhan Untuk 1 Cetakan

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_{\text{tot}}$$

Sama dengan;

$$\frac{m_1}{B_{\text{semen}}} + \frac{m_2}{B_{\text{pasir}}} + \frac{m_3}{B_{\text{air}}} + \frac{m_4}{B_{\text{bendrat}}} = 0,0078 \text{ m}^3$$

$$\frac{1}{3150} + \frac{5}{2700} + \frac{0,9}{1000} + \frac{0}{7860} = 0,0078 \text{ m}^3$$

$$(0,00032 + 0,00185 + 0,0009 + 0) \cdot x = 0,0078 \text{ m}^3$$

$$0,003069 \cdot x = 0,0078 \text{ m}^3$$

$$x = 2,54$$

Sehingga kebutuhan material untuk 1 buah cetakan =

Semen : Pasir : Air : Bendrat

(1 x 2,54) : (5 x 2,54) : (0,9 x 2,54) : (0 x 2,54)

2,54 Kg : 12,71 Kg : 2,29 Kg : 0

Karena terdapat 5 buah sample yang akan diujikan, maka pencampuran harus homogen,

sehingga dilakukan pencampuran untuk 5 sample.

Sehingga kebutuhan material untuk 5 buah cetakan =

Semen : Pasir : Air : Bendrat

(2,54 x 5) : (12,71 x 5) : (2,29 x 5) : 0

12,71 Kg : 63,53 Kg : 11,44 Kg : 0 Kg

#### 4. Perhitungan

Hitungan Rencana

Volume Cetakan Tekan =  $0,0075 \text{ m}^3$

Persentase kawat Bendrat = 8%

Panjang = 1, 4, 7, dan 10 cm

- Kebutuhan Untuk 1 Cetakan

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_{\text{tot}}$$

Sama dengan;

$$\frac{m_1}{B_{\text{jsemen}}} + \frac{m_2}{B_{\text{jpasir}}} + \frac{m_3}{B_{\text{jair}}} + \frac{m_4}{B_{\text{j bendrat}}} = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$\frac{1}{3150} + \frac{5}{2700} + \frac{0,9}{1000} + \frac{0,552}{7860} = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$(0,00032 + 0,00185 + 0,0009 + 0,00007) \cdot x = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$0,00314 \cdot x = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$x = 2,389$$

Sehingga kebutuhan material untuk 1 buah cetakan =

Semen : Pasir : Air : Bendrat

$(1 \times 2,389)$  :  $(5 \times 2,389)$  :  $(0,9 \times 2,389)$  :  $(0,552 \times 2,389)$

2,389 Kg : 11,945 Kg : 2,150 Kg : 1,319 Kg

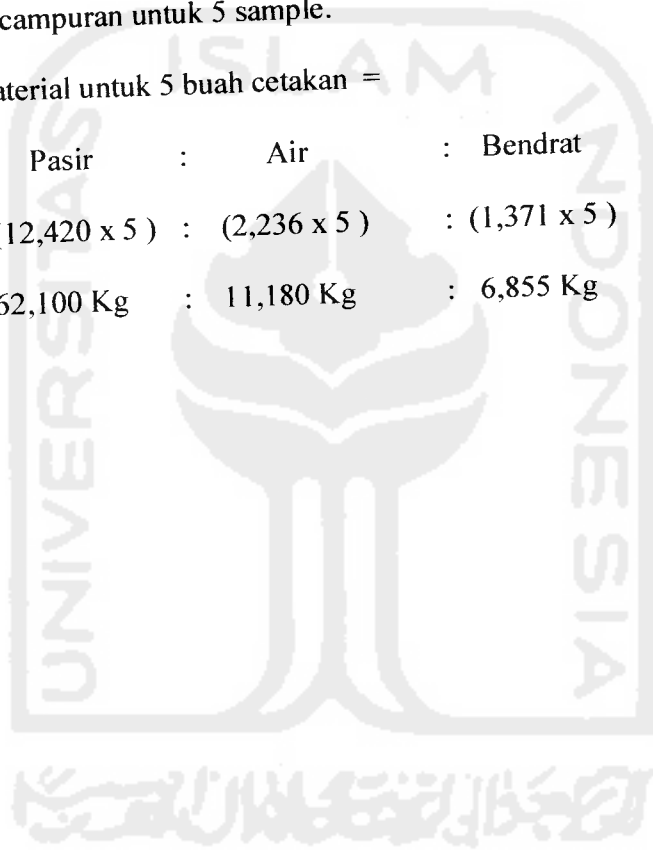
Sehingga kebutuhan material untuk 1 buah cetakan =

Semen	:	Pasir	:	Air	:	Bendrat
( 1 x 2,484 )	:	( 5 x 2,484 )	:	( 0,9 x 2,484 )	:	( 0,552 x 2,484 )
2,484 Kg	:	12,420 Kg	:	2,236 Kg	:	1,371 Kg

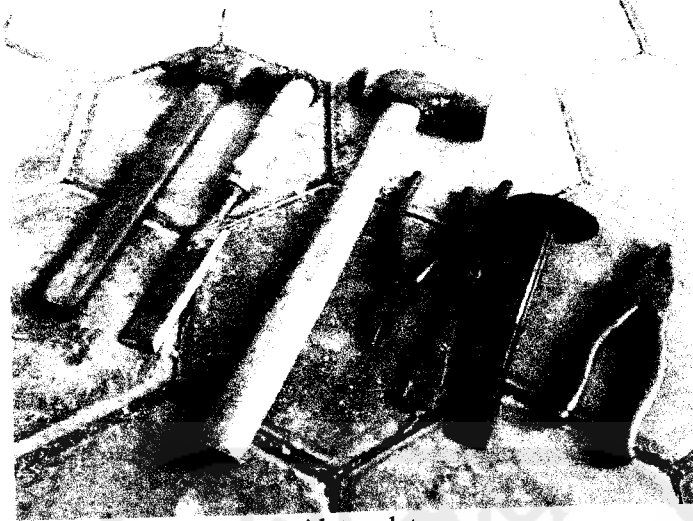
Karena terdapat 5 buah sample yang akan diujikan, maka pencampuran harus homogen, sehingga dilakukan pencampuran untuk 5 sample.

Sehingga kebutuhan material untuk 5 buah cetakan =

Semen	:	Pasir	:	Air	:	Bendrat
(2,484 x 5 )	:	(12,420 x 5 )	:	(2,236 x 5 )	:	(1,371 x 5 )
12,420 Kg	:	62,100 Kg	:	11,180 Kg	:	6,855 Kg







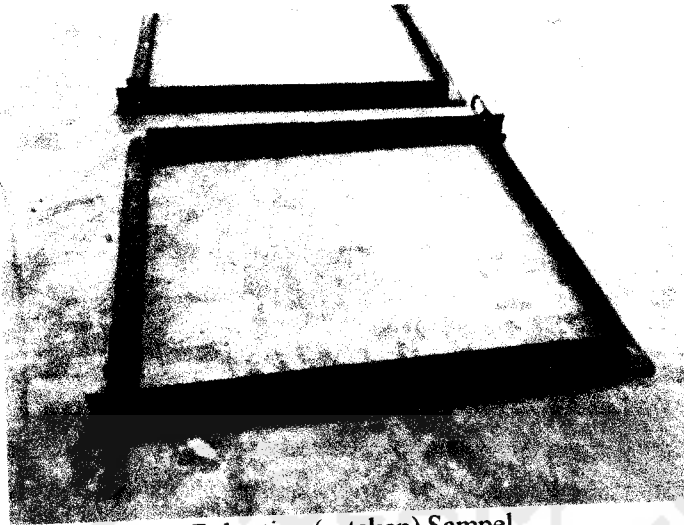
Alat – alat



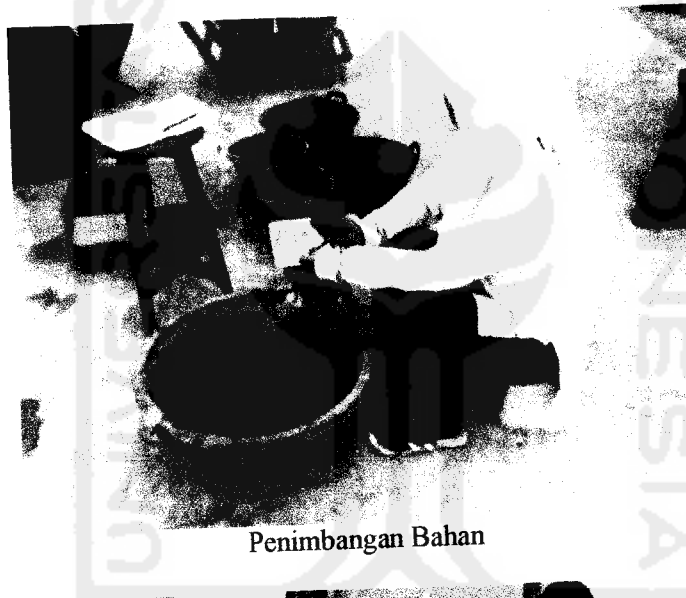
Molen



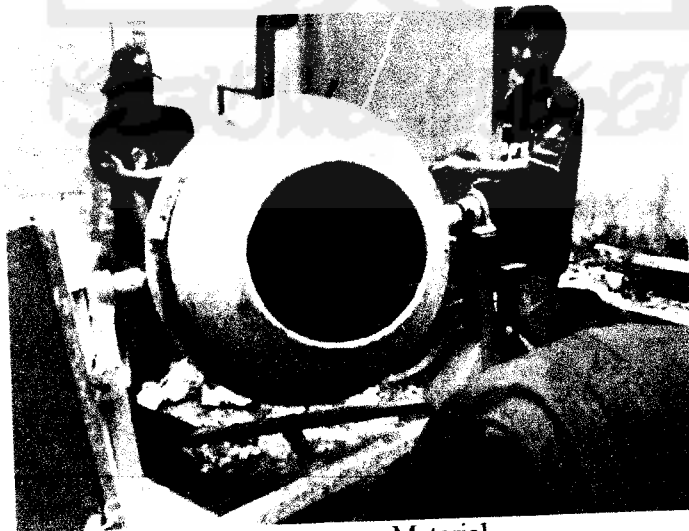
Penyaringan Pasir



Bekesting (cetakan) Sampel



Penimbangan Bahan



Penyampuran Material



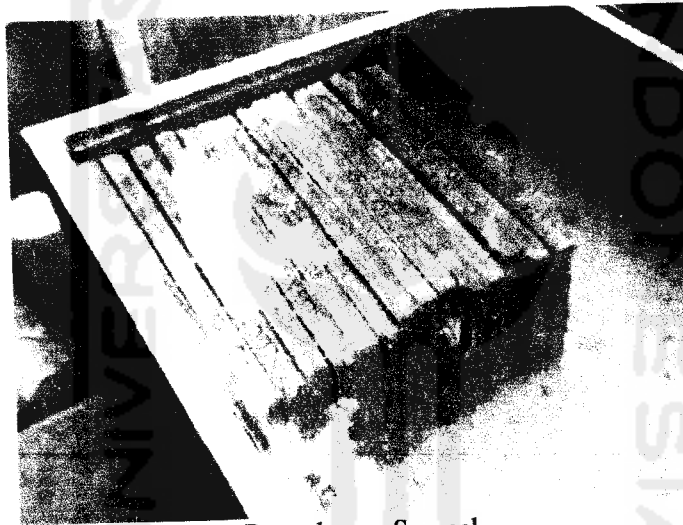
Penyampuran Kawat Bendrat



Uji Slump



Penyetakan Sampel



Perendaman Sampel



Penghalusan Sampel



Penimbangan Sampel



Pembuatan Garis Tanda

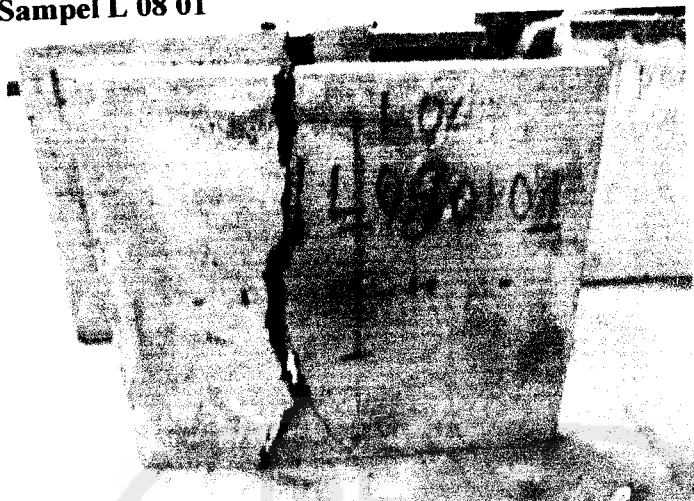


Uji Lentur

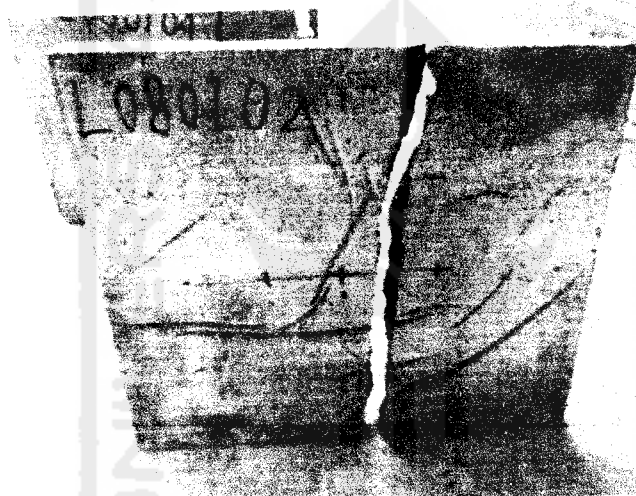


Uji Desak

Hasil Pengujian Sampel L 08 01



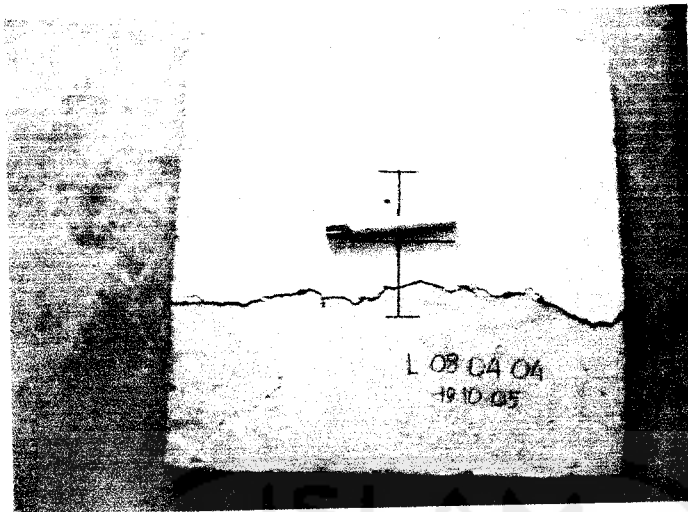
L 08 01 01



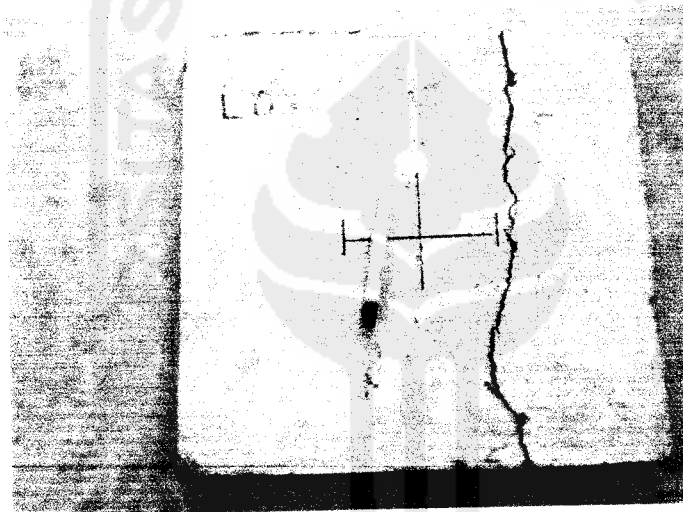
L 08 01 02



L 08 01 03



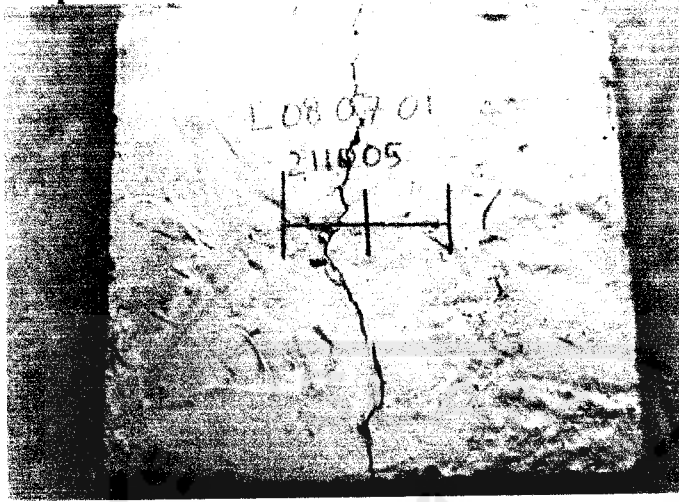
L 08 04 04



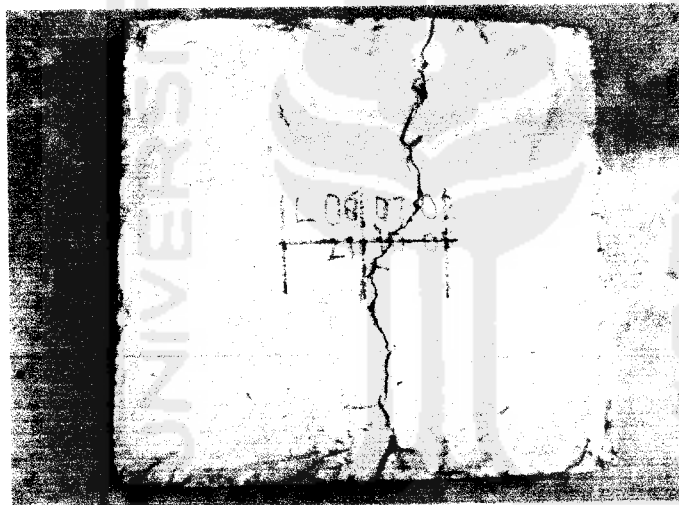
L 08 04 05



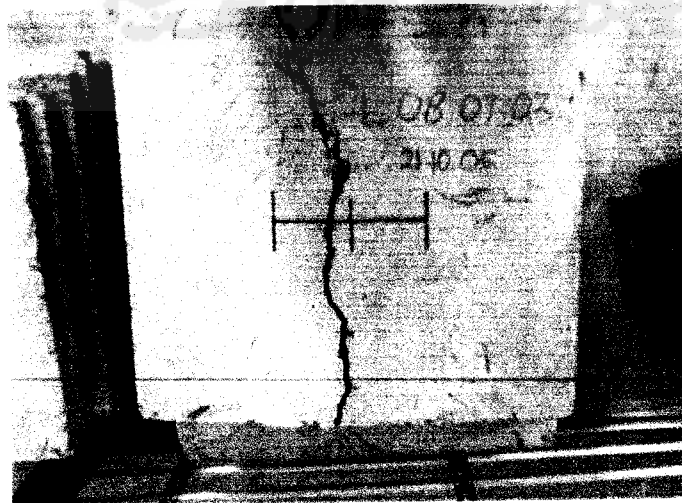
**Hasil Pengujian Sampel L 08 07**



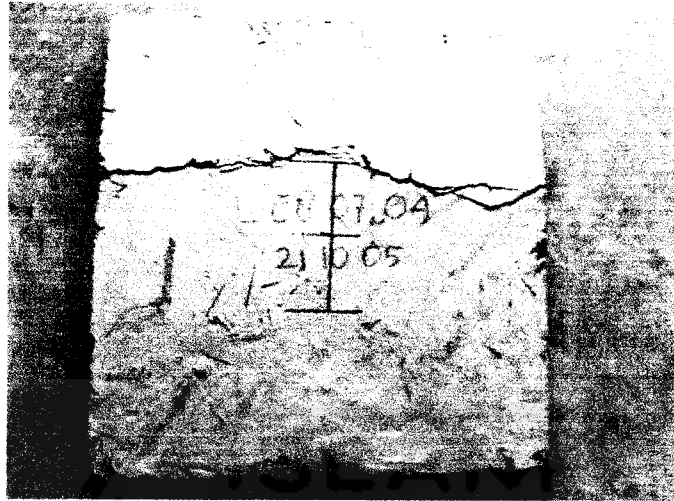
L 08 07 01



L 08 07 02



L 08 07 03

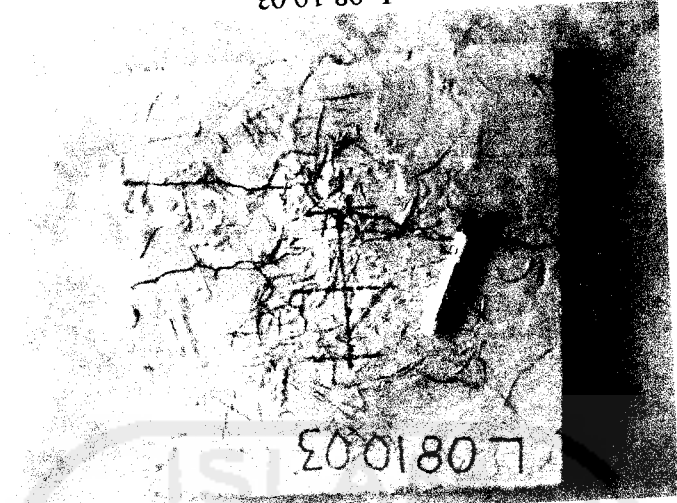


L 08 07 04

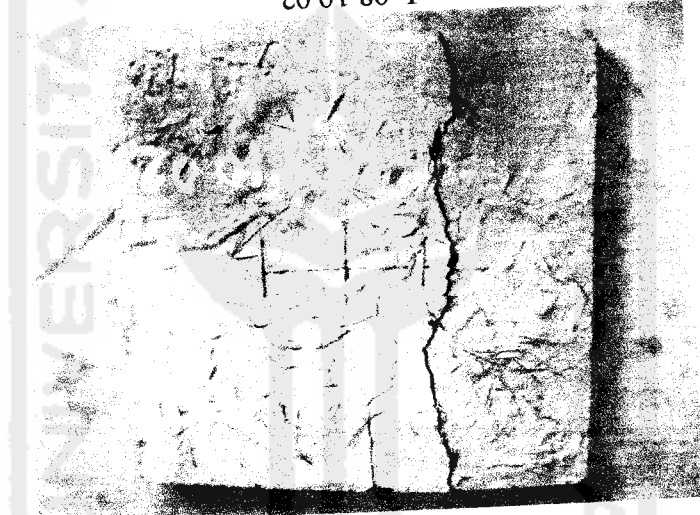


L 08 07 05

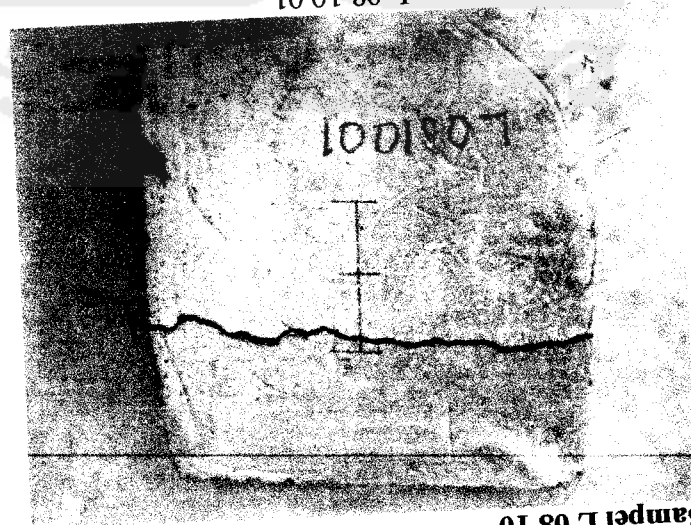
L 08 10 03



L 08 10 02



L 08 10 01



Hasil Pengujian Sampel L 08 10