

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 data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu ditahan sampel, defleksi pada tiap interval pembebanan, dan akhirnya didapat besarnya Tegangan (σ), Modulus Elastisitas (E) dan energi dari tiap – tiap variasi sampel benda uji.

5.2. Kuat Desak Dinding Panel

Uji kuat desak dinding panel bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat desak yang terjadi pada dinding panel tersebut. Pada pengujian desak dinding 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.

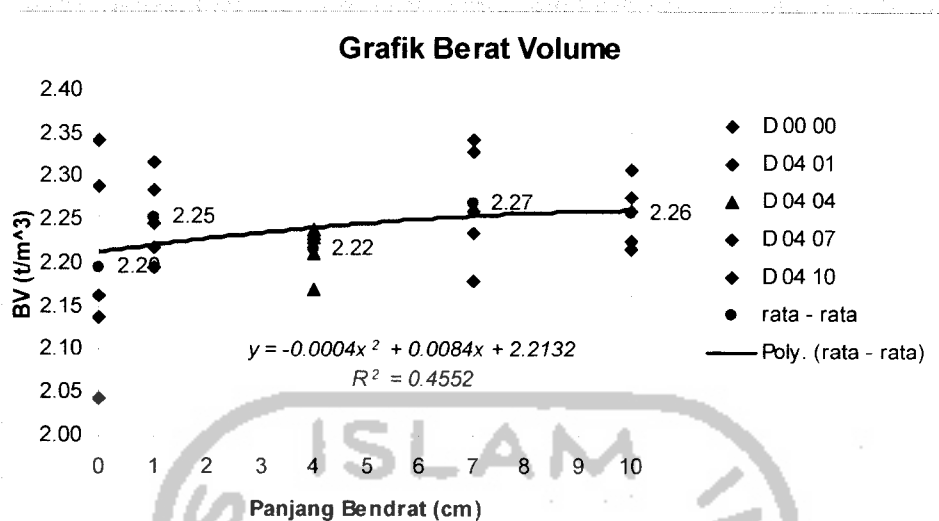
Pengujian dilakukan dengan memberi beban merata diatas sampel yaitu pembebanan dengan interval sebesar 500 kg, pada pengujian tekan dipasang dial untuk mengukur regangan desak dengan ketelitian 0.01 mm, regangan yang terjadi dicatat.

5.2.1 Pengukuran Dimensi Dinding Panel Desak

Sebelum pengujian tekan dilakukan, terlebih dahulu sampel perlu diukur dimensinya dengan menggunakan alat ukur/ meteran. Data – data hasil pengukuran sampel desak disajikan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data – Data Pengukuran Sampel Desak

No	Kode Sampel	Slump (cm)	+ Bendrat (cm)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A (cm ²)	Vol (cm ³)	Berat (kg)	BV (t/m ³)
1	D 00 00 01	7.00	-	50	50	3.09	154.63	7731.25	17.70	2.29
2	D 00 00 02	7.00	-	50	50	3.11	155.30	7765.00	16.80	2.16
3	D 00 00 03	7.00	-	50	50	3.13	156.50	7825.00	16.00	2.04
4	D 00 00 04	7.00	-	50	50	3.04	152.00	7600.00	17.80	2.34
5	D 00 00 05	7.00	-	50	50	3.11	155.25	7762.50	16.60	2.14
	Rerata			50	50	3.09	154.74	7736.75	16.98	2.20
1	D 04 01 01	7.00	6.50	50	50	3.33	166.66	8333.13	18.30	2.20
2	D 04 01 02	7.00	6.50	50	50	3.26	163.00	8150.00	18.30	2.25
3	D 04 01 03	7.00	6.50	50	50	3.33	166.38	8318.75	19.00	2.28
4	D 04 01 04	7.00	6.50	50	50	3.37	168.38	8418.75	19.50	2.32
5	D 04 01 05	7.00	6.50	50	50	3.14	156.88	7843.75	17.40	2.22
	Rerata			50	50	3.29	164.26	8212.88	18.50	2.25
1	D 04 04 01	7.00	3.70	50	50	3.32	166.00	8300.00	18.50	2.23
2	D 04 04 02	7.00	3.70	50	50	3.22	160.75	8037.50	18.00	2.24
3	D 04 04 03	7.00	3.70	50	50	3.18	159.10	7955.00	17.60	2.21
4	D 04 04 04	7.00	3.70	50	50	3.24	162.00	8100.00	18.10	2.23
5	D 04 04 05	7.00	3.70	50	50	3.24	162.20	8110.00	17.60	2.17
	Rerata			50	50	3.24	162.01	8100.50	17.96	2.22
1	D 04 07 01	7.00	2.50	50	50	3.13	156.67	7833.25	17.50	2.23
2	D 04 07 02	7.00	2.50	50	50	3.14	157.00	7850.00	17.10	2.18
3	D 04 07 03	7.00	2.50	50	50	3.28	164.00	8200.00	19.10	2.33
4	D 04 07 04	7.00	2.50	50	50	3.19	159.67	7983.25	18.70	2.34
5	D 04 07 05	7.00	2.50	50	50	3.22	161.13	8056.25	18.20	2.26
	Rerata			50	50	3.19	159.69	7984.55	18.12	2.27
1	D 04 10 01	7.00	2.50	50	50	3.19	159.38	7968.75	18.40	2.31
2	D 04 10 02	7.00	2.50	50	50	3.15	157.50	7875.00	17.80	2.26
3	D 04 10 03	7.00	2.50	50	50	3.20	159.88	7993.75	18.20	2.28
4	D 04 10 04	7.00	2.50	50	50	3.25	162.63	8131.25	18.10	2.23
5	D 04 10 05	7.00	2.50	50	50	3.12	156.13	7806.25	17.30	2.22
	Rerata			50	50	3.18	159.10	7955.00	17.96	2.26



Gambar 5.1 Grafik Berat Volume Panel Desak

5.2.3 Perhitungan Koreksi

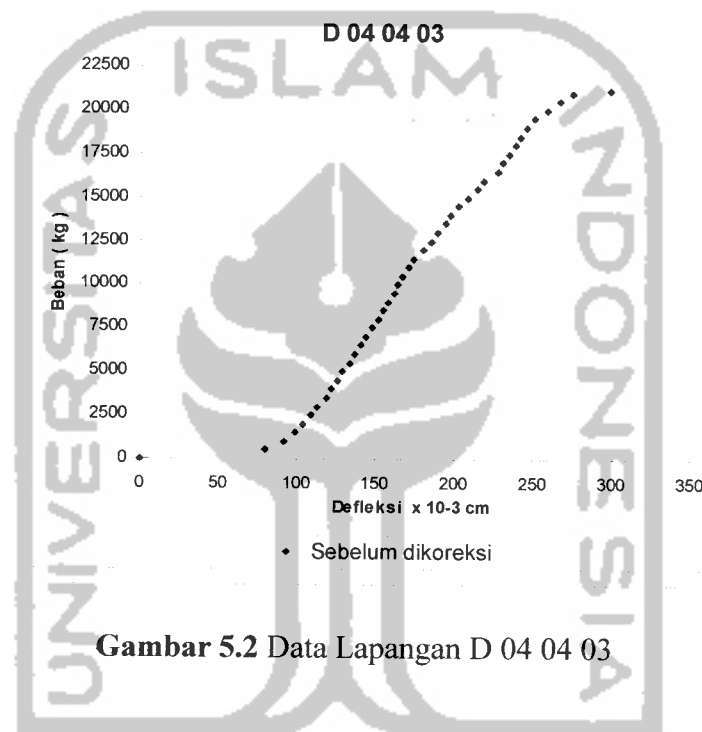
Setelah pengukuran sampel dilakukan, maka sampel di uji desak dan didapat data-data primer berupa beban dan defleksi. Dari data tersebut akan diketahui tegangan maksimum (σ_{max}), regangan maksimum (ϵ_{max}), modulus elastis (E) dan energi (A_t).

Pada pembahasan landasan teori telah dibahas mengenai perilaku karakteristik kurva hubungan antara gaya (*force*) dan simpangan (*displacement*), dimana pada keadaan awal kurva akan bersifat linier selanjutnya akan mengalami peralihan menjadi non-linier setelah itu material sampel akan kehilangan banyak kekuatannya hingga mengalami runtuh.

Pada pengujian desak, pada awal pengujian terjadi loncatan pembacaan dial, hal ini dapat dilihat dengan pembacaan awal yang jauh dari titik nol, sebelum akhirnya membentuk kurva linear, sehingga data awal yang mengalami penyimpangan, perlu dikoreksi.

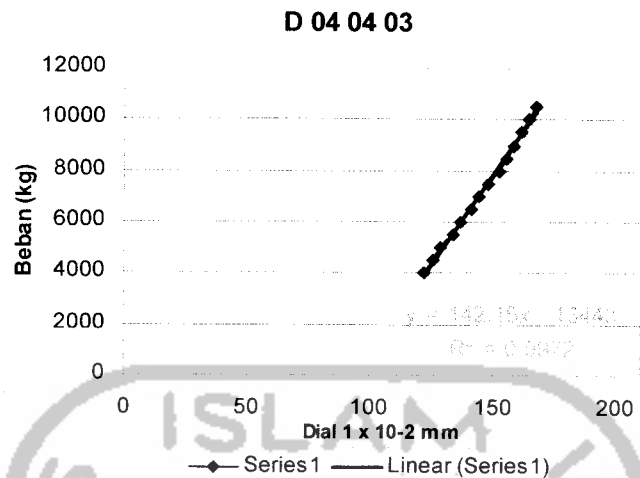
Berikut adalah contoh langkah koreksi simpangan (*displacement*) sampel D 04 04 03:

1. Gambar Kurva hubungan antara gaya (*force*) dan simpangan (*displacement*) berdasarkan data lapangan. Dari Gambar 5.2 terlihat bahwa pada beberapa titik awal kurva tidak berperilaku linier/ terjadi penyimpangan.



Gambar 5.2 Data Lapangan D 04 04 03

2. *Kenon*-linearan kurva ini perlu dikoreksi, dengan berpatokan kurva linear di atasnya, dengan menarik garis dari kurva linear sampai mengenai sumbu x. Kurva linear ini dicari dengan persamaan linear yang nilai R^2 paling mendekati nilai 1 (satu).
3. Gambar data kurva yang linier dan tentukan persamaan liniernya, berdasarkan persamaan tersebut kurva awal non-linier dikoreksi.



Gambar 5.3 Grafik Kurva Linear pada Koreksi Tahap Awal

4. Contoh perhitungan koreksi tahap awal.

Koreksi awal memperbaiki *kenon*-linearan pada awal kurva.

Koreksi awal :

$Y = \text{Beban}$; $X = \text{Defleksi}$

Persamaan linier $\rightarrow Y = 142.15X_1 - 13443$

$$X_1 = \frac{(Y+13443)}{142.15}$$

Dengan memasukan nilai Y (beban), maka nilai untuk X_1 (koreksi tahap awal dapat diketahui), adapun perhitungan koreksi awal sebagai berikut :

Pada $Y = 0$, maka, nilai untuk $X_1 = 94,57$

Pada $Y = 500$, maka, nilai untuk $X_1 = 98,09$

Pada $Y = 1000$, maka, nilai untuk $X_1 = 101,60$

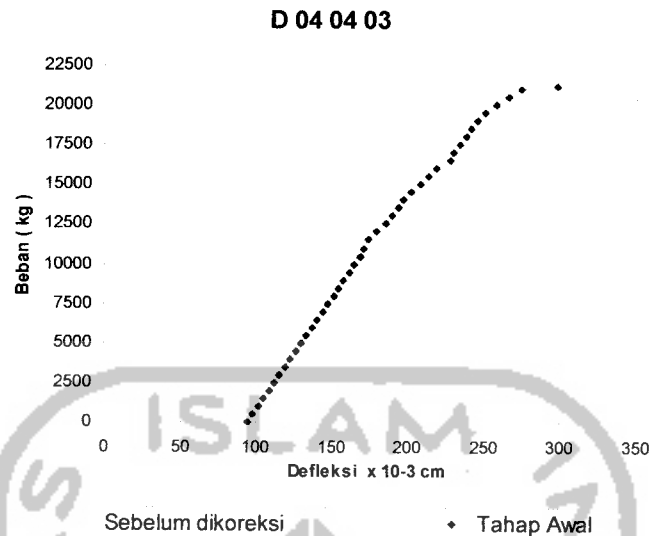
Perhitungan untuk koreksi tahap awal dihentikan ketika mencapai nilai terakhir yang diambil sebagai kurva linear yaitu pada $Y = 10500$, dengan nilai X_1

= 168,43. sedangkan untuk nilai diatas kurva linear tidak perlu dikoreksi, dikarenakan pembacaan dianggap sudah benar. Pada Tabel 5.3, kurva *non-linear* dicetak miring, untuk membedakan, dengan kurva yang linear.

Tabel 5.3 Perhitungan Koreksi Tahap Awal

Beban (kg) <i>Y</i>	Pembacaan Dial $\times 10^{-3}$ cm (<i>X₀</i>)	Tahap Awal (<i>X₁</i>)
0	0	94.57
500	80	98.09
1000	92	101.60
1500	99	105.12
2000	104	108.64
2500	109	112.16
3000	113	115.67
3500	119	119.19
4000	122	122.71
4500	125.5	126.23
5000	129	129.74
5500	134	133.26
6000	137	136.78
6500	141	140.30
7000	144	143.81
7500	148	147.33
8000	152	150.85
8500	155	154.37
9000	158	157.88
9500	161.5	161.40
10000	164	164.92
10500	167	168.43

Dari koreksi tahap awal ini maka *non-linear*an pada awal kurva dapat diperbaiki, Tabel 5.3 jika ditampilkan dalam bentuk kurva, seperti pada Gambar 5.3. terlihat nilai-nilai yang tidak linear menjadi kurva linear. Tetapi kurva ini tidak berawal dari titik 0 (nol), sehingga kurva perlu digeser sejauh jarak dari titik awal ke titik 0 (nol), menggunakan koreksi akhir



Gambar 5.3 Koreksi Tahap Awal

5. Contoh Perhitungan Koreksi Tahap Akhir

Koreksi tahap akhir ini menggeser kurva dari koreksi awal, penggeseran kurva ini sejauh jarak dari titik awal ke titik 0 (nol) yaitu sebesar 94,57.

Koreksi akhir :

$$\text{Koreksi akhir } (X_2) = \text{Koreksi awal } (X_1) - 94,57$$

Dengan memasukan nilai koreksi tahap awal, maka nilai untuk koreksi tahap akhir dapat diketahui, adapun perhitungan koreksi akhir sebagai berikut :

$$\text{Pada } X_1 = 94,57, \text{ maka, nilai untuk } X_2 = 0$$

$$\text{Pada } X_1 = 98,09, \text{ maka, nilai untuk } X_2 = 3,52$$

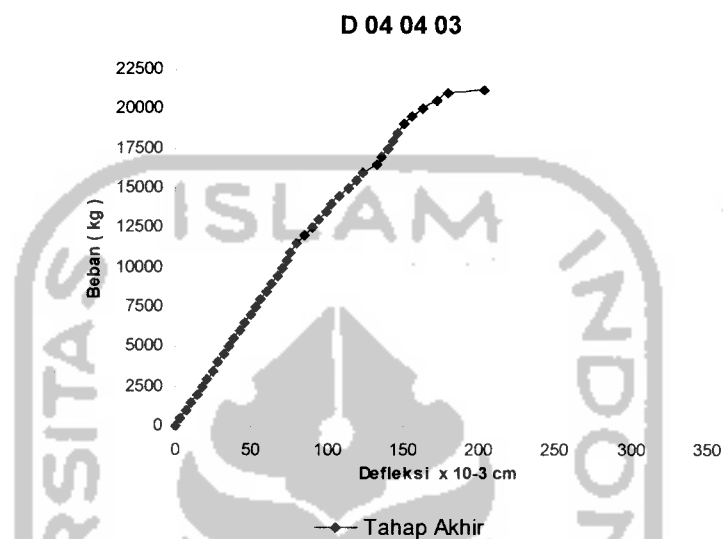
$$\text{Pada } X_1 = 101,6, \text{ maka, nilai untuk } X_2 = 7,03$$

Perhitungan untuk koreksi tahap akhir sampai dengan nilai terakhir pada kurva, yaitu pada $X_1 = 298$, dengan nilai $X_2 = 203,43$. Hasil keseluruhan dari koreksi tahap awal dan akhir dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Perhitungan Koreksi Tahap Akhir

Beban (kg) Y	Pembacaan Dial $\times 10^{-3}$ cm X_0	Tahap Awal (X_1)	Tahap Akhir (X_2)
0	0	94.57	0.00
500	80	98.09	3.52
1000	92	101.60	7.03
1500	99	105.12	10.55
2000	104	108.64	14.07
2500	109	112.16	17.59
3000	113	115.67	21.10
3500	119	119.19	24.62
4000	122	122.71	28.14
4500	125.5	126.23	31.66
5000	129	129.74	35.17
5500	134	133.26	38.69
6000	137	136.78	42.21
6500	141	140.30	45.73
7000	144	143.81	49.24
7500	148	147.33	52.76
8000	152	150.85	56.28
8500	155	154.37	59.80
9000	158	157.88	63.31
9500	161.5	161.40	66.83
10000	164	164.92	70.35
10500	167	168.43	73.87
11000	170.5	170.5	75.93
11500	174	174	79.43
12000	179.5	179.5	84.93
12500	185	185	90.43
13000	189	189	94.43
13500	194	194	99.43
14000	197	197	102.43
14500	202	202	107.43
15000	208	208	113.43
15500	213.5	213.5	118.93
16000	218	218	123.43
16500	227	227	132.43
17000	230	230	135.43
17500	234	234	139.43
18000	237.5	237.5	142.93
18500	240.5	240.5	145.93
19000	245	245	150.43
19500	250	250	155.43
20000	257.5	257.5	162.93
20500	266	266	171.43
21000	274	274	179.43
21200	298	298	203.43

4. Dari kurva ini maka ketidak linearan kurva dapat diperbaiki. Karena kurva tidak berada pada titik 0 (nol), maka kurva tersebut digeser sehingga berawal dari titik 0 (nol). Koreksi Tahap Akhir dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Koreksi Tahap Akhir

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kekuatan dinding panel kawat bendrat tersebut dalam menahan tegangan desak maksimal, dengan penambahan variasi panjang. Metode perhitungan untuk satu sampel adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5 Data Sampel D 04 04 03

Variabel	Data
Panjang (p)	50,0 cm
Lebar (b)	50,0 cm
Tebal (h)	3,18cm
Beban maksimum (P)	21200 Kg

Luasan bidang desak = panjang \times tebal sampel

$$A \text{ bidang tekan} = p \times h$$

$$= 50,0 \times 3,18 = 159,1 \text{ cm}^2.$$

Sesuai persamaan (3.13) maka besarnya kuat tekan dinding panel dihitung sebagai berikut

$$\sigma_{dsk} = \frac{P}{A} = \frac{21200}{159,1} = 133,25 \text{ kg/cm}^2$$

Berikut adalah hasil dari Pengolahan data Sampel D 04 04 03, untuk variasi yang lainnya dapat dilihat pada lampiran 2.

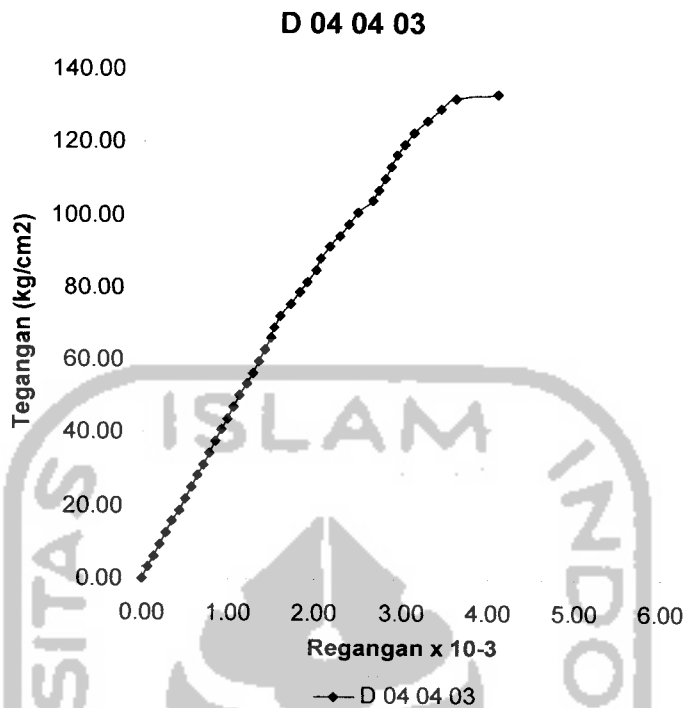
Tabel 5.6 Hasil Pengolahan Data D 04 0101

Beban (Kg)	Pembacaan		Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L / L_0$ $\times 10^{-3}$	Energi kg/cm ² $\times 10^{-3}$
	Dial (cm) $\times 10^{-3}$	Koreksi (cm) $\times 10^{-3}$			
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
500	80	3.52	3.14	0.07	1.57
1000	92	7.03	6.29	0.14	1.90
1500	99	10.55	9.43	0.21	2.46
2000	104	14.07	12.57	0.28	3.23
2500	109	17.59	15.71	0.35	4.22
3000	113	21.10	18.86	0.42	5.44
3500	119	24.62	22.00	0.49	6.88
4000	122	28.14	25.14	0.56	8.54
4500	125.5	31.66	28.28	0.63	10.41
5000	129	35.17	31.43	0.70	12.51
5500	134	38.69	34.57	0.77	14.84
6000	137	42.21	37.71	0.84	17.38
6500	141	45.73	40.85	0.91	20.14
7000	144	49.24	44.00	0.98	23.13
7500	148	52.76	47.14	1.06	26.33
8000	152	56.28	50.28	1.13	29.76
8500	155	59.80	53.43	1.20	33.41
9000	158	63.31	56.57	1.27	37.28
9500	161.5	66.83	59.71	1.34	41.37
10000	164	70.35	62.85	1.41	45.68
10500	167	73.87	66.00	1.48	50.21
11000	170.5	75.93	69.14	1.52	53.00
11500	174	79.43	72.28	1.59	57.95
12000	179.5	84.93	75.42	1.70	66.07

Tabel 5.6 Lanjutan

12500	185	90.43	78.57	1.81	74.54
13000	189	94.43	81.71	1.89	80.95
13500	194	99.43	84.85	1.99	89.28
14000	197	102.43	87.99	2.05	94.47
14500	202	107.43	91.14	2.15	103.42
15000	208	113.43	94.28	2.27	114.55
15500	213.5	118.93	97.42	2.38	125.09
16000	218	123.43	100.57	2.47	134.00
16500	227	132.43	103.71	2.65	152.39
17000	230	135.43	106.85	2.71	158.70
17500	234	139.43	109.99	2.79	167.38
18000	237.5	142.93	113.14	2.86	175.19
18500	240.5	145.93	116.28	2.92	182.07
19000	245	150.43	119.42	3.01	192.68
19500	250	155.43	122.56	3.11	204.78
20000	257.5	162.93	125.71	3.26	223.40
20500	266	171.43	128.85	3.43	245.03
21000	274	179.43	131.99	3.59	265.90
21200	298	203.43	133.25	4.07	329.56

Dari pengolahan data sampel D 04 04 03, tersebut maka dapat dibuat grafik hubungan tegangan-regangan, adapun gambar grafik dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan

Mengingat keamanan terhadap peralatan-peralatan yang dipakai saat pengujian (*dial gauge*), karena harganya mahal, maka pengamatan pengujian desak dihentikan pada saat sampel mencapai beban maksimum, dikarenakan dikhawatirkan panel yang runtuh akan menimpa *dial gauge* tersebut.

Dari grafik hubungan tegangan-regangan, yang dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai modulus elastis (E) dan Energi yang diserap (At). Contoh perhitungan untuk mendapatkan besarnya nilai modulus elastisitas (E) dan Energi yang diserap (At) untuk sampel D 04 04 03 adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$\sigma_{\max} = 133,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,4 \cdot \sigma_{\max} = \sigma_e = 53,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_e = 1,19 \times 10^{-3}$$

Penyelesaian :

$$E = \frac{\sigma_e}{\varepsilon_e} = \frac{53,29}{1,19 \times 10^{-3}} = 44,67 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

Besarnya energi total yang diserap adalah :

$$At_2 = \frac{(\sigma_2 + \sigma_1)}{2} \times (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) + A_1$$

$$At_2 = \frac{(133,25 + 131,99)}{2} \times (4,07 - 3,59) + 265,9$$

$$= 329,56 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$$

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh besaran modulus elastis (E), Energi yang diserap (At) dan Tegangan (σ') untuk tiap variasi sampel dapat dilihat pada Tabel 5.7.

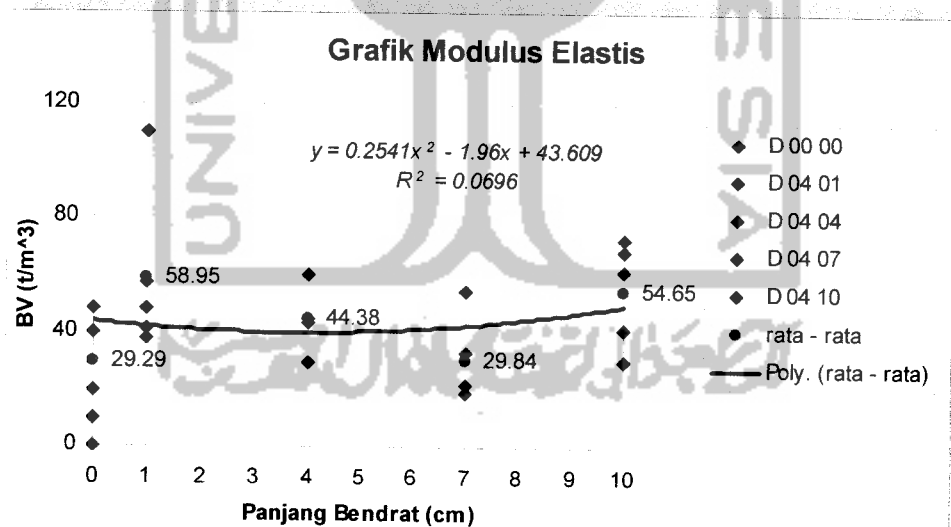
Tabel 5.7 Hasil Pengolahan Kuat Desak Dinding Panel

No	Kode Sampel	Pmax (kg)	E x 10 ³ (kg/cm ²)	At x 10 ⁻³ (kg/cm ²)	σ' (kg/cm ²)
1	D 00 00 01	15100	48.45	53.00	97.66
2	D 00 00 02	8650	9.58	178.65	55.70
3	D 00 00 03	11150	-	-	71.25
4	D 00 00 04	13200	39.78	100.20	86.84
5	D 00 00 05	8900	19.35	189.91	57.33
	Rerata	11400	29.29	130.44	73.75
1	D 04 01 01	13300	41.10	107.78	79.80
2	D 04 01 02	16200	57.11	193.15	99.39
3	D 04 01 03	15000	110.40	96.20	90.16
4	D 04 01 04	14050	48.21	122.16	83.44
5	D 04 01 05	13300	37.94	204.43	84.78
	Rerata	14370	58.95	144.75	87.51
1	D 04 04 01	19500	60.24	169.95	117.47
2	D 04 04 02	15800	44.59	227.59	98.29
3	D 04 04 03	21200	44.67	329.56	133.25

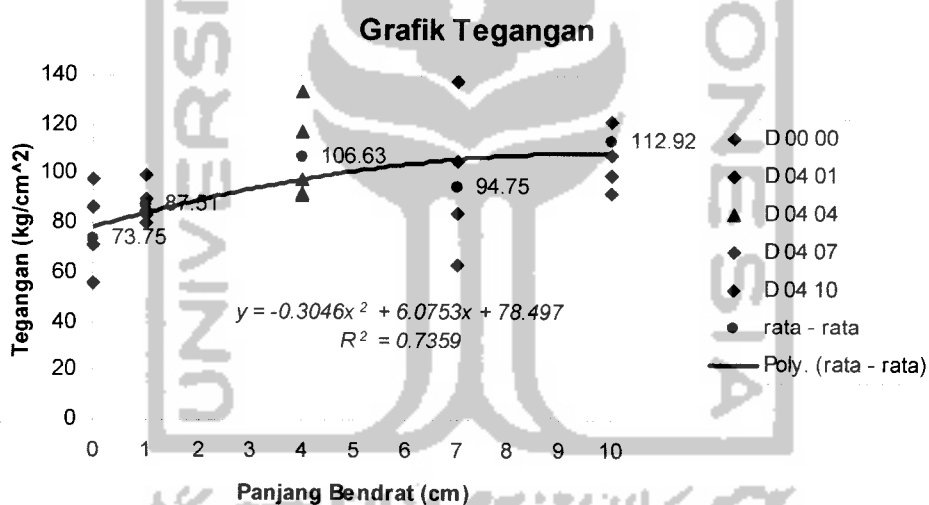
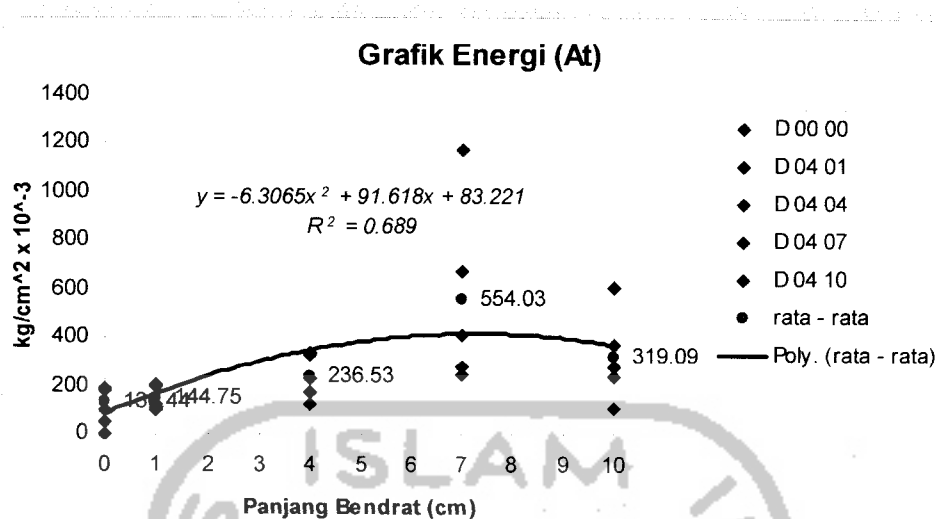
Tabel 5.7 Lanjutan

4	D 04 04 04	15000	42.95	122.68	92.59
5	D 04 04 05	14850	29.42	332.85	91.55
	Rerata	17270	44.38	236.53	106.63
1	D 04 07 01	13150	21.80	409.32	83.94
2	D 04 07 02	16500	32.59	1169.21	105.10
3	D 04 07 03	22500	54.11	280.34	137.20
4	D 04 07 04	13500	18.94	667.34	84.55
5	D 04 07 05	10150	21.79	243.92	62.99
	Rerata	15160	29.84	554.03	94.75
1	D 04 10 01	17150	61.22	278.05	107.61
2	D 04 10 02	22700	72.23	241.47	144.13
3	D 04 10 03	19350	68.08	105.90	121.03
4	D 04 10 04	15050	41.46	602.85	92.54
5	D 04 10 05	15500	30.24	367.17	99.28
	Rerata	17950	54.65	319.09	112.92

Dari Tabel 5.7 akan disajikan dalam bentuk Grafik tegangan maksimum, modulus elastis dan energi yang diserap terhadap penambahan panjang bendrat untuk masing-masing variasi.



Gambar 5.6 Grafik Modulus elastis tiap Variasi Panjang



Dari analisa data beban dan lendutan kuat tekan tiap variasi dapat diperoleh perbandingan tiap – tiap variasi dinding serat. Sebagai pembanding atau standar dinding panel serat bendrat adalah dipakai variasi I, yaitu sampel non-bendrat, dimana sampel ini tidak menggunakan penambahan kawat bendrat. Dengan menganggap nilai – nilai yang diperoleh dari analisa variasi I adalah 0 %.

Dari hasil perhitungan tersebut akan diperoleh kenaikan atau penurunan nilai kekakuan dari dinding panel serat bendrat.

Dari Gambar 5.6 terlihat bahwa sampel non bendrat nilai modulus elastisnya $29.29 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan sampel dengan panjang bendrat 1 cm, 4 cm, 7 cm dan 10 cm berturut – turut nilai modulus elastisnya $58.95 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, $44.38 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, $29.85 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, $54.65 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ sehingga terjadi peningkatan sebesar 101.26 %, 51.50 %, 1.84 % dan 86.57 %. namun penambahan panjang bendrat pada panel dinding memiliki hubungan yang lemah terhadap peningkatan nilai modulus elastis.

Dari Gambar 5.7 terlihat bahwa sampel non bendrat nilai energi serapannya $130.44 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$, sedangkan sampel dengan panjang bendrat 1 cm, 4 cm, 7 cm dan 10 cm berturut – turut nilai energi serapannya $144.75 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$, $236.53 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$, $554.03 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$, $319.09 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$ sehingga terjadi peningkatan sebesar 10.97 %, 81.33 %, 324.74 % dan 144.63 %. Sehingga dengan penambahan panjang bendrat pada panel dinding memiliki hubungan yang kuat terhadap peningkatan nilai energinya.

Dari Gambar 5.8 terlihat bahwa sampel non bendrat nilai tegangannya 73.75 kg/cm^2 , sedangkan sampel dengan panjang bendrat 1 cm, 4 cm, 7 cm dan 10 cm berturut–turut nilai tegangannya 87.51 kg/cm^2 , 106.63 kg/cm^2 , 94.75 kg/cm^2 , 112.92 kg/cm^2 sehingga terjadi peningkatan sebesar 18.66 %, 44.58 %, 28.48 % dan 53.10 %. Sehingga dengan penambahan panjang bendrat pada panel dinding untuk kuat desaknya memiliki hubungan yang kuat terhadap peningkatan besar tegangan.

Bila melihat nilai modulus elastis, energi yang diserap dan tegangan pada tiap variasi panjang, khususnya pada panjang bendrat 7 cm menyebabkan korelasi dengan variasi panjang bendrat lainnya menjadi menurun. Hal ini disebabkan pada saat sampel dengan panjang bendrat 7 cm sedang diuji, terjadi kerusakan alat uji sehingga beban yang dapat diterima sampel tidak maksimal.

Dengan hasil yang diperoleh maka, sampel dengan panjang bendrat 4 cm, merupakan sampel yang paling efektif karena disamping memiliki tegangan, modulus elastis dan energi yang relatif tinggi juga tingkat *workability*nya lebih mudah bila dibandingkan dengan sampel dengan panjang bendrat 7 dan 10 cm.

5.3. Kuat Lentur Dinding Panel

Uji kuat lentur dinding panel bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat lentur yang terjadi pada dinding panel tersebut, yang mewakili beban gempa yang tegak lurus bidang panel. Pelaksanaan uji lentur dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Pada pengujian lentur dinding 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.

Benda uji diletakan diatas dua tumpuan berjarak 50 cm, setelah diletakkan diatas tumpuan kemudian diatas sample tersebut diletakan dua beban garis setempat sehingga sample terbagi 3 bagian yang sama panjang sepanjang 16,67 cm. Pengujian dikerjakan dengan memberi beban merata diatasnya dengan

pembebanan bertahap dengan interval sebesar 25 kg, pada setiap pembebanan, pada pengujian lentur dipasang 3 buah dial dengan ketelitian 0.01 mm, yang diletakan dibawah sampel, untuk mengetahui regangan lentur dinding. Besarnya regangan dicatat.

5.3.1 Pengukuran Dimensi Dinding Panel Lentur

Sebelum pengujian lentur dilakukan, terlebih dahulu sampel perlu diukur dimensinya dengan menggunakan alat ukur/ meteran. Data – data hasil pengukuran sampel lentur disajikan dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Data – Data Pengukuran Sampel Lentur

No	Kode Sampel	Slump (cm)	+ Bendrat (cm)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A (cm ²)	Vol (cm ³)	Berat (kg)	BV (t/m ³)
1	L 00 00 01	7.50	-	52	50	3.14	157.13	8170.5	18	2.20
2	L 00 00 02	7.50	-	52	50	3.16	157.80	8205.6	17.5	2.13
3	L 00 00 03	7.50	-	52	50	3.18	159.00	8268	19	2.30
4	L 00 00 04	7.50	-	52	50	3.09	154.50	8034	17.4	2.17
5	L 00 00 05	7.50	-	52	50	3.16	157.75	8203	17.8	2.17
	Rerata			52	50	3.14	157.24	8176.22	17.94	2.19
1	L 04 01 01	7.00	6.50	52	50	3.43	171.60	8923.2	19.1	2.14
2	L 04 01 02	7.00	6.50	52	50	3.39	169.30	8803.6	17.9	2.03
3	L 04 01 03	7.00	6.50	52	50	3.13	156.50	8138	18.4	2.26
4	L 04 01 04	7.00	6.50	52	50	2.97	148.38	7715.5	19.5	2.53
5	L 04 01 05	7.00	6.50	52	50	3.47	173.38	9015.5	19.5	2.16
	Rerata			52	50	3.28	163.83	8519.16	18.88	2.23
1	L 04 04 01	7.00	5.00	52	50	3.13	156.31	8128.25	17.9	2.20
2	L 04 04 02	7.00	5.00	52	50	3.14	156.75	8151	18.4	2.26
3	L 04 04 03	7.00	5.00	52	50	3.28	163.96	8526.05	18	2.11
4	L 04 04 04	7.00	5.00	52	50	3.25	162.30	8439.6	19.3	2.29
5	L 04 04 05	7.00	5.00	52	50	3.14	157.13	8170.5	18	2.20
	Rerata			52	50	3.19	159.29	8283.08	18.32	2.21
1	L 04 07 01	6.00	2.50	52	50	3.43	171.60	8923.2	19.5	2.19
2	L 04 07 02	6.00	2.50	52	50	3.40	170.00	8840	19.1	2.16
3	L 04 07 03	6.00	2.50	52	50	3.32	165.75	8619	17.4	2.02
4	L 04 07 04	6.00	2.50	52	50	3.28	164.00	8528	18.3	2.15
5	L 04 07 05	6.00	2.50	52	50	3.45	172.35	8962.2	20	2.23

Tabel 5.8 Lanjutan

	Rerata			52	50	3.37	168.74	8774.48	18.86	2.15
1	L 04 10 01	7.00	2.50	52	50	3.22	160.94	8368.75	17.6	2.10
2	L 04 10 02	7.00	2.50	52	50	3.40	170.19	8849.75	17.5	1.98
3	L 04 10 03	7.00	2.50	52	50	3.11	155.25	8073	18.8	2.33
4	L 04 10 04	7.00	2.50	52	50	3.13	156.35	8130.2	17.6	2.16
5	L 04 10 05	7.00	2.50	52	50	3.32	166.13	8638.5	19.1	2.21
	Rerata			52	50	3.24	161.77	8412.04	18.12	2.16

5.3.2 Pengolahan Data Kuat Lentur Dinding Panel

Setelah pengukuran sampel dilakukan, maka sampel di uji lentur yang akan didapat data-data primer berupa beban dan defleksi. Dari data tersebut akan diketahui besar nilai kelengkungan (Φ), Momen (M), Tegangan Lentur (σ_t) dan energi terbatas yang diserap (Atr). Berikut akan disajikan contoh pengolahan data untuk pengujian lentur, data yang akan disajikan berikut ini adalah sampel L 04 01 05 untuk variasi yang lain dapat dilihat pada lampiran 2.

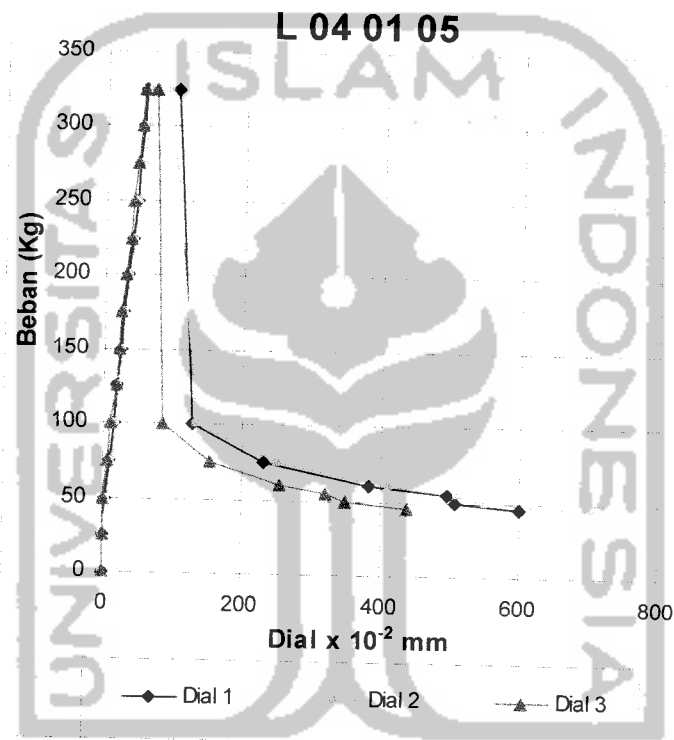
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Lentur L 04 01 05

Beban (kg)	Pembacaan		Pembacaan		Pembacaan	
	Dial 1 x 10-3 cm	Koreksi Dial 1 x 10-3 cm	Dial 2 x 10-3 cm	Koreksi Dial 2 x 10-3 cm	Dial 3 x 10-3 cm	Koreksi Dial 3 x 10-3 cm
0	0	0.00	0	0.00	0	0.00
25	0	4.86	0	4.92	0	4.66
50	4	9.73	5	9.84	1	9.33
75	10	14.59	11	14.77	6	13.99
100	15	19.45	16	19.69	10	18.65
125	18	24.32	20	24.61	16	23.31
150	23	29.18	25	29.53	20	27.98
175	27	34.04	28	32.29	24	32.64
200	33	38.91	34	38.29	30	37.30
225	37	43.77	39	43.29	34	41.96
250	42	48.63	45	49.29	38	46.63
275	47	53.50	52	56.29	44	51.29
300	52	58.36	59	63.29	48	55.95
325	56	62.49	63	67.29	52	60.61
325	100	106.49	90	94.29	70	78.03
100	127	133.49	132	136.29	84	92.03
75	232	238.49	251	255.29	152	160.03

Tabel 5.9 Lanjutan

60	383	389.49	412	416.29	255	263.03
55	496	502.49	511	515.29	322	330.03
50	508	514.49	553	557.29	350	358.03
45	600	606.49	709	713.29	440	448.03

Dari data sampel L 04 01 05, tersebut maka dapat dibuat grafik hubungan beban - lendutan, adapun gambar grafik dapat dilihat pada Gambar 5.9.

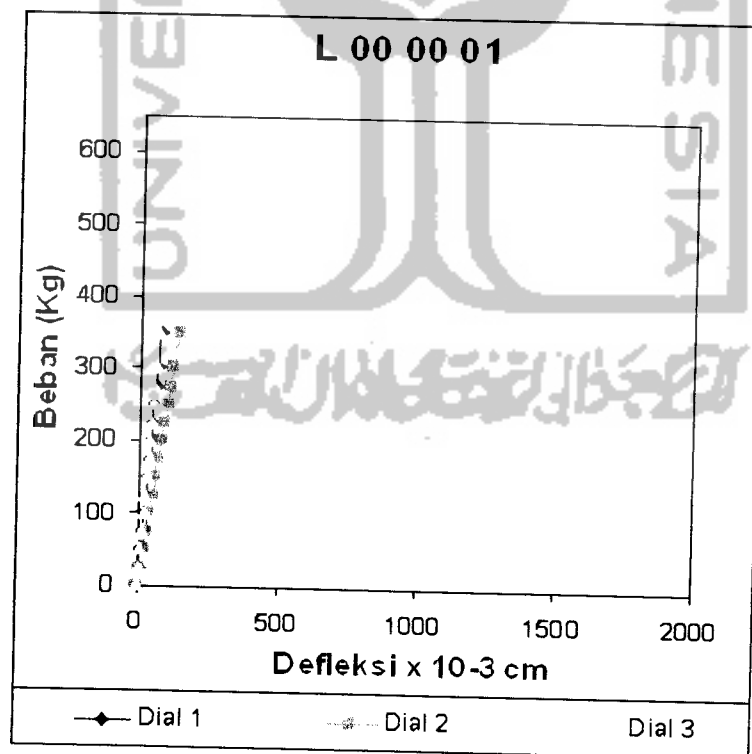


Gambar 5.9 Grafik Hubungan Beban-lendutan

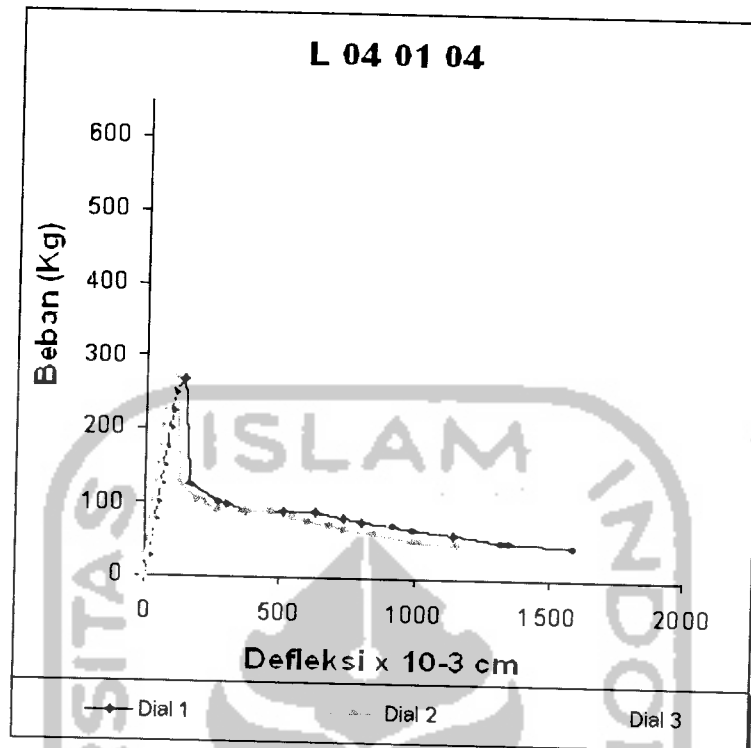
Dari Gambar 5.9 dapat terlihat bahwa dimulai dari beban 0 sampai 325 kg kurva masih tampak linier, hingga mencapai maksimum, setelah maksimum kekuatan tarik dari panel menurun drastis tetapi tidak langsung runtuh hal ini terjadi karena bendrat menambah kekuatan tarik dari panel, kemudian kurva tampak relatif datar sehingga panel runtuh dikarenakan bendrat putus atau tercabut.

Mengingat keamanan terhadap peralatan-peralatan yang dipakai saat pengujian (*dial gauge*), karena harganya mahal, maka pengamatan pengujian lentur dihentikan pada *dial gauge* mencapai pembacaan maksimum, dikarenakan dikhawatirkan panel yang runtuh akan menimpa *dial gauge* tersebut.

Pada pengujian lentur panel nonserat patah secara tiba-tiba ketika mencapai beban maksimum, sedangkan beton serat untuk panjang 1 cm ketika mencapai beban maksimum, kekuatan tarik panel akan turun dengan drastis tetapi tidak langsung runtuh, karena bendrat dengan panjang 1 cm menambah kuat tarik panel, setelah bendrat putus atau tercabut kemudian panel mengalami keruntuhan. Pembacaan grafik *non-serat* dan panjang serat 1 cm, dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11.

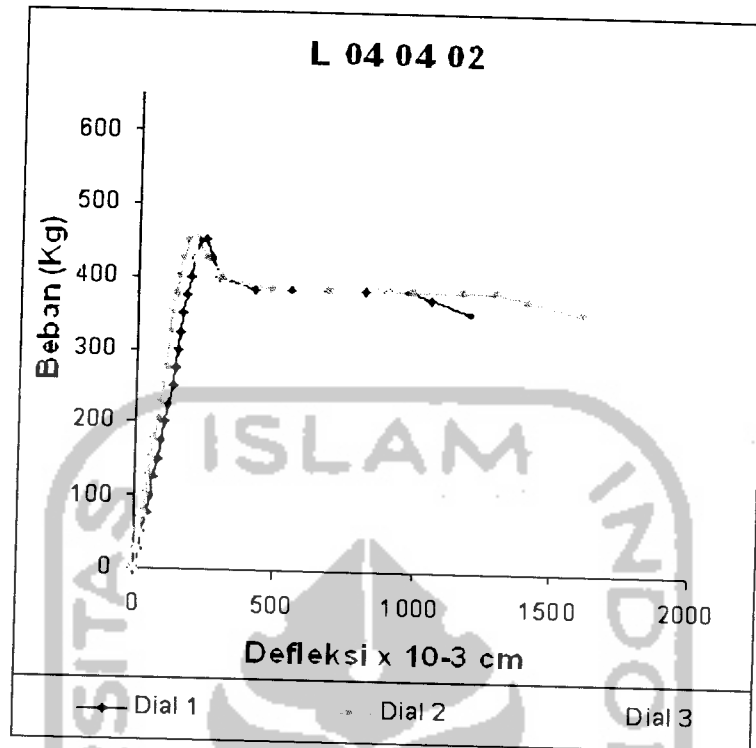


Gambar 5.10 Kurva Hubungan Beban-Lendutan L 00 00 01



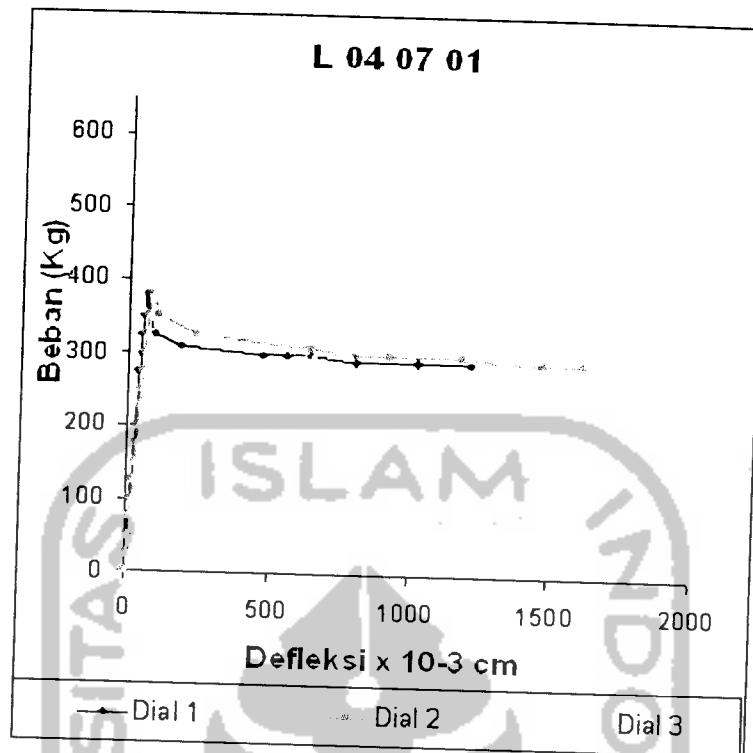
Gambar 5.11 Kurva Hubungan Beban-Lendutan L 04 01 04

Panel dengan panjang bendrat 4 cm menambah kekuatan lentur panel juga menambah daktilitas panel dengan signifikan, hal ini dapat terlihat dari Gambar 5.12, saat sampel mencapai kekuatan maksimumnya kekuatan tarik sampel hanya turun sedikit setelah itu kurva relatif datar, namun sampel tidak mengalami runtuh pada saat pengujian karena bendrat dengan panjang 4 cm telah efektif dan memiliki lekatan yang baik dengan sampel sehingga pada saat pengujian bendrat tidak putus atau tercabut.

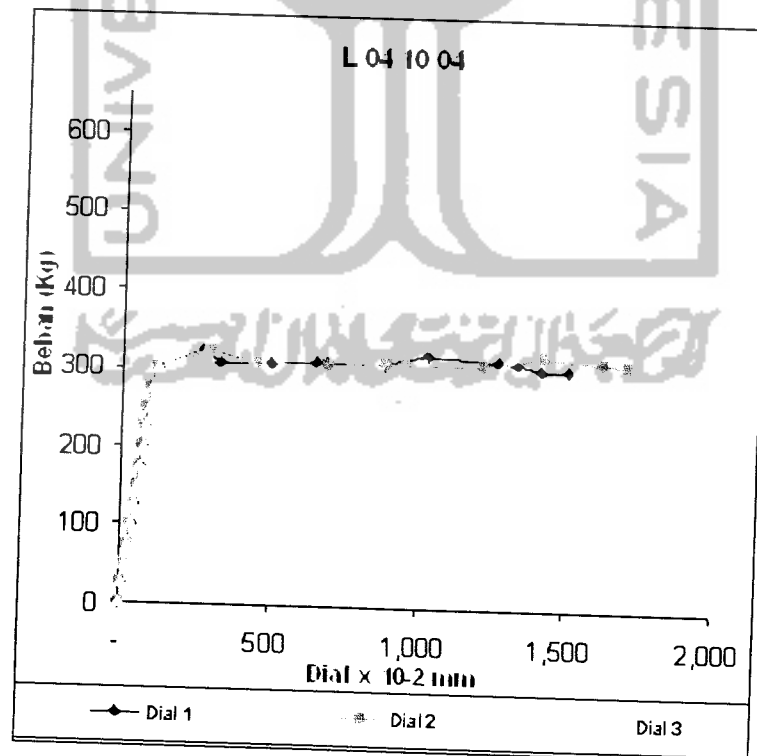


Gambar 5.12 Kurva Hubungan Beban-Lendutan L 04 04 02

Panel dengan panjang 7 dan 10 cm menambah kekuatan lentur panel tetapi tidak signifikan, hal ini disebabkan bendrat dengan panjang 7 dan 10 cm pada saat pencampuran terjadi *balling effect* sehingga akan menciptakan pori pada panel, untuk sifat daktilitasnya cenderung mirip dengan bendrat 4 cm tetapi penurunan kuat tariknya setelah kekuatan maksimum lebih kecil. Pembacaan grafik panjang serat 7 dan 10 cm, dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14.



Gambar 5.13 Kurva Hubungan Beban-Lendutan L 04 07 01



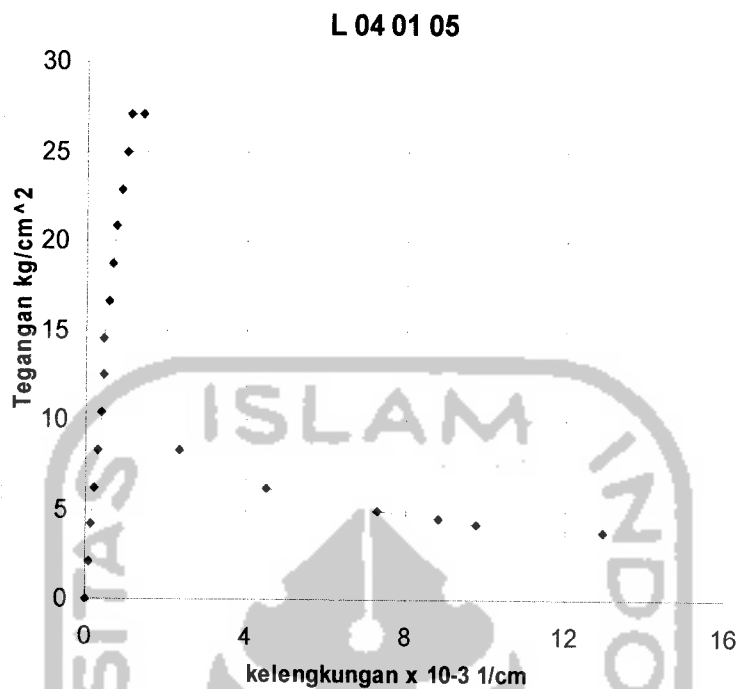
Gambar 5.14 Kurva Hubungan Beban-Lendutan L 04 10 04

Dari data Beban-defleksi tersebut akan diketahui besar nilai kelengkungan (Φ), Momen (M), Tegangan Lentur (σ_{lt}) dan energi terbatas yang diserap (Atr). Berikut akan disajikan contoh pengolahan data untuk pengujian lentur, data yang akan disajikan berikut ini adalah sampel L 04 01 05, untuk variasi yang lain dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 5.11 Hasil Pengolahan Lentur L 04 01 05

Beban (kg)	Pembacaan			Momen (1/6).P.L kg.cm	σ_{lt} (kg/cm ²)	Kelengkungan Φ $\times 10^{-3}$ 1/cm
	Dial 1 $\times 10^{-3}$ cm	Dial 2 $\times 10^{-3}$ cm	Dial 3 $\times 10^{-3}$ cm			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	4.86	4.92	4.66	208.33	2.08	0.07
50	9.73	9.84	9.33	416.67	4.16	0.15
75	14.59	14.77	13.99	625.00	6.24	0.22
100	19.45	19.69	18.65	833.33	8.32	0.29
125	24.32	24.61	23.31	1041.67	10.40	0.37
150	29.18	29.53	27.98	1250.00	12.48	0.44
175	34.04	32.29	32.64	1458.33	14.55	0.45
200	38.91	38.29	37.30	1666.67	16.63	0.55
225	43.77	43.29	41.96	1875.00	18.71	0.63
250	48.63	49.29	46.63	2083.33	20.79	0.73
275	53.50	56.29	51.29	2291.67	22.87	0.87
300	58.36	63.29	55.95	2500.00	24.95	1.00
325	62.49	67.29	60.61	2708.33	27.03	1.05
325	106.49	94.29	78.03	2708.33	27.03	1.39
100	133.49	136.29	92.03	833.33	8.32	2.30
75	238.49	255.29	160.03	625.00	6.24	4.48
60	389.49	416.29	263.03	500.00	4.99	7.29
55	502.49	515.29	330.03	458.33	4.57	8.85
50	514.49	557.29	358.03	416.67	4.16	9.77
45	606.49	713.29	448.03	375.00	3.74	12.95

Dari pengolahan data sampel L 04 01 05, maka dapat dibuat grafik hubungan tegangan-kelengkungan, adapun gambar grafik dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Tegangan-Kelengkungan

Berikut adalah contoh perhitungan momen, tegangan, kelengkungan dan energi untuk sampel L 04 01 05.

Diketahui :

$$P_{\max} = 325 \text{ kg}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$h = 3.47 \text{ cm}$$

$$\Delta x (\text{jarak antar dial}) = (1/3) \times (1/2) \times 50 \text{ cm} = 8.333 \text{ cm}$$

pembacaan dial saat max :

$$\text{Dial 1} = y_1 = 62,49 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\text{Dial 2} = y_2 = 67,29 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\text{Dial 3} = y_3 = 60,61 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

penyelesaian :

a. Momen

$$M = 1/6 \cdot P L$$

$$M = 1/6 \times 325 \text{ kg} \times 50 \text{ cm} = 2708,333 \text{ kg.cm}$$

b. Tegangan

$$I_x = (1/12) \cdot b \cdot h^3$$

$$= (1/12) \times 50 \times 3,47^3 = 174,09 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot h/2}{I_x} = \frac{2708,333 \times 3,47/2}{174,09} = 27,03 \text{ kg/cm}^2$$

a. Kelengkungan

$$\Phi = \frac{(2 \cdot y_2 - (y_1 + y_3)/2)}{\Delta x^2}$$

$$= \frac{(2 \cdot 67,29 - (67,29 + 60,61)/2)}{8,333^2} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ 1/cm}$$

d. Energi (At)

Besarnya energi yang diserap pada saat tegangan maximum adalah :

$$At_2 = \frac{(\sigma_2 + \sigma_1)}{2} \times (\Phi_2 - \Phi_1) + A_1$$

$$At_2 = \frac{(27,03 + 24,95)}{2} \times (1,05 - 1,00) + 13,985$$

$$= 15,34 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$$

Dalam hal ini, untuk Pengujian lentur pada sampel non bendrat dan panjang 1 cm terjadi keruntuhan namun untuk sampel dengan panjang bendrat 4, 7 dan 10 cm tidak terjadi keruntuhan hal ini karena tidak putus atau tercabutnya bendrat, untuk membandingkan energi antar variasi diperlukan nilai pembatas

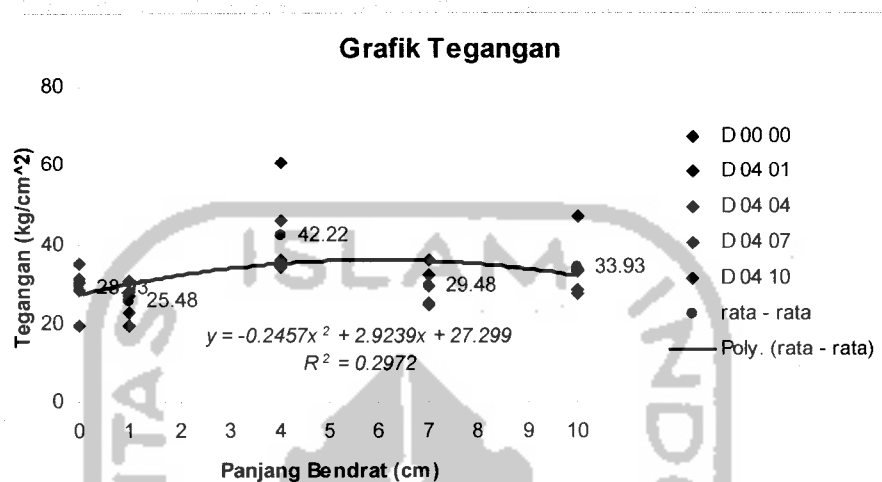
yang melingkupi semua variasi sampel bendrat sehingga energinya adalah energi terbatas (Atr), dalam hal ini digunakan nilai kelengkungan 0,008 karena dapat mencakup semua variasi sampel bendrat.

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh besaran perhitungan momen, tegangan, kelengkungan dan energi terbatas untuk tiap variasi sampel, yang dapat dilihat pada Tabel 5.12.

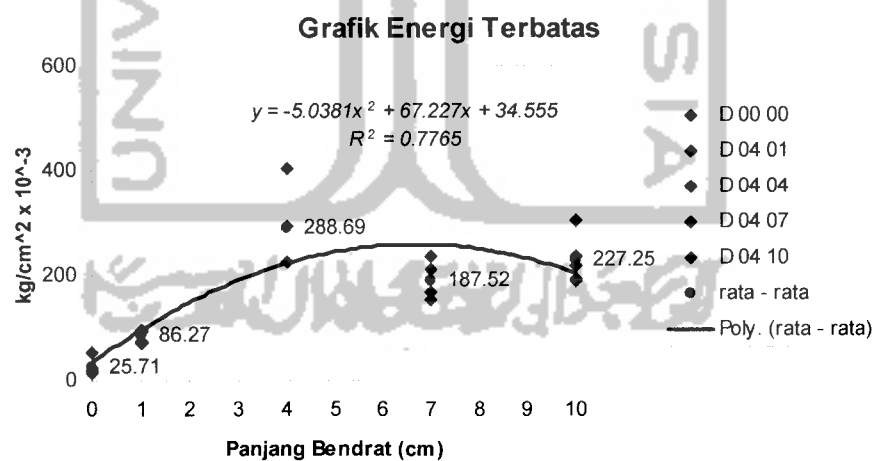
Tabel 5.12 Hasil Pengolahan Kuat Lentur Dinding Panel

No	Kode Sampel	Pmax (kg)	M max (1/6).P.L (kg.cm)	Ix cm ⁴	σlt kg/cm ²	Atr x 10 ⁻³ kg/cm ³	Ay x 10 ⁻³ kg/cm ³	Rasio Atr/Ay
1	L 00 00 01	347.5	2895.83	129.30	35.19	52.66	52.66	1.00
2	L 00 00 02	282.5	2354.17	130.98	28.36	13.05	13.05	1.00
3	L 00 00 03	197.5	1645.83	133.99	19.53	17.61	17.61	1.00
4	L 00 00 04	300	2500.00	122.93	31.42	20.53	20.53	1.00
5	L 00 00 05	300	2500.00	130.85	30.14	24.68	24.68	1.00
	Rerata	285.5	2379.17	129.61	28.93	25.71	25.71	1.00
1	L 04 01 01	267.5	2229.17	168.43	22.71	98.12	13.30	7.38
2	L 04 01 02	220	1833.33	161.75	19.19	91.55	10.53	8.69
3	L 04 01 03	272.5	2270.83	127.77	27.81	70.26	6.52	10.78
4	L 04 01 04	270	2250.00	108.88	30.66	95.83	10.67	8.98
5	L 04 01 05	325	2708.33	173.72	27.03	75.59	13.99	5.41
	Rerata	271	2258.33	148.11	25.48	86.27	11.00	8.25
1	L 04 04 01	351	2925.00	127.31	35.91	225.40	23.28	9.68
2	L 04 04 02	452.5	3770.83	128.38	46.04	294.34	47.85	6.15
3	L 04 04 03	365	3041.67	146.93	33.94	225.89	17.56	12.86
4	L 04 04 04	637.5	5312.50	142.51	60.50	403.47	56.31	7.17
5	L 04 04 05	342.5	2854.17	129.30	34.68	294.34	13.99	21.05
	Rerata	429.7	3580.83	134.89	42.22	288.69	31.80	11.38
1	L 04 07 01	380	3166.67	168.43	32.26	211.97	17.40	12.18
2	L 04 07 02	290	2416.67	163.77	25.09	154.14	15.05	10.25
3	L 04 07 03	270	2250.00	151.79	24.57	166.08	9.12	18.21
4	L 04 07 04	315	2625.00	147.03	29.28	168.97	19.96	8.47
5	L 04 07 05	430	3583.33	170.65	36.19	236.45	20.34	11.62
	Rerata	337	2808.33	160.33	29.48	187.52	16.37	12.14
1	L 04 10 01	485	4041.67	138.95	46.81	302.67	5.05	59.88
2	L 04 10 02	390	3250.00	164.31	33.66	219.36	12.91	16.99
3	L 04 10 03	275	2291.67	124.73	28.52	187.80	8.89	21.13
4	L 04 10 04	325	2708.33	127.40	33.24	234.39	13.86	16.91
5	L 04 10 05	302.5	2520.83	152.82	27.40	192.02	16.65	11.54
	Rerata	355.5	2962.50	141.64	33.93	227.25	11.47	25.29

Dari Tabel 5.12 akan disajikan dalam bentuk Grafik tegangan maksimum dan energi yang diserap terhadap penambahan panjang bendrat untuk masing-masing variasi.



Gambar 5.16 Grafik Tegangan tiap Variasi Panjang



Gambar 5.17 Grafik Energi terbatas tiap Variasi Panjang

Dari Gambar 5.16 terlihat bahwa sampel *non*-bendrat nilai tegangan lenturnya 28.93 kg/cm², sedangkan sampel dengan panjang bendrat 1, 4, 7 dan 10

cm berturut-turut nilai tegangan lenturnya 25.48 kg/cm^2 , 42.22 kg/cm^2 , 29.48 kg/cm^2 , dan 33.93 kg/cm^2 bila dalam % sebesar -11.92% , 45.94% , 1.90% dan 17.28% . Sehingga dengan penambahan panjang bendrat pada panel dinding untuk kuat lenturnya memiliki hubungan yang lemah terhadap peningkatan besar tegangan hal ini disebabkan untuk panjang 7 dan 10 cm telah terjadi *balling effect*.

Dari Gambar 5.17 terlihat bahwa sampel *non*-bendrat besar energi yang diserap adalah $25,71 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$, sedangkan sampel dengan panjang bendrat 1, 4, 7 dan 10 cm energinya adalah energi yang terbatas namun terjadi peningkatan yang signifikan sebesar $86,27 \text{ kg/cm}^3$, $288,69 \text{ kg/cm}^3$, $187,52 \text{ kg/cm}^3$ dan $227,25 \text{ kg/cm}^3$ bila dalam % sebesar $235,61 \%$, $1023,05 \%$, $625,49 \%$, dan $784,04 \%$. Sehingga dengan penambahan panjang bendrat pada panel dinding untuk uji kuat lenturnya memiliki hubungan yang kuat terhadap peningkatan besar energi yang diserap, hal ini banyak dipengaruhi oleh peningkatan tegangan dan daktilitas panel dengan campuran bendrat.