

## **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), 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)

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. Menurut Sarwidi,dkk (2005), Dari pengamatan di beberapa wilayah kerusakan gempa di Indonesia, panel (dinding tipis) umumnya rusak karena gaya desak dan lenturan, bukan oleh geseran..

Kekakuan 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*). Menurut Suhendro (2000), luasan dibawah kurva tegangan-regangan menunjukkan besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan, makin besar luasan dibawah kurva, makin liat (*ductile*) bahan tersebut.

### 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 (*unifrom*) 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 : Sorusian dan Bayasi, 1987)

Berbagai macam fiber yang dapat diginuakan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik beton antarlain 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 (*abrasion*), 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* (keleccakan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan termasuk indikatornya,
- c. Masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan keleccakan yang memadai.

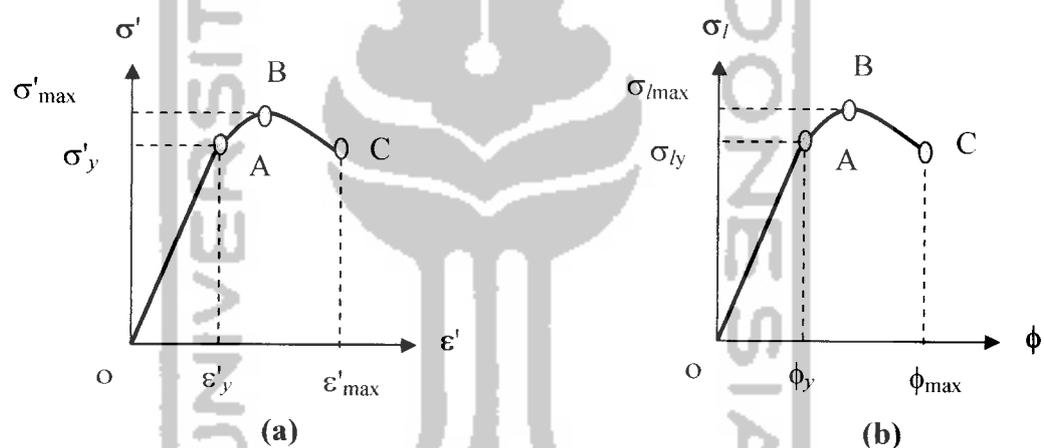
Kesemuanya sangat berbeda dengan yang kita kenal selama ini untuk beton konvensional. Disamping itu metode analisis dan perancangan berbagai elemen struktur (seperti balok, kolom, pelat dan komposit). Ataupun struktur secara keseluruhan yang menggunakan kombinasi beton fiber dengan tulangan baja, juga 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

Menurut Sarwidi, (2006), 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 tegangan desak dan regangan desak.(b) Hasil uji lentur: kurva hubungan antara tegangan lentur dan kelengkungan. (Sarwidi,dkk 2006)

Hasil pengujian desak sebuah benda uji yang diekspresikan dalam bentuk kurva hubungan antara gaya dan simpangan dapat dirubah melalui proses yang sederhana menjadi kurva hubungan antara tegangan desak  $\sigma'$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) dan regangan desak  $\epsilon'$  (tanpa satuan) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(a). Sedangkan hasil pengujian lentur sebuah benda uji dapat berupa nilai beberapa gaya pada bentangan dan defleksi di tiga titik bentangan yang dapat dirubah

menjadi kurva hubungan momen dan kelengkungan. Selanjutnya, kurva tersebut dapat dirubah melalui proses yang sederhana pula menjadi kurva hubungan tegangan lentur  $\sigma_l$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) dan kelengkungan  $\phi$  ( $1/\text{cm}$ ) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1(b).

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

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

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

dan nilai daktilitas

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

Dari Gambar 3.1(a) dapat ditentukan penyerapan energi elastis  $E_e$  dan penyerapan energi total  $E_t$ .

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

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

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

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

Menurut Sarwidi (2006) menyatakan bahwa untuk material baja, tegangan leleh dapat ditentukan dengan menarik garis sejajar OA dari regangan  $\epsilon$  sebesar 0.002

memotong kurva, sedangkan untuk material beton ditentukan  $\varepsilon$  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 material, yang meliputi:  $\sigma_{ly}$  = tegangan lentur sebanding yang dalam uji panel bendrat ini menunjukkan tegangan leleh,  $\sigma_{lmax}$  = 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  $E_e$  dan penyerapan energi total  $E_t$ .

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

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

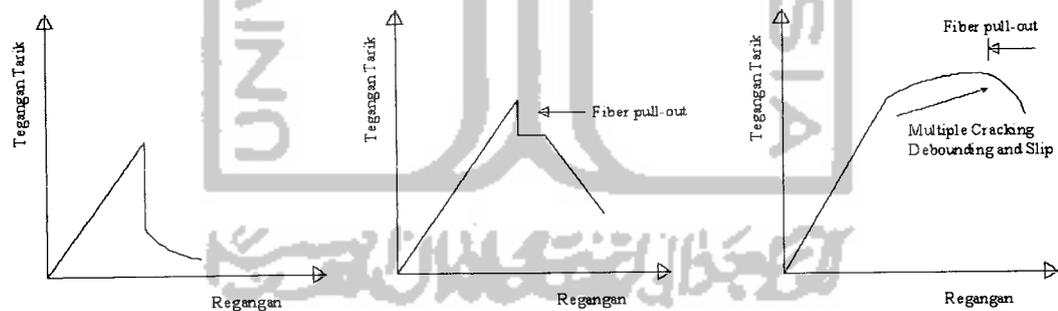
Gambaran tentang perilaku daktilitas benda uji juga dapat dilihat dari rasio perbandingan antara penyerapan energi total dengan energi elastis  $\alpha$ .

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

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

### 3.5 Beton Serat

Menurut Aboe (2004), untuk meningkatkan kelecakan (*workability*), 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.



a volume serat kecil      b volume serat sedang      c 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, walaupun 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 PUBLI 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 + piring sebelum dicuci (gram)

$B$  = Berat pasir + piring 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 04 00	7.33	36.65	6.60	0.00	5
2	L 04 00	7.62	38.12	6.86	0.00	5
3	D 04 01	12.08	60.40	10.87	3.33	5
4	L 04 01	12.56	62.81	11.31	3.47	5
5	D 04 04	12.08	60.40	10.87	3.33	5
6	L 04 04	12.56	62.81	11.31	3.47	5
8	D 04 07	12.08	60.40	10.87	3.33	5
9	L 04 07	12.56	62.81	11.31	3.47	5
10	D 04 10	12.08	60.40	10.87	3.33	5
11	L 04 10	12.56	62.81	11.31	3.47	5
Kebutuhan Total		113.52	567.61	102.17	27.20	50

### 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

Menurut Sarwidi, (2006), pengujian berat volume dinding adalah untuk mengetahui berat volume dinding tersebut. Perhitungan berat volume dinding partisi dapat dihitung dengan persamaan :

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

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

$m$  = berat dinding panel (kg)

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

### 3.9.2 Pengujian Kuat Desak

Menurut Sarwidi, (2006), pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dan perilaku benda uji dalam menahan gaya desak yang sejajar dengan bidang panel (Gambar 3.3). Dari pengujian, nilai gaya desak yang diderita oleh benda uji  $P$  dan perpendekannya  $\Delta$  dapat diketahui. Benda uji mempunyai panjang  $p = 50$  cm, lebar  $l = 50$  cm, dan tebal  $t = 3$  cm. Dengan membagi gaya desak dengan luas tampang 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:

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

$$\epsilon' = \Delta / l_0 \dots \dots \dots (3.14)$$

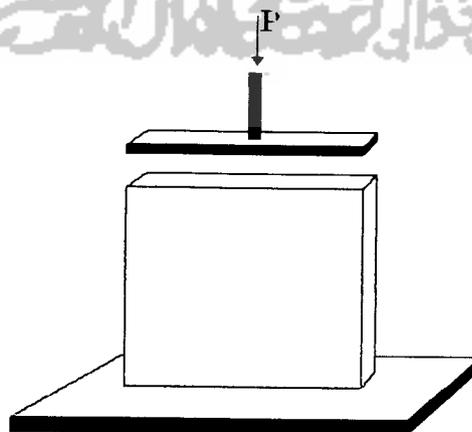
Keterangan :  $\sigma'$  = Tegangan Desak ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P$  = Beban (kg)

$\epsilon'$  = Regangan

$\Delta l$  = Perubahan Panjang (cm)

$l_0$  = Panjang Awal (cm)



**Gambar 3.3** Pengujian Kuat Desak

### 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, 2003).

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

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

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

$\varepsilon$  = regangan

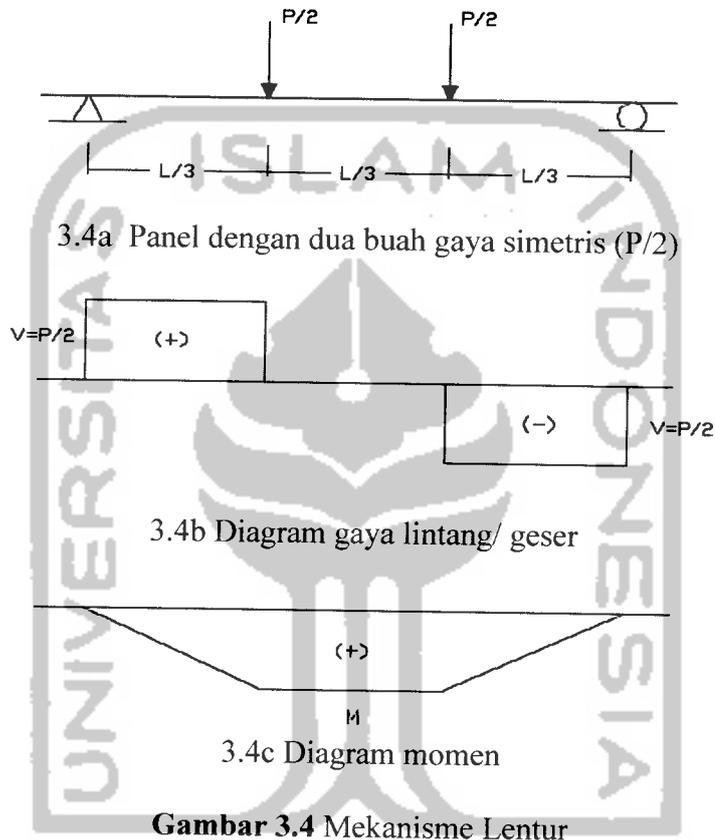
### 3.9.3 Pengujian Kuat Lentur

Menurut Effendy dan Yusron (1995), 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, 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.



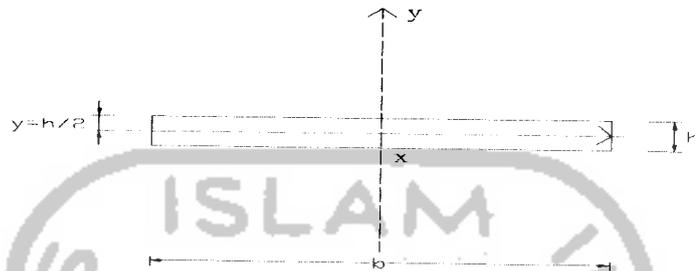
**Gambar 3.4** Mekanisme Lentur

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

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

dimana momen inersia tampang

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

dengan mensubstitusikan persamaan (3.16) dan persamaan (3.18) pada persamaan (3.17), didapatkan

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

Persamaan (3.19) dapat disederhanakan lagi menjadi persamaan (3.20)

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

dimana ,  $\sigma_{lt}$  = besar kuat lentur dinding ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P$  = beban maksimum pengujian (kg)

$l$  = jarak antara tumpuan (cm)

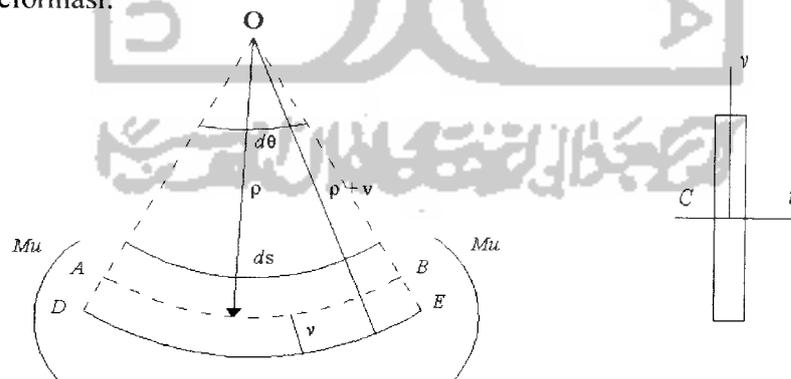
$b$  = lebar dinding (cm)

$h$  = 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 3.6 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.



a. Tampak Samping

b. Potongan Melintang

**Gambar 3.6** Deformasi segmen balok dalam lenturan

dimana :  $M_u$  = momen (kg cm)

$\epsilon_x$  = regangan

$\rho$  = jari-jari kelengkungan (cm)

$v$  = jarak antara sisi bawah ke garis netral (cm)

$d\theta$  = diferensial sudut putar

$dv$  = diferensial sudut lengkungan

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

$$\epsilon_x = \frac{M_u v}{E I_u} \dots\dots\dots(3.25)$$

substitusi persamaan 3.23 ke persamaan 3.25 akan diperoleh

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

dalam kordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan

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

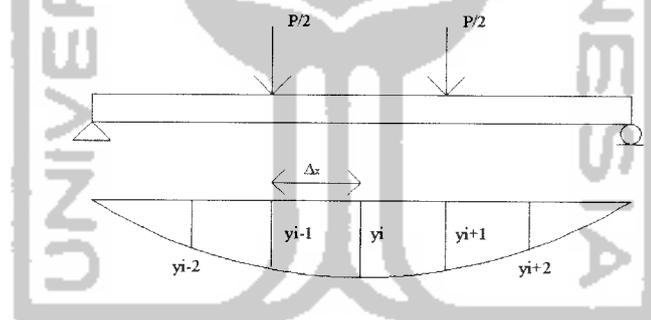
karena kemiringan  $dv/dx$  dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka

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

persamaan 3.26 disubstitusi dengan persamaan 3.27 menjadi :

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

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



**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 3.31.

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

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 3.32 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 3.34 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 3.35 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 3.4 adalah

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

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

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

### 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 Supramono (1993), nilai rerata adalah jumlah nilai-nilai dibagi dengan jumlah individu. Nilai rerata dihitung menggunakan persamaan (3.39).

$$X_{rerata} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots(3.39)$$

Keterangan:  $X_{rerata}$  = Nilai rata-rata

$\Sigma Xi$  = 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 3.40.

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(3.40)$$

$a$  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 garus 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 Desak

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 peneilitan terdahulu maka dapat ditarik hipotesis, dengan berat yang sama nilai optimum akan dicapai pada dinding dengan serat yang panjang yaitu 10 cm.

