

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Bahan

##### 4.1.1 Tulangan Bambu

Tulangan bambu berasal dari bambu apus yang ada dipasaran. Bambu dibelah dengan ukuran 0,6 cm x 0,6 cm sepanjang 40 cm dan 75 cm. Tulangan bambu disusun membentuk grid, pada tulangan yang saling berpotongan diikat dengan kawat agar terikat dengan kuat. Kemudian bambu dilapisi dengan cat untuk menutupi permukaan luar sehingga bambu menjadi kedap air. Setelah cat mengering, bambu dicat sekali lagi kemudian ditaburi pasir pada permukaan tulangan bambu. Pasir yang menempel di permukaan bambu membuat tulangan bambu menjadi kasar sehingga bidang lekat spesi terhadap bambu semakin luas dan tidak terjadi slip.

##### 4.1.2 Spesi

Semen yang digunakan adalah semen Gresik tipe I. Keadaan semen harus baik yaitu tidak mengeras (tidak terjadi gumpalan-gumpalan). Agregat yang digunakan adalah pasir halus yang ada dipasaran dengan syarat butiran kurang dari 4,75 mm sehingga tidak perlu diadakan penelitian. Dengan menggunakan perbandingan campuran semen pasir 1:3 dan faktor air semen 0,5.

##### 4.1.3 Busa Lerak

Buah lerak yang telah direndam air panas diperas sehingga menghasilkan sari lerak. Sari lerak dicampur dengan air panas dengan perbandingan 1:5 akan menghasilkan busa lerak sebanyak 10 kali lipat campuran air panas dan sari lerak. Busa lerak ini yang dicampurkan ke dalam spesi.

##### 4.1.4 Air

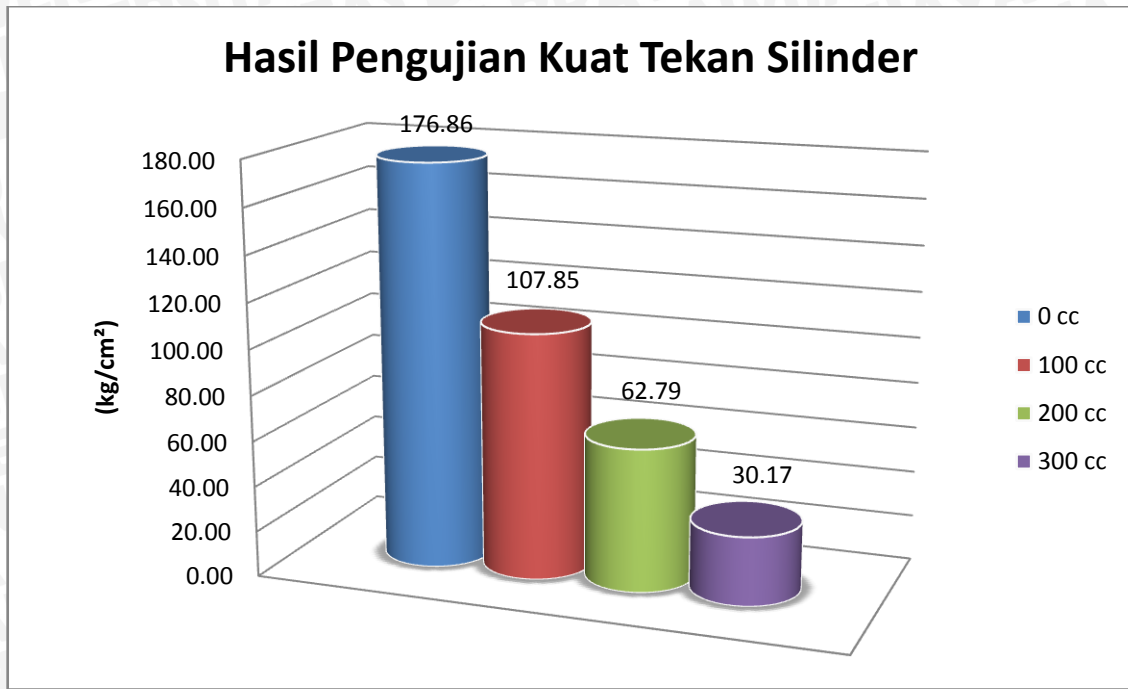
Air yang digunakan untuk pembuatan campuran spesi adalah air yang didapat dari Perusahaan Daerah Air minum (PDAM) Kota Malang yang sudah umum digunakan, sehingga tidak perlu diadakan penelitian.

## 4.2 Pengujian Kuat Tekan Spesi

Campuran spesi yang digunakan adalah 1:3, yaitu perbandingan antara berat semen dan agregat( pasir). Pengujian kuat tekan spesi dilakukan pada 12 benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji terdiri dari 3 buah benda uji tanpa campuran lerak, 3 buah benda uji campuran lerak variasi 1, 3 buah benda uji campuran lerak variasi 2, dan 3 buah benda uji campuran lerak variasi 3. Setelah 28 hari di uji kuat tekannya. Adapun data yang diperoleh dari hasil uji tekan pada tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder

Benda uji	Berat (kg)	Berat rata-rata (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	fc' (kg/cm <sup>2</sup> )	fc' rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanpa Lerak	13,23	12,21	176,786	32300	182,707	176,862
	12,19		176,786	31700	179,313	
	11,21		176,786	29800	168,566	
100cc/250cm <sup>3</sup>	9,62	9,7	176,786	20400	115,394	107,852
	9,8		176,786	13500	76,3636	
	9,68		176,786	23300	131,798	
200cc/250cm <sup>3</sup>	6,68	6,19	176,786	12700	71,8384	62,788
	5,8		176,786	7000	39,596	
	6,09		176,786	13600	76,9293	
300cc/250cm <sup>3</sup>	5,37	5,28	176,786	5900	33,3737	30,168
	5,31		176,786	3500	19,798	
	5,17		176,786	6600	37,3333	



Gambar 4.1 Grafik Rata-Rata Hasil Pengujian Kuat Tekan Spesi

Setelah mendapatkan kuat tekan spesi, maka harga modulus elastisitas spesi dapat dihitung dengan rumus  $E_s = 4700 \sqrt{f_c'}$

Nilai modulus elastis bambu diperoleh dari penelitian sebelumnya. Bambu yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap kuat tarik pada bambu jenis apus. Dari data uji bambu didapatkan nilai modulus elastisitas bambu apus 101000 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun data bambu dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Sifat Fisis Dan Mekanis Bambu Hitam Dan Bambu Apus

No	Sifat	Bambu hitam	Bambu apus
1	Keteguhan lentur static		
	a. Tegangan pada batas proporsi (kg/cm <sup>2</sup> )	447	327
	b. Tegangan pada batas patah (kg/cm <sup>2</sup> )	663	546
	c. Modulus elastisitas (kg/cm <sup>2</sup> )	99000	101000
	d. Usaha pada batas proporsi (kg/dcm <sup>3</sup> )	1,2	0,8
	e. Usaha pada batas patah (kg/dcm <sup>3</sup> )	3,6	3,3

Sumber : Ginoga (1977)





Selanjutnya dihitung luas transformasi dari panel lapis bambu dengan ratio modulus elastisitas :

$$n = \frac{E_b}{E_s}$$

Tebal transformasi panel lapis bambu adalah:

$$t = (ts + \frac{tb}{n})$$

dimana

n = Modulus ratio

Es = Modulus elastisitas spesi (kg/cm<sup>2</sup>)

Eb = Modulus elastisitas bambu (apus = 101000 kg/cm<sup>2</sup>)

t = Tebal panel transformasi (cm)

ts = Tebal spesi (cm)

tb = Tebal bambu (cm)

Adapun contoh perhitungan tebal transformasi panel tanpa lerak berikut ini.

Modulus elastisitas spesi (Es):

$$E_s = 4700 \sqrt{f'c'}$$

$$E_s = 4700 \sqrt{176,862}$$

$$E_s = 62505,044 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus ratio (n):

$$n = \frac{E_b}{E_s}$$

$$n = \frac{101000 \text{ kg/cm}^2}{62505,044 \text{ kg/cm}^2} = 1,61587$$

Tebal panel transformasi (t):

$$t = (ts + \frac{tb}{n})$$

$$t = (4 \text{ cm} + \frac{0,6 \text{ cm}}{1,61587 \text{ cm}})$$

$$t = 4,37132 \text{ cm}$$

**Tabel 4.3** Perhitungan Tebal Transformasi

Benda uji	Berat rata-rata (kg)	Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	Es (kg/cm <sup>2</sup> )	n Eb/Es	t cm
Tanpa Lerak	12,21	5303,571429	62505,04411	1,61587	4,37132
100cc/250cm <sup>3</sup>	9,7	5303,571429	48810,32071	2,06923	4,28996
200cc/250cm <sup>3</sup>	6,19	5303,571429	37242,23734	2,71197	4,22124
300cc/250cm <sup>3</sup>	5,28	5303,571429	25815,08968	3,91244	4,15336

Untuk perhitungan kuat geser teoritisnya digunakan persamaan :

$$\Phi V_n = V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

Dengan syarat kuat geser  $V_s$  tidak boleh lebih dari  $\frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$  (SNI-03 2002 hal 109).

Dimana :

$V_n$  = kuat geser nominal (kg)

$V_c$  = kuat geser spesi (kg)

$V_s$  = kuat geser tulangan (kg)

$b_w$  = tebal transformasi panel (cm)

$d$  = tinggi efektif panel (cm)

$A_v$  = luas tulangan bambu (cm<sup>2</sup>)

$F_y$  = kuat tarik bambu (kg/cm<sup>2</sup>)

$s$  = jarak antar tulangan (cm)

$\Phi$  = faktor reduksi geser 0,7 (SNI-03 2002)

Adapun contoh perhitungan kuat geser panel secara teoritis sebagai berikut.

Kuat geser spesi :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{176,862} \text{ kg/cm}^2 \times 4,371 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$$

$$V_c = 436,004 \text{ kg}$$

Kuat geser tulangan bambu :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{0,36 \text{ cm}^2 \times 2000 \text{ kg/cm}^2 \times 45 \text{ cm}}{10}$$

$$V_s = 3430 \text{ kg}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{176,682 \text{ kg/cm}^2} \times 4,371 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$$

$$V_s = 1744,02 \text{ kg}$$

3430 kg > 1744,02 kg jadi yang dipakai rumus  $V_s = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$

Kuat geser nominal :

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = 436,004 \text{ kg} + 1744,02 \text{ kg}$$

$$V_n = 2180,02 \text{ kg}$$

Kuat geser ultimate :

$$V_u = \Phi V_n$$

$$V_u = 0,7 \times 2180,02 \text{ kg}$$

$$V_u = 1526.015 \text{ kg}$$

Tegangan geser teoritis :

$$\tau = \frac{V_u}{b_w \cdot d}$$

$$\tau = \frac{1526.015 \text{ kg}}{4,371 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}}$$

$$\tau = 7,75 \text{ kg/cm}^2$$





Adapun tegangan geser teoritis dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Perhitungan Kuat Geser Teoritis

Kadar Busa	$f_c$ kg/cm <sup>2</sup>	bs cm	ds cm	Vc kg	Vs kg	Vn kg	Vu kg	$\tau$ kg/cm <sup>2</sup>
0 cc	176.86	4.371	45	436.004	1744.02	2180.02	1526.02	7.75772
100cc	107.85	4.290	45	334.14	1336.56	1670.7	1169.49	6.05802
200cc	62.79	4.221	45	250.865	1003.46	1254.32	878.026	4.62226
300cc	30.17	4.153	45	171.095	684.378	855.473	598.831	3.204

### 4.3 Pengujian Panel Tulangan Bambu

Panel komposit tulangan bambu dengan ukuran 80 cm x 45 cm x 4cm diuji setelah 30 hari. Pengujian lendutan dilakukan dengan cara memberikan beban terpusat secara bertahap dengan interval 50 kg. Jarak antar tumpuan 75 cm dengan asumsi sendi-roll.

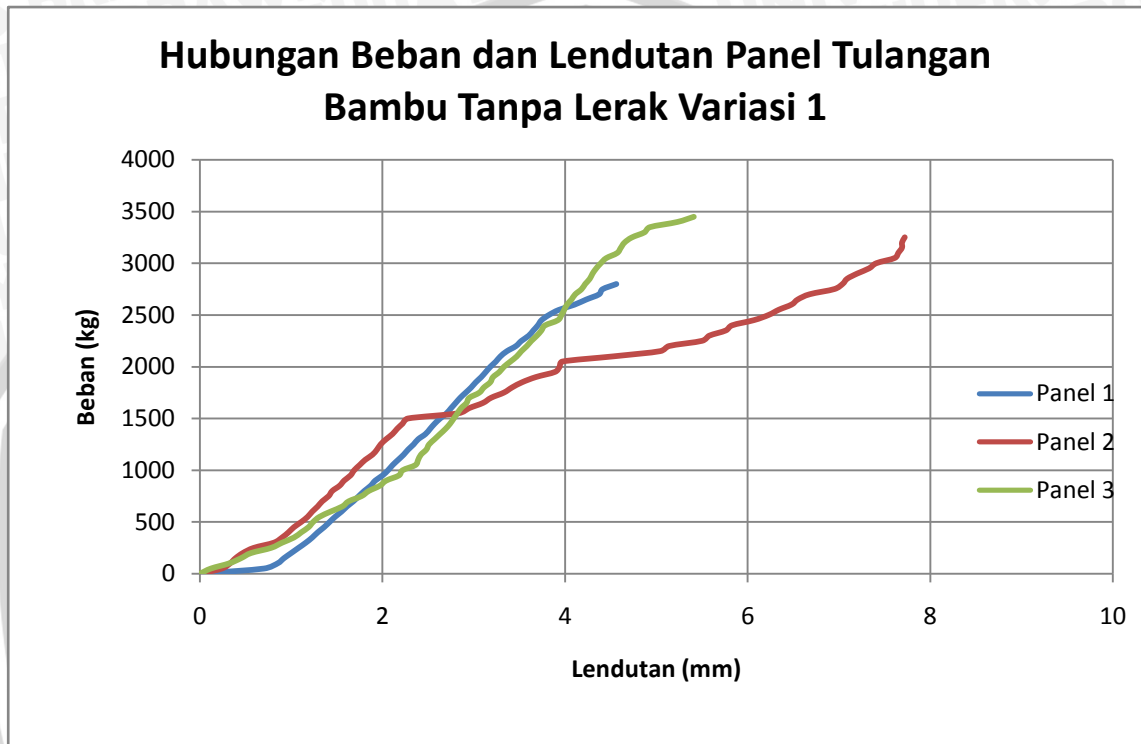
Pengujian panel dilakukan dengan memberikan beban yang berasal dari dongkrak ke panel melalui *load cell* sehingga beban yang disalurkan dapat diketahui. Pada *load cell* ditambahkan besi sebagai media pemerataan beban. Beban yang diberikan adalah beban terpusat. Pembacaan pada *load cell* dilakukan untuk mengetahui besarnya beban yang ditahan panel. Lendutan yang terjadi diamati dari bagian bawah panel. Segala kejadian pada proses pengujian diamati dan dicatat. *Dial gauge* dipasang di bagian bawah panel tepat berada di tengah tumpuan. Pembacaan dial gauge dilakukan untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi pada panel. Pembacaan dihentikan ketika *load cell* sudah tidak mengalami pertambahan nilai. Setiap data lendutan dikalibrasi dengan mengalikan 0,02 pada nilai lendutan.



Gambar 4.2 Pembebanan Terpusat Panel

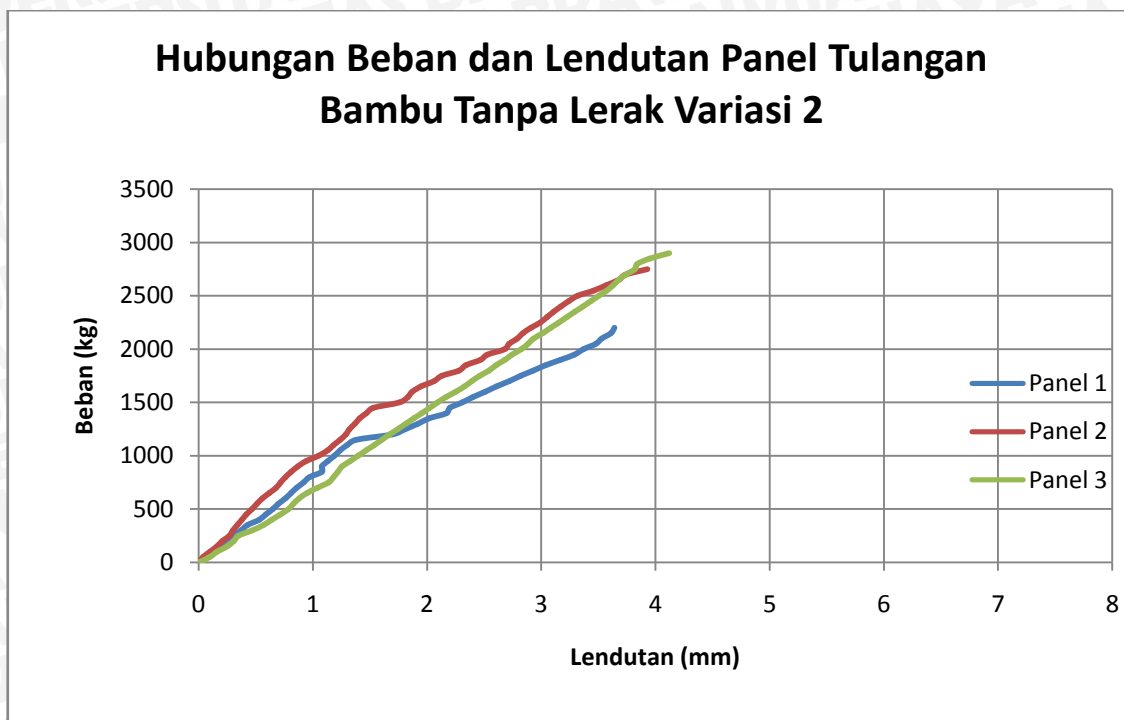
### 4.3.1 Grafik Pengujian Panel

Dari hasil penelitian dapat digambarkan hubungan antara beban yang mampu diterima panel dan lendutan yang terjadi. Untuk data lengkap beban dan lendutan disajikan dalam lampiran. Adapun grafik hubungan antara beban terpusat yang diterima panel dan lendutan yang terjadi adalah sebagai berikut :

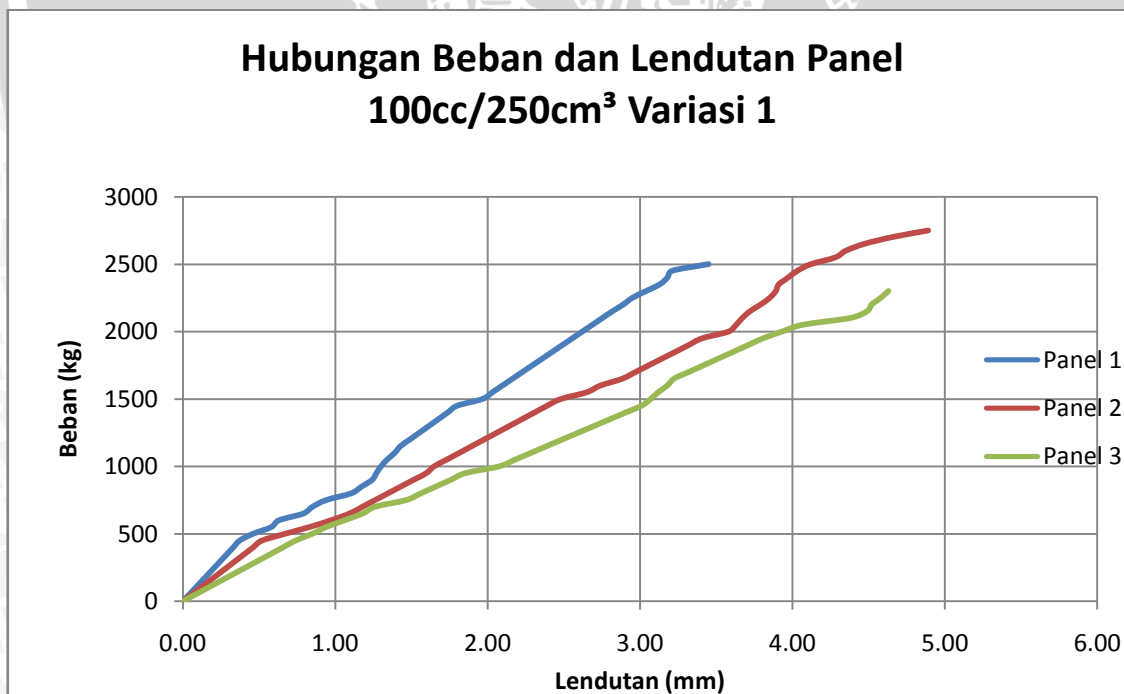


Gambar 4.3 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Tanpa Lerak Variasi 1

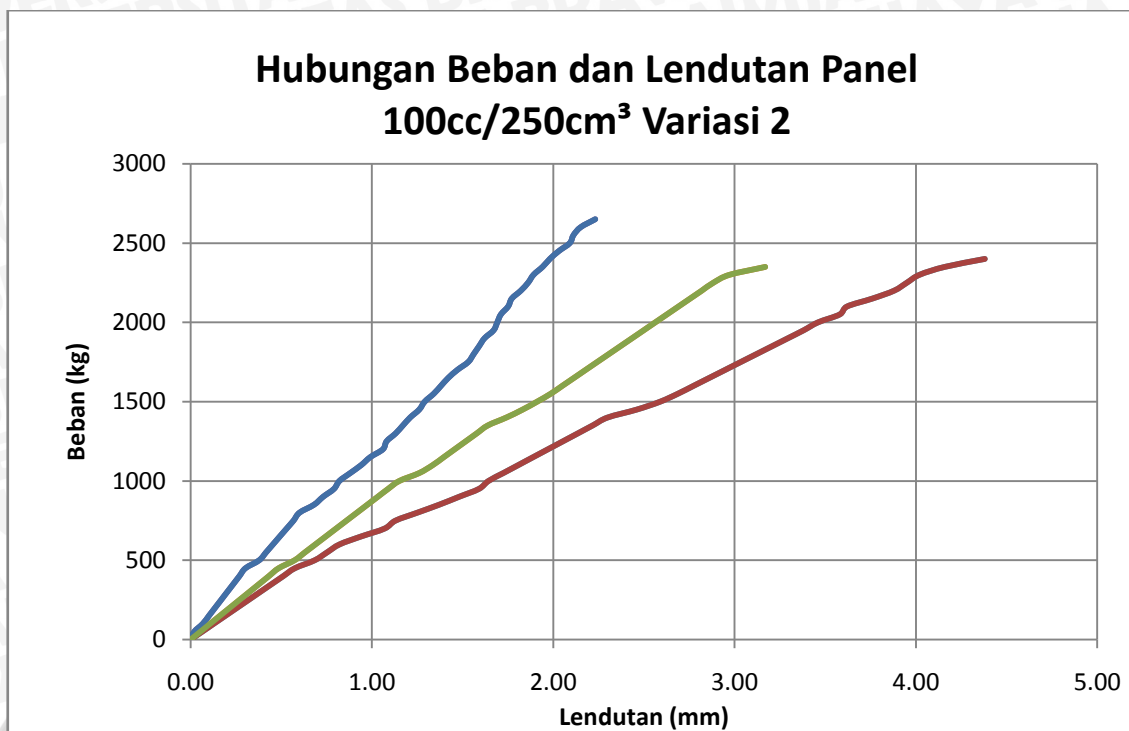




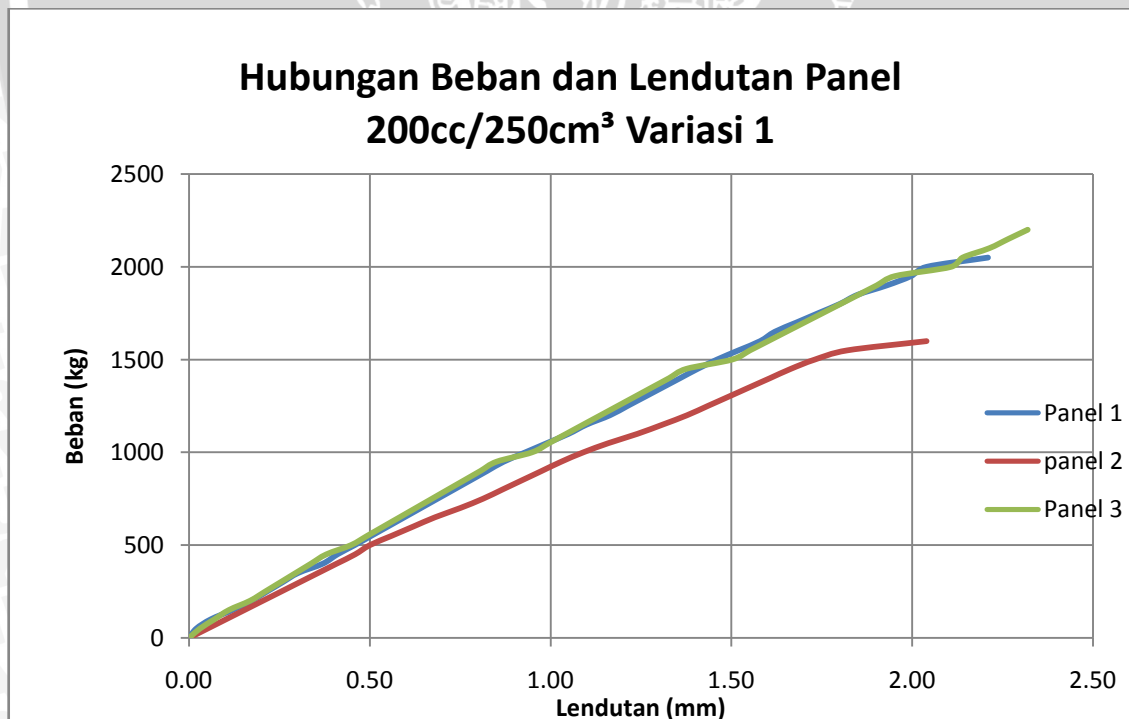
Gambar 4.4 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Tanpa Lerak Variasi 2



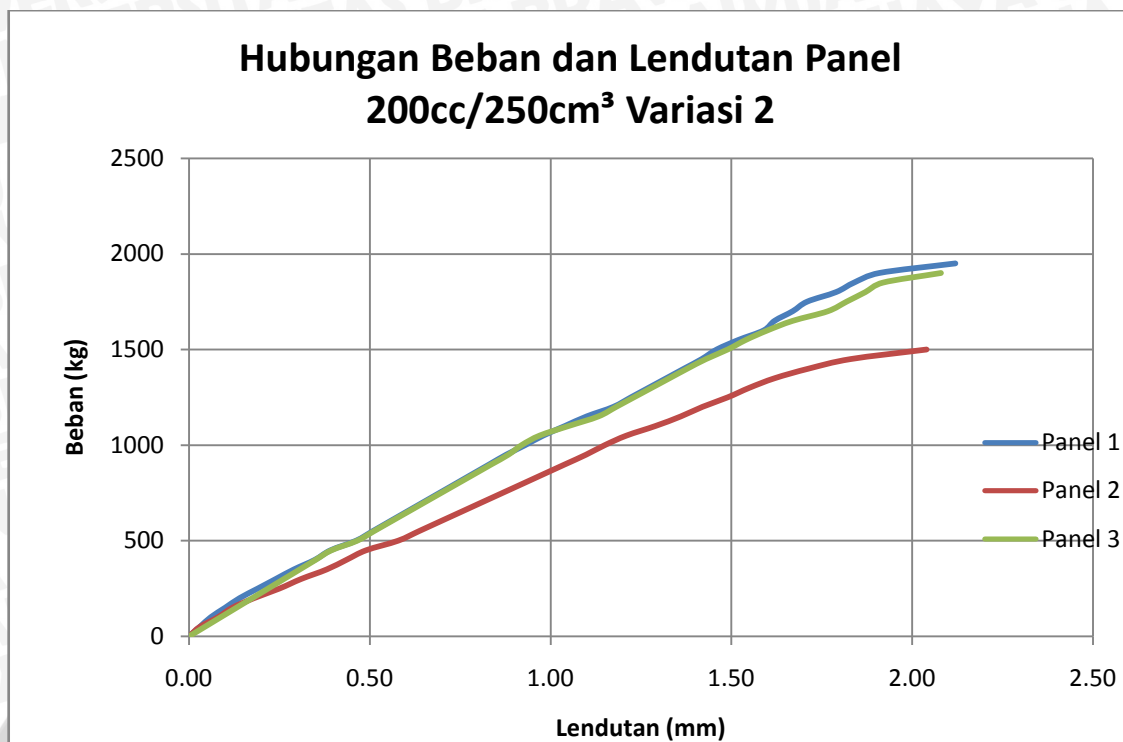
Gambar 4.5 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 100cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 1



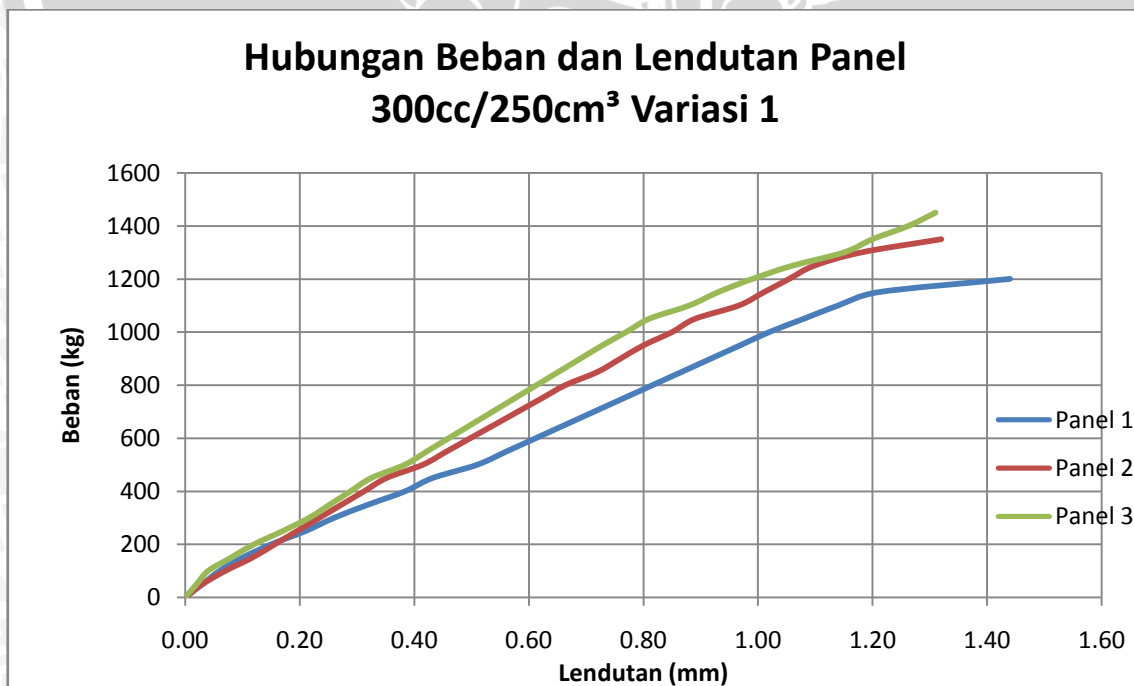
Gambar 4.6 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 100cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 2



Gambar 4.7 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 200cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 1

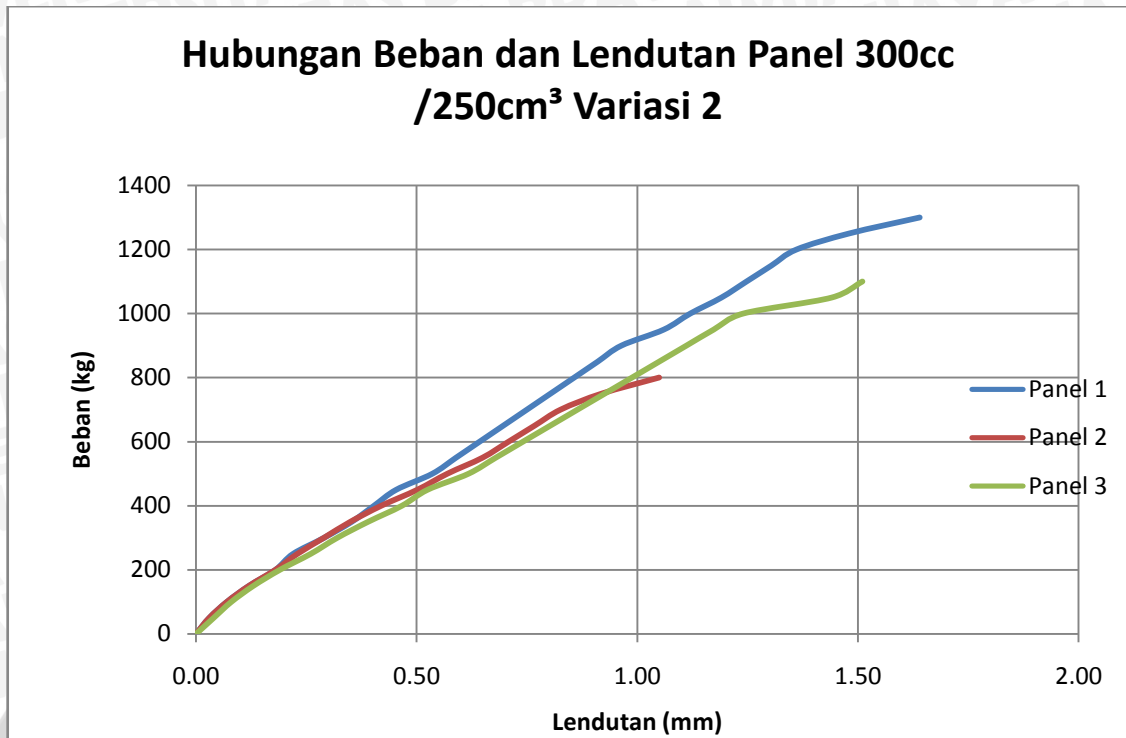


Gambar 4.8 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 200cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 2

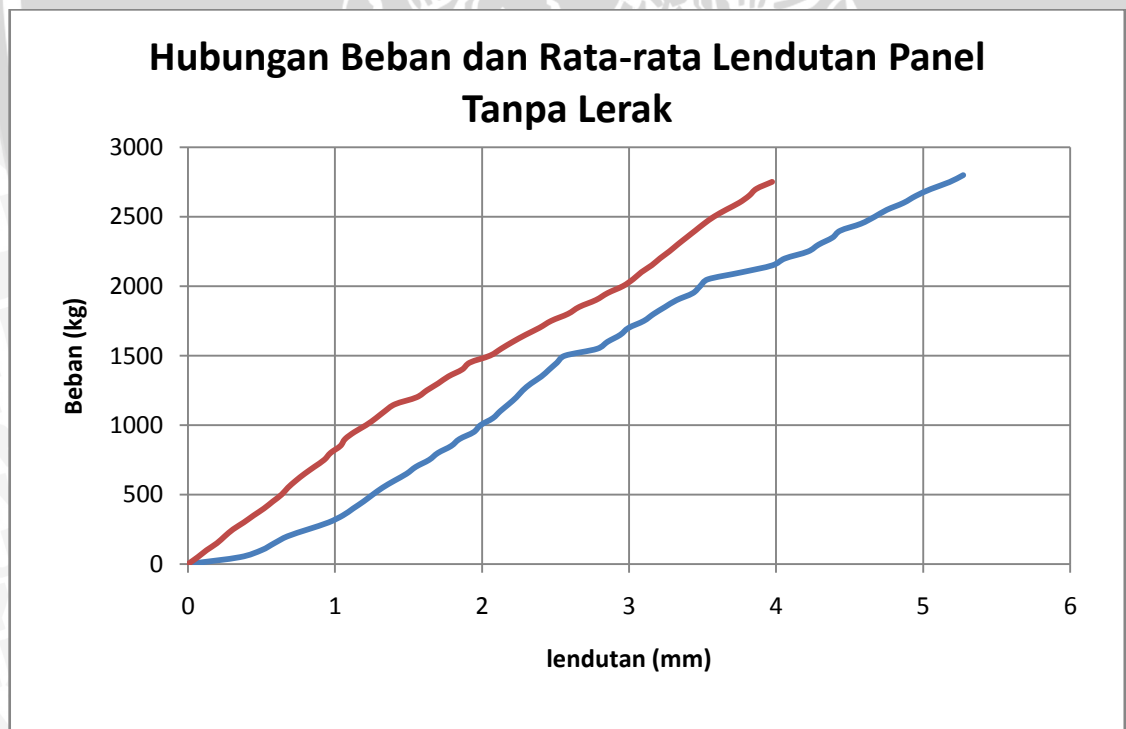


Gambar 4.9 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 300cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 1





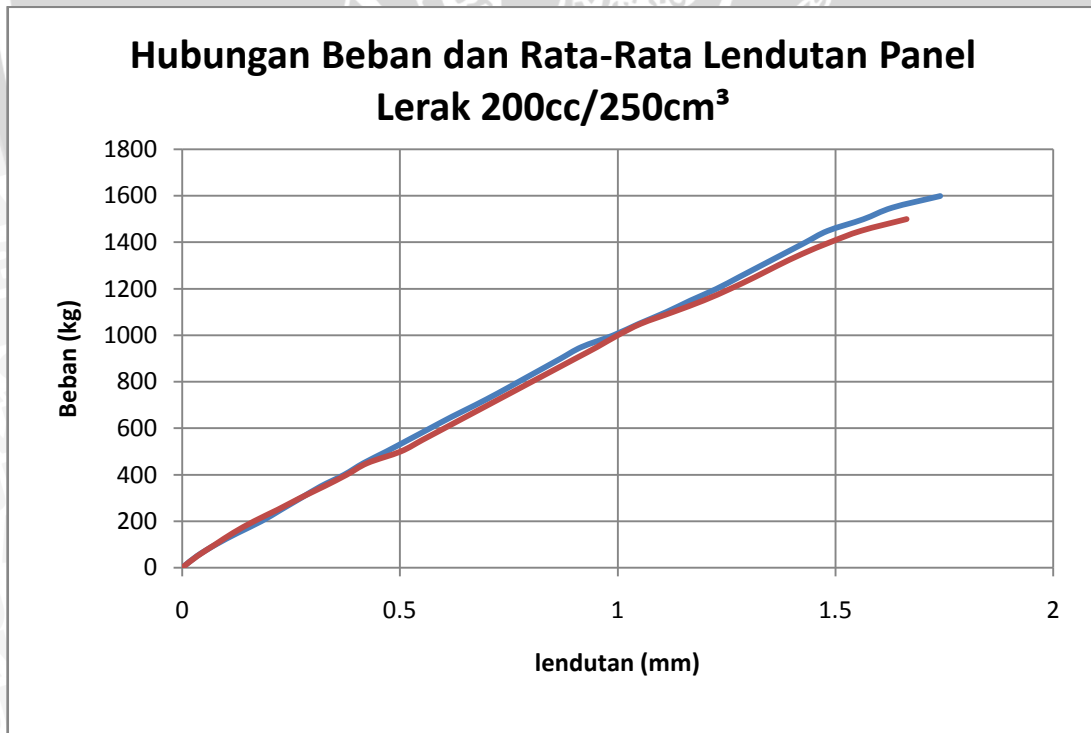
Gambar 4.10 Hubungan Beban dan Lendutan Panel Lerak 300cc/250cm<sup>3</sup> Variasi 2



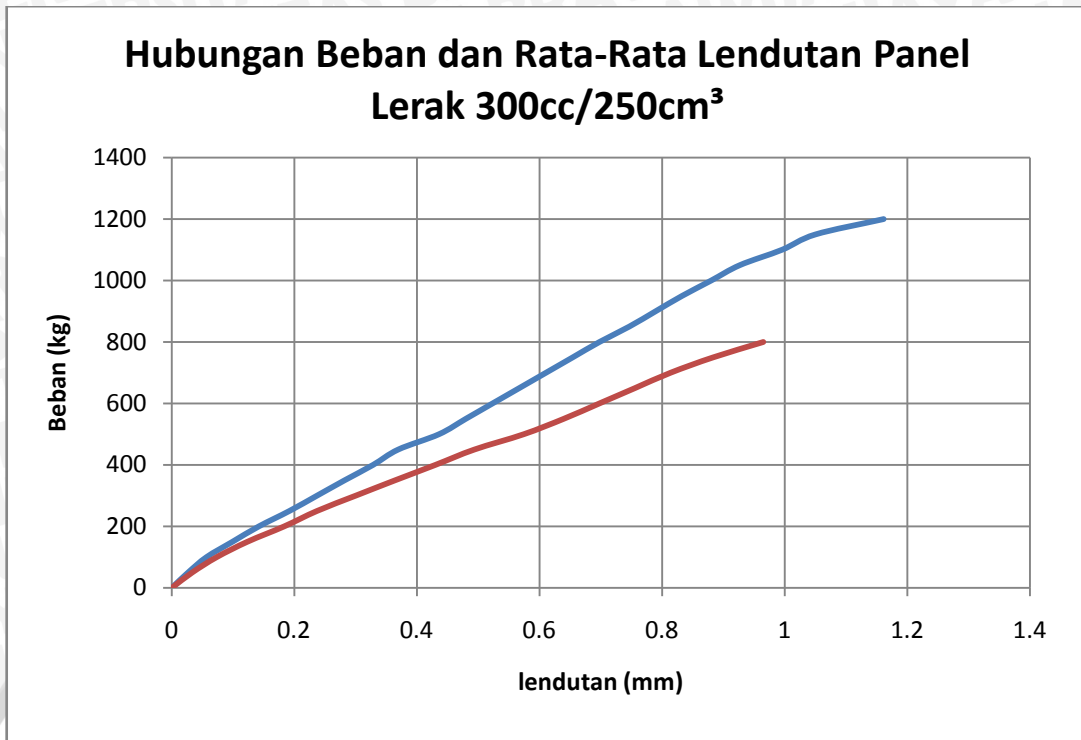
Gambar 4.11 Hubungan Beban dan Rata-rata Lendutan Panel Tanpa Lerak



Gambar 4.12 Hubungan Beban dan Rata-Rata Lendutan Panel Lerak 100cc/250cm<sup>3</sup>



Gambar 4.13 Hubungan Beban dan Rata-Rata Lendutan Panel Lerak 200cc/250cm<sup>3</sup>



Gambar 4.14 Hubungan Beban dan Rata-Rata Lendutan Panel Lerak 300cc/250cm<sup>3</sup>

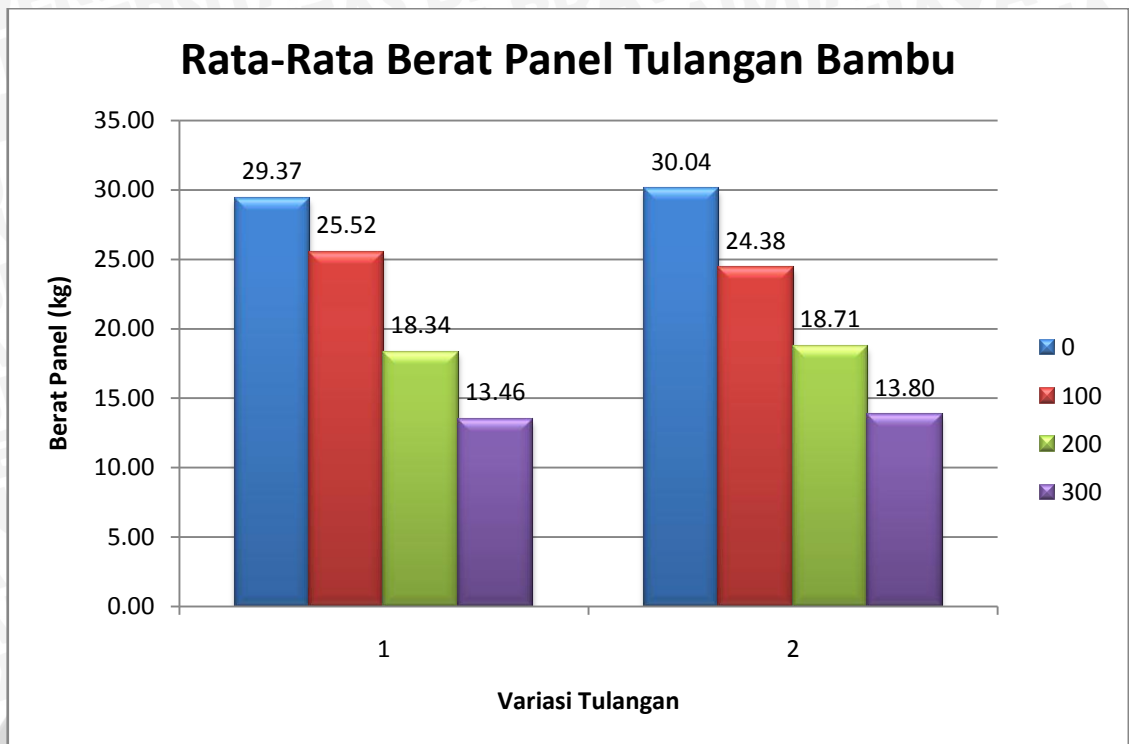
#### 4.3.2 Berat

Pengujian berat dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *admixture* dan variasi tulangan terhadap berat panel. Setiap variasi pengujian diwakili oleh 3 benda uji. Benda uji kemudian ditimbang di atas timbangan untuk diketahui berat masing-masing panel. Berat masing-masing panel dengan variasi campurannya dapat disajikan pada tabel 4.4 berikut ini.



**Tabel 4.5** Berat Hasil Pengujian Panel

Variasi		Panel	Berat Panel	
			Maksimal (kg)	Rata-rata (kg)
Bambu 1	0	1	28,55	29,37
		2	28,05	
		3	31,52	
	100	1	25,90	25,52
		2	25,09	
		3	25,56	
	200	1	18,78	18,34
		2	18,1	
		3	18,13	
	300	1	13,52	13,46
		2	12,31	
		3	14,54	
Bambu 2	0	1	31,43	30,04
		2	29,94	
		3	28,76	
	100	1	24,32	24,38
		2	23,54	
		3	25,27	
	200	1	17,78	18,71
		2	20,94	
		3	17,42	
	300	1	14,56	13,80
		2	13,29	
		3	13,54	



Gambar 4.15 Rata-Rata Berat Panel Tulangan Bambu

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa rata-rata semakin banyak kadar busa lerak yang ditambahkan maka semakin kecil pula berat panel. Panel tanpa tambahan busa lerak menghasilkan berat panel terbesar. Sedangkan panel dengan tambahan busa lerak 300cc/250cm<sup>3</sup> menghasilkan berat panel terkecil. Pengurangan berat pada panel seiring dengan penambahan busa lerak yang dicampurkan. Ini menunjukkan bahwa variasi kadar busa lerak memiliki pengaruh terhadap berat pada panel tulangan bambu.

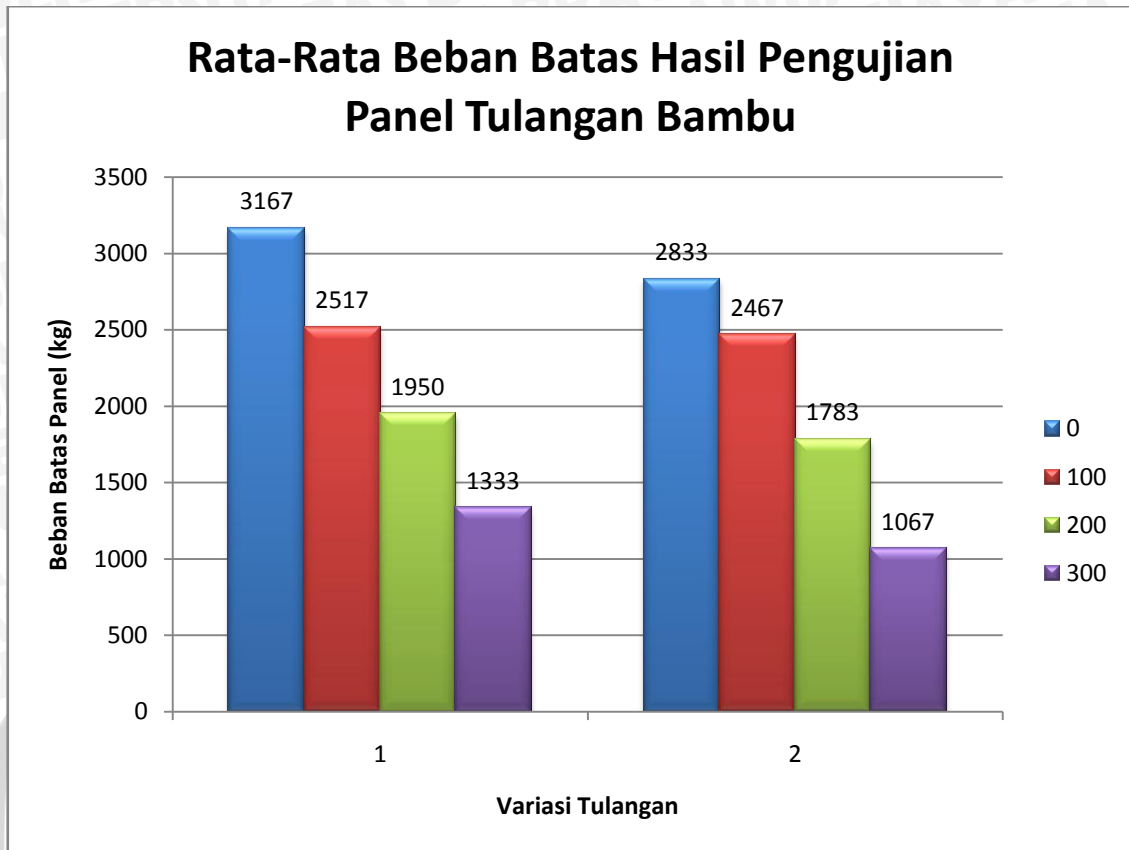
### 4.3.3. Beban Batas

Nilai beban batas pada masing-masing variasi disajikan dalam tabel rekapitulasi. Beban batas masing-masing panel dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.6** Beban Batas Hasil Pengujian Panel

Variasi		Panel	Beban Batas	
			Maksimal (kg)	Rata-rata (kg)
Bambu 1	0	1	2800	3166,67
		2	3250	
		3	3450	
	100	1	2500	2516,67
		2	2750	
		3	2300	
	200	1	2050	1950,00
		2	1600	
		3	2200	
300	1	1200	1333,33	
	2	1350		
	3	1450		
Bambu 2	0	1	2850	2833,33
		2	2750	
		3	2900	
	100	1	2650	2466,67
		2	2400	
		3	2350	
	200	1	1950	1783,33
		2	1500	
		3	1900	
	300	1	1300	1066,67
		2	800	
		3	1100	





Gambar 4.16 Rata-Rata Beban Batas Panel Tulangan Bambu

#### 4.3.4. Perhitungan Kuat Geser Panel Bertulang Bambu Akibat Pengujian Panel

Dalam mengetahui kuat geser yang mampu ditahan oleh panel dihitung menggunakan persamaan (2-11) yaitu :

$$\tau = \frac{P}{2.t.h}$$

Dimana :

$\tau$  = kuat geser ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$t$  = tebal penampang transformasi balok (cm)

$h$  = tinggi penampang transformasi balok (cm)

$P$  = beban batas (kg)

Adapun contoh perhitungan kuat geser panel tanpa lerak sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{2.t.h}$$

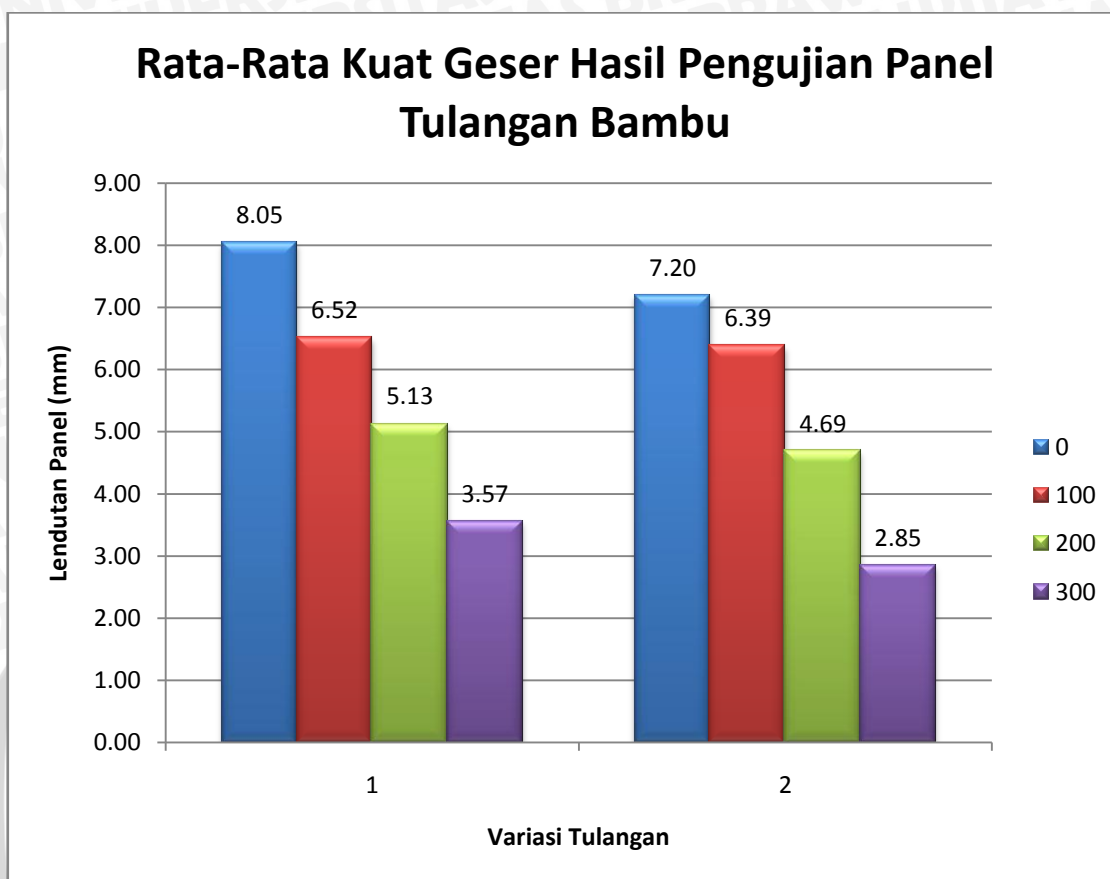
$$\tau = \frac{2800 \text{ kg}}{2 \times 4,37132 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}}$$

$$\tau = 7,12 \text{ kg/cm}^2$$

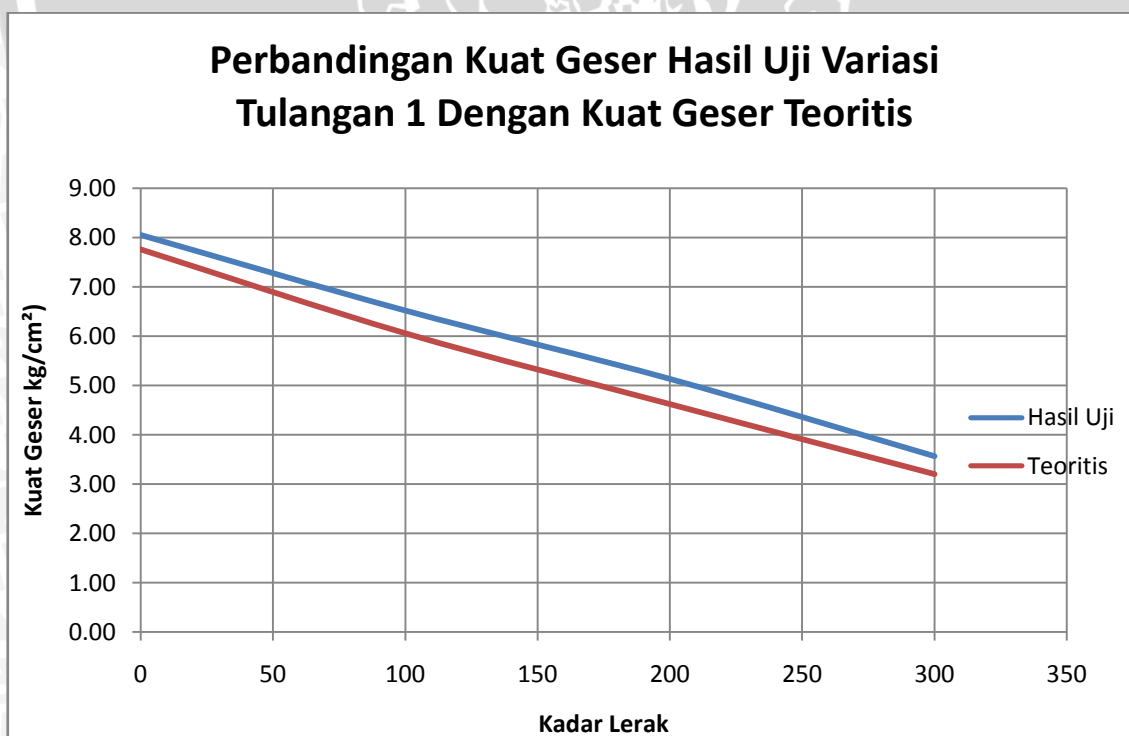
Data tebal penampang transformasi balok (t) diperoleh dari Tabel 4.3. Sedangkan beban batas (P) dapat dilihat pada Tabel 4.5. Adapun kuat geser hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.6 sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Kuat Geser Hasil Perhitungan Panel

Variasi		Panel	Kuat Geser	
			Maksimal (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Bambu 1	0/250cm <sup>3</sup>	1	7,12	8,05
		2	8,26	
		3	8,77	
	100/250cm <sup>3</sup>	1	6,48	6,52
		2	7,12	
		3	5,96	
	200/250cm <sup>3</sup>	1	5,40	5,13
		2	4,21	
		3	5,79	
	300/250cm <sup>3</sup>	1	3,21	3,57
		2	3,61	
		3	3,88	
Bambu 2	0/250cm <sup>3</sup>	1	7,24	7,20
		2	6,99	
		3	7,37	
	100/250cm <sup>3</sup>	1	6,86	6,39
		2	6,22	
		3	6,09	
	200/250cm <sup>3</sup>	1	5,13	4,69
		2	3,95	
		3	5,00	
	300/250cm <sup>3</sup>	1	3,48	2,85
		2	2,14	
		3	2,94	

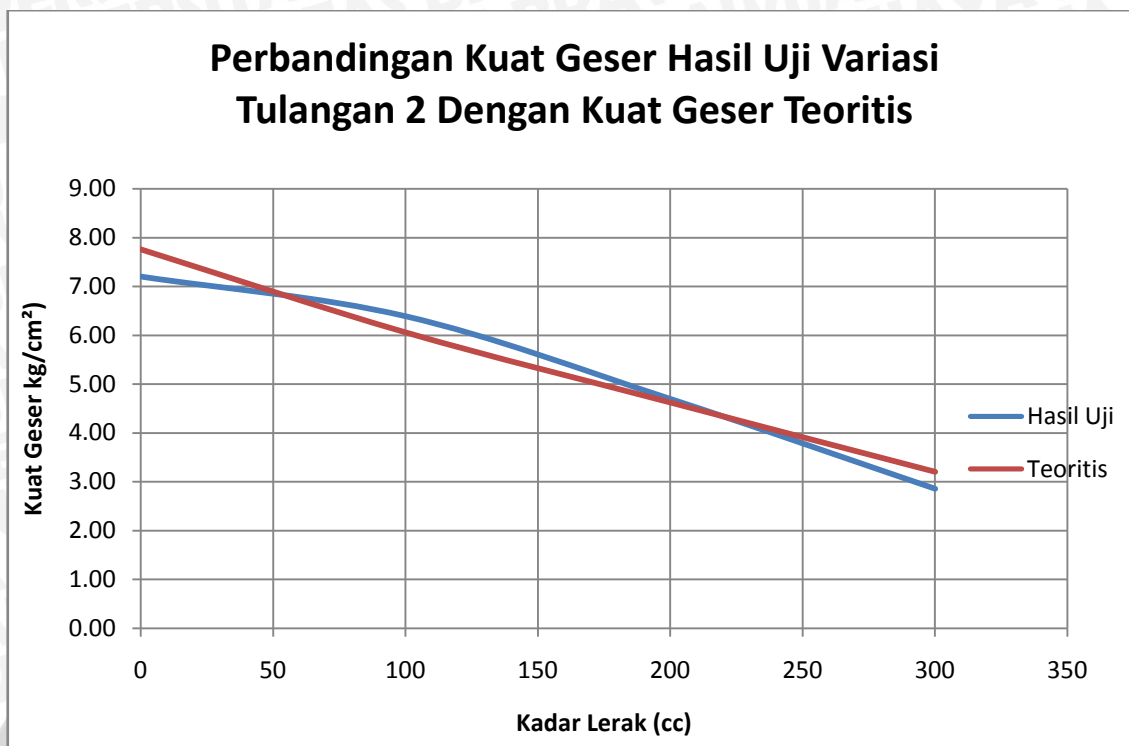


Gambar 4.17 Rata-Rata Kuat Geser Panel Tulangan Bambu



Gambar 4.18 Perbandingan Kuat Geser Hasil Uji Variasi Tulangan 1 Dengan Kuat Geser Teoritis





Gambar 4.19 Perbandingan Kuat Geser Hasil Uji Variasi Tulangan 2 Dengan Kuat Geser Teoritis

#### 4.4. Analisis Statistik

Hipotesis statistik dilakukan agar kita dapat membuat keputusan, yaitu keputusan menolak atau tidak menolak hipotesis yang sedang diuji. Pengujian ini tidak dapat dipakai untuk menentukan benar atau salah suatu percobaan yang dilakukan. Keputusan yang diambil bisa benar dan juga bisa salah, sehingga menyebabkan timbulnya resiko dalam pembuatan keputusan. Besar kecilnya resiko dinyatakan dalam nilai probabilitas.

##### 4.4.1 Uji Analisis Varian Dua Arah

Pengujian Hipotesis dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari variabel bebas (perbandingan busa lerak dan tulangan bambu) terhadap variabel tak bebas (berat dan kuat geser) pada pengujian panel tulangan bambu. Pengujian Hipotesis dengan menggunakan analisis varian dua arah.

Perhitungan mengenai masalah analisis variansi untuk percobaan dwifaktor dengan  $n$  replikasi adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Percobaan Dwifaktor dengan  $n$  Replikasi

A	B				Jumlah
	1	2	...	b	
1	$T_{11.}$	$T_{12.}$	...	$T_{1b.}$	$T_{1..}$
2	$T_{21.}$	$T_{22.}$	...	$T_{2b.}$	$T_{2..}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$T_{a1.}$	$T_{a2.}$	...	$T_{ab.}$	$T_{a..}$
Jumlah	$T_{.1.}$	$T_{.2.}$	...	$T_{.b.}$	$T_{...}$

a. Perhitungan JKT (Jumlah Kuadrat Tengah)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

b. Perhitungan JKA (Jumlah Kuadrat A)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^a T_{i..}^2}{bn} - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

c. Perhitungan JKB (Jumlah Kuadrat B)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^b T_{.j.}^2}{an} - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

d. Perhitungan JK(AB) (Jumlah Kuadrat Interaksi A dan B)

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T_{ij.}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T_{i..}^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T_{.j.}^2}{an} + \frac{T_{...}^2}{abn}$$

e. Perhitungan JKG (Jumlah Kuadrat Galat)

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JK(AB)$$

**Tabel 4.9** Analisis Variansi untuk Percobaan Dwifaktor dengan  $n$  Replikasi

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	$f$ hitungan
Pengaruh utama A	JKA	$a - 1$	$S_1^2 = \frac{JKA}{a - 1}$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2}$
Pengaruh utama B	JKB	$b - 1$	$S_2^2 = \frac{JKB}{b - 1}$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2}$
Interaksi dwifaktor AB	JK(AB)	$(a - 1)(b - 1)$	$S_3^2 = \frac{JK(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$	$f_3 = \frac{s_3^2}{s^2}$
Galat	JKG	$ab(n - 1)$	$S^2 = \frac{JKG}{ab(n - 1)}$	
	JKT	$abn - 1$		

#### 4.4.1.1 Berat Panel

Pengujian hipotesis pada penelitian ini dapat dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap berat panel tulangan bambu. Berikut adalah kriteria pengujian analisis varian dua arah :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap berat panel tulangan bambu

$H_1$  = Terdapat pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap berat panel tulangan bambu

*Level of significance*  $\alpha = 5\% = 0,05$

$n = 3$  (jumlah benda uji tiap perlakuan)

$a = 2$  (variasi tulangan bambu)

$b = 4$  (variasi kadar busa lerak)



**Tabel 4.10** Data Analisis Statistik untuk Berat Panel Tulangan Bambu

Variasi bambu	Variasi Busa Lerak								Jumlah
	0 cc		100 cc		200 cc		300 cc		
Variasi 1	28,55	88,12	25,90	76,55	18,78	55,01	13,52	40,37	260,05
	28,05		25,09		18,1		12,31		
	31,52		25,56		18,13		14,54		
Variasi 2	31,43	90,13	24,32	73,13	17,78	56,14	14,56	41,39	260,79
	29,94		23,54		20,94		13,29		
	28,76		25,27		17,42		13,54		
Jumlah	178,25		149,68		111,15		81,76		520,84

Perhitungan jumlah kuadrat :

$$JKT = 28,55^2 + 28,05^2 + \dots + 13,54^2 - \frac{520,84^2}{2 \times 4 \times 3} = 12229,35 - 11303,10 = 926,255$$

$$JKA = \frac{260,05^2 + 260,79^2}{4 \times 3} - \frac{520,28^2}{2 \times 4 \times 3} = 11303,12 - 11303,10 = 0,023$$

$$JKB = \frac{178^2 + 149,68^2 + 111,15^2 + 81,76^2}{2 \times 3} - \frac{520,84^2}{2 \times 4 \times 3} = 12205,71 - 11303,10 = 899,601$$

$$JK(AB) = \frac{88,12^2 + 90,13^2 + \dots + 41,39^2}{2} - 11303,10 - 12202,69 + 11303,1 = 2,98$$

$$JKG = 926,26 - 0,022 - 899,601 - 2,98 = 23,64$$

**Tabel 4.11** Hasil Analisis Variansi Data Terhadap Berat Panel Tulangan Bambu

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	f hitungan	f tabel
Variasi bambu	0,02281667	1	0,0228	0,02	4,49
Kadar Busa Lerak	899,601433	3	299,8671	202,92	3,24
Interaksi Galat	2,98615	3	0,9954	0,67	3,24
Jumlah	23,6447333	16	1,4778		
Jumlah	926,255133	23			

Kesimpulan :

- Karena  $f$  hitung  $<$   $f$  tabel maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata dari variasi tulangan bambu terhadap berat panel tulangan bambu.



- b. Karena  $f_{hitung} > f_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari kadar busa lerak terhadap berat panel tulangan bambu.
- c. Karena  $f_{hitung} < f_{tabel}$  maka  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata dari interaksi variasi tulangan bambu dan kadar busa lerak terhadap berat panel tulangan bambu.

#### 4.4.1.2 Kuat Geser

Pengujian hipotesis pada penelitian ini dapat dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap kuat geser panel tulangan bambu. Berikut adalah kriteria pengujian analisis varian dua arah :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap kuat geser tulangan bambu

$H_1$  = Terdapat pengaruh variasi busa lerak dan tulangan bambu terhadap kuat geser tulangan bambu

Level of significance  $\alpha = 5\% = 0,05$

$n = 3$  (jumlah benda uji tiap perlakuan)

$a = 2$  (variasi tulangan bambu)

$b = 4$  (variasi kadar busa lerak)

**Tabel 4.12** Data Analisis Statistik untuk Kuat Geser Panel Tulangan Bambu

Variasi bambu	Variasi Busa Lerak								Jumlah
	0 cc		100 cc		200 cc		300 cc		
Variasi 1	7,12	24,15	6,48	19,55	5,40	15,40	3,21	10,70	69,80
	8,26		7,12		4,21		3,61		
	8,77		5,96		5,79		3,88		
Variasi 2	7,24	21,61	6,86	19,17	5,13	14,08	3,48	8,56	63,41
	6,99		6,22		3,95		2,14		
	7,37		6,09		5,00		2,94		
Jumlah	45,75		38,72		29,48		19,26		133,22

Perhitungan jumlah kuadrat :

$$JKT = 7,12^2 + 8,26^2 + \dots + 2,94^2 - \frac{113,22^2}{2 \times 4 \times 3} = 813,47 - 739,43 = 74,04$$

$$JKA = \frac{69,80^2 + 63,41^2}{4 \times 3} - \frac{113,22^2}{2 \times 4 \times 3} = 741,13 - 739,43 = 1,7$$

$$JKB = \frac{45,75^2 + 38,72^2 + 29,48^2 + 19,26^2}{2 \times 3} - \frac{113,22^2}{2 \times 4 \times 3} = 805,46 - 739,43 = 66,02$$



$$JK(AB) = \frac{24,15^2 + 21,61^2 + \dots + 8,56^2}{2} - 741,13 - 805,46 + 739,43 = 0,45$$

$$JKG = 74,04 - 1,70 - 66,02 - 0,45 = 5,86$$

**Tabel 4.13** Hasil Analisis Variansi Data terhadap Kuat Geser Panel Tulangan Bambu

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	f hitungan	f tabel
Variasi bambu	1,70	1,00	1,70	4,64	4,49
Kadar Busa Lerak	66,02	3,00	22,01	60,05	3,24
Interaksi	0,45	3,00	0,15	0,41	3,24
Galat	5,86	16,00	0,37		
Jumlah	74,04	23,00			

Kesimpulan :

- Karena  $f$  hitung  $>$   $f$  tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari variasi tulangan bambu terhadap kuat geser panel tulangan bambu.
- Karena  $f$  hitung  $>$   $f$  tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari kadar busa lerak terhadap kuat geser panel tulangan bambu.
- Karena  $f$  hitung  $<$   $f$  tabel maka  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata dari interaksi variasi tulangan bambu dan kadar busa lerak terhadap kuat geser panel tulangan bambu.

#### 4.4.2 Uji Analisis Regresi

Beberapa bentuk persamaan regresi dapat dicoba seperti bentuk linier, polinomial atau *exponential*. Namun nilai-nilai yang dicari dari percobaan panel tulangan bambu berupa kurva lengkung sehingga lebih ditekankan pada bentuk *exponential*. Selain itu kurva x tidak akan menyentuh nilai nol.

Selanjutnya dalam memilih bentuk regresi terbaik digunakan angka determinasi ( $R^2$ ) dan angka korelasi (R) sehingga kriteria penilaian  $R^2$  dan R yang diperoleh dari analisis regresi menunjukkan keterangan model dan keterkaitan variabel bebas dan variabel terikat.

Dengan bantuan program SPSS dicoba persamaan *exponential* dan didapatkan hasil sebagai berikut.



#### 4.4.2.1 Analisa Regresi Berat

Didapatkan :

$$y = -30,858 e^{-0,003x}$$

Dimana :

$y$  = berat panel

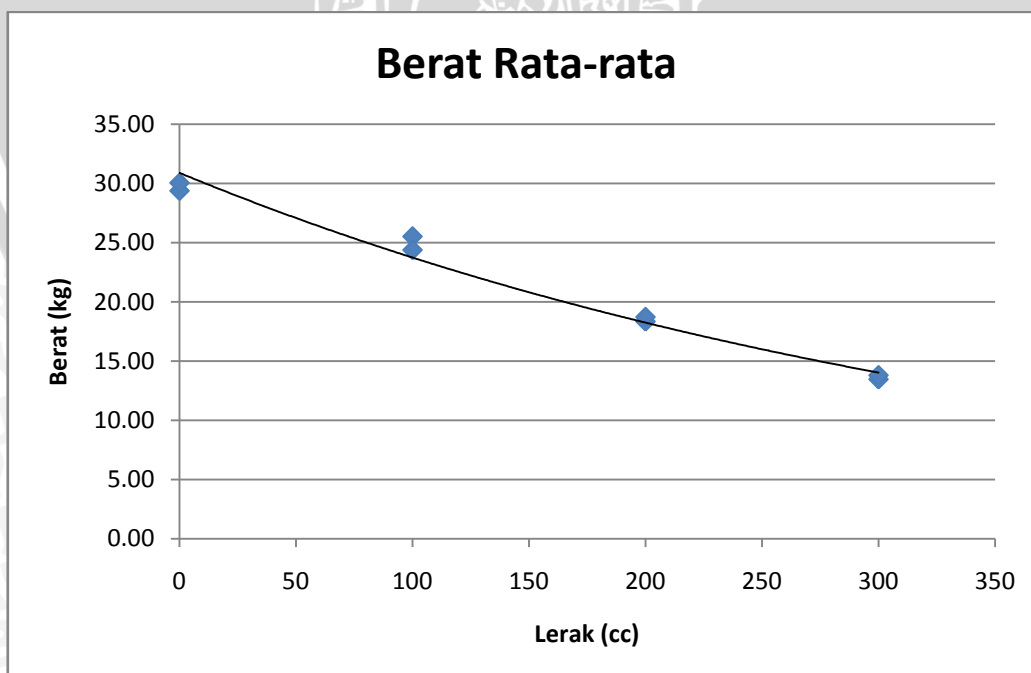
$x$  = kadar busa lerak

Dengan nilai  $R^2 = 0,979$  dan  $R = 0,958$  menunjukkan bahwa variabel-variabel di atas menyokong lendutan panel sebesar 98,4%. Selanjutnya dilakukan analisis regresi dengan resiko kesalahan 5% ( $\alpha = 0,05$ ) dan perulangan sebanyak 3 kali.

**Tabel 4.14** Analisis Regresi Hubungan Kadar Lerak dengan Berat Panel

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	$f$ hitung	$f$ tabel
Regresi	1	2,089	2,089	506,791	4,32
Galat	21	0,91	0,004		
Jumlah	23	2,180			

Pada tabel di atas  $f$  hitung regresi  $> f$  tabel, maka persamaan regresi dapat digunakan.



Gambar 4.20 Hubungan Regresi Variasi Kadar Lerak dan Berat Panel

#### 4.4.2.2 Analisa Regresi Kuat Geser

Didapatkan :

$$y = 8,111 e^{-0,003x}$$

Dimana :

$y$  = kuat geser panel

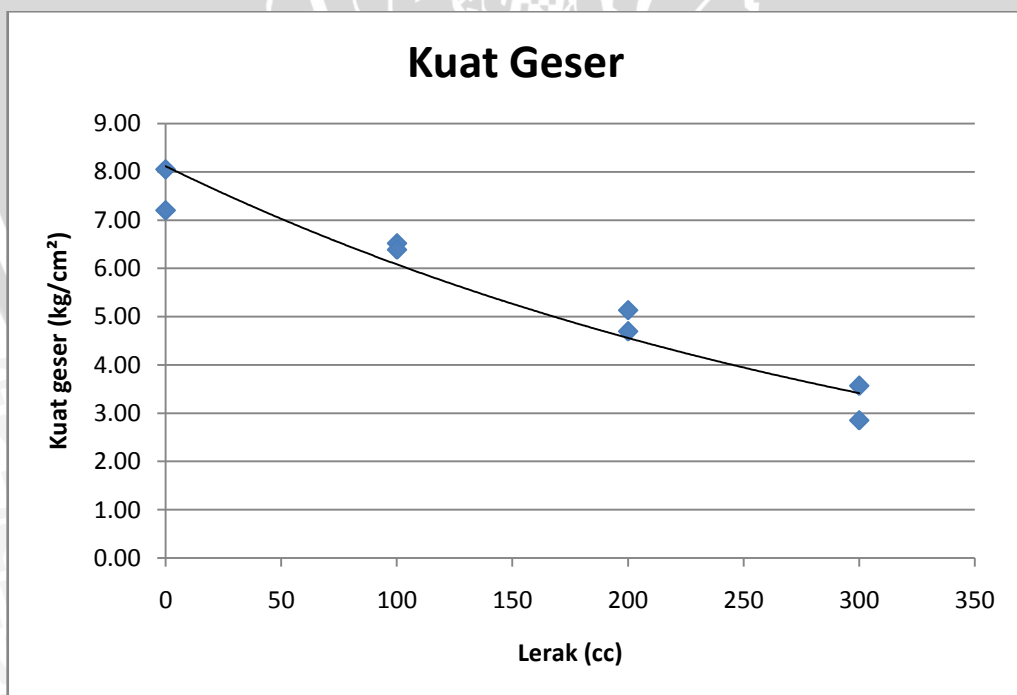
$x$  = kadar busa lerak

Dengan nilai  $R^2 = 0,913$  dan  $R = 0,833$  menunjukkan bahwa variabel-variabel di atas menyokong beban batas panel sebesar 94,4%. Selanjutnya dilakukan analisis regresi dengan resiko kesalahan 5% ( $\alpha = 0,05$ ) dan perulangan sebanyak 3 kali.

**Tabel 4.15** Analisis Regresi Hubungan Kadar Lerak dengan Kuat Geser Panel

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	$f$ hitung	$f$ tabel
Regresi	1	2,553	2,553	109,866	4,32
Galat	21	0,511	0,023		
Jumlah	23	3,065			

Pada tabel di atas  $f$  hitung regresi  $>$   $f$  tabel, maka persamaan regresi dapat digunakan.



Gambar 4.21 Hubungan Regresi Variasi Lerak dan Kuat Geser Panel

## 4.5 Pembahasan

Bambu memiliki sifat higroskopis yaitu kemampuan menyerap air, sehingga bambu mudah mengembang dalam keadaan basah dan menyusut dalam keadaan kering karena meleas kandungan air di dalamnya. Hal ini akan berpengaruh jika bambu digunakan sebagai tulangan panel. Pada saat mortar dicor, bambu akan menyerap air dari pasta semennya sehingga bambu mengembang. Begitu pula sebaliknya, pada saat mortar mengeras, bambu akan melepas kandungan airnya sehingga bambu menyusut. Dengan mempertimbangkan sifat kembang susut bambu yang dapat berpengaruh terhadap kuat lekat antara bambu dengan spesi, maka untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam penelitian ini bambu dilapisi bahan kedap air atau cat *waterproof* yang berfungsi mencegah masuknya air ke dalam pori-pori tulangan bambu pada saat pengecoran. Untuk memperkuat lekatan antar tulangan bambu dengan spesi, pada permukaan tulangan bambu ditaburi pasir, sehingga permukaan bambu menjadi kasar.

### 4.5.1 Berat

Pada gambar 4.15 menunjukkan adanya penurunan berat panel seiring dengan bertambahnya busa lerak yang dicampurkan. Panel paling ringan pada gambar 4.15 ketika panel dicampur busa lerak 300cc/250cm<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa busa lerak berpengaruh terhadap berat panel tulangan bambu. Panel tulangan bambu yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk spesi aerasi, karena busa lerak yang dicampurkan ke dalam spesi akan menghasilkan rongga-rongga udara yang berakibat mengurangi berat jenis panel itu sendiri. Sehingga semakin banyaknya busa lerak yang ditambahkan dalam panel, rongga-rongga udara yang terbentuk semakin banyak sehingga berat panel mengalami penurunan.

Pada gambar 4.15 tidak menunjukkan adanya pengaruh variasi tulangan terhadap berat panel. Hal ini dikarenakan berat jenis bambu yang ringan serta ukuran tulangan bambu yang sangat kecil tidak mempengaruhi berat panel. Sehingga meskipun tulangan bambu variasi 1 lebih banyak dibandingkan variasi 2, berat panel tidak mengalami perubahan yang nyata. Pada tabel 4.10 juga menunjukkan pengujian analisis varian tidak memperlihatkan adanya pengaruh variasi tulangan terhadap berat panel.



#### 4.5.2 Beban Batas

Beban yang diperoleh dari hasil pengujian merupakan beban batas hingga panel tulangan bambu mengalami kehancuran, dalam hal ini spesi hancur. Pada saat mengalami pembebanan pertama, bambu dan spesi masih menahan beban secara bersama-sama. Semakin bertambahnya beban, maka panel tulangan bambu akan mengalami deformasi yang ditandai oleh adanya lendutan yang semakin besar. Lendutan yang terjadi akan mengakibatkan retak pada bagian bawah spesi yang mengalami tarik. Apabila ini terjadi maka spesi di daerah tarik tidak lagi mampu menahan kuat tarik sehingga yang bekerja menahan beban hanya tulangan bambu dan spesi bagian tekan.

Seiring dengan bertambahnya beban, maka semakin besar pula lendutan yang terjadi, hal ini mengakibatkan spesi akan dengan cepat mengalami retak pada daerah tekan hingga tidak mampu menahan beban. Keretakan pada bagian ini menandakan bahwa panel tulangan bambu tidak mampu lagi menahan beban secara bersama-sama. Hal ini ditandai dengan retak yang semakin terbuka pada panel yang terus melendut seiring dengan waktu. Adapun beban hasil penelitian yang mengakibatkan beban batas pada panel tulangan bambu ditunjukkan pada tabel 4.5.

Pada gambar 4.16 terlihat bahwa beban batas maksimum pada variasi 1 lebih besar daripada variasi 2 pada masing – masing benda uji. Hal ini menunjukkan bahwa tulangan bambu memiliki pengaruh menahan beban yang diberikan terhadap panel. Semakin dekat jarak tulangan, semakin besar pula kemampuan tulangan dalam menahan gaya tarik.

Dari gambar 4.16 terlihat juga bahwa batas beban maksimum semakin menurun seiring dengan bertambahnya komposisi volume lerak. Untuk variasi campuran tanpa lerak ( 0 cc ) beban maksimum lebih besar daripada variasi campuran dengan busa lerak 100cc/250cm<sup>3</sup>, dan beban batas terkecil terdapat di campuran 300cc/250cm<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan busa lerak memiliki dapat mengurangi kekuatan batas panel komposit tulangan bambu. Busa lerak meninggalkan rongga-rongga udara pada panel. Sehingga semakin banyaknya rongga udara yang ditinggalkan busa lerak, akan menyebabkan penurunan kekuatan beban batas dari panel, sehingga panel menjadi mudah hancur.

### 4.5.3 Kuat Geser

Perhitungan kuat geser dimulai dengan mencari masing-masing kuat tekan setiap variasi campuran lerak. Kuat tekan inilah yang digunakan untuk mencari modulus elastisitas spesi masing – masing variasi. Selanjutnya mencari tebal transformasi panel menggunakan metode transformasi penampang dengan tebal tulangan bambu dan spesi yang dianggap menjadi satu macam bahan yang sama dengan tujuan menyamakan perilaku dalam mekanisme menahan beban. Tebal transformasi panel inilah yang digunakan untuk mencari kuat geser panel tulangan bambu. Kekuatan geser panel juga dipengaruhi oleh beban batas yang dapat ditahan oleh panel. Sesuai dengan persamaan 2-11, beban batas berbanding lurus dengan kuat geser panel, jadi semakin besar beban batas panel semakin besar pula kuat geser yang dapat ditahan demikian sebaliknya.

Pada gambar 4.17 terlihat bahwa seiring dengan penambahan kadar busa lerak di dalam spesi membuat kuat geser panel tulangan bambu semakin menurun. Selain itu variasi 1 juga menunjukkan kuat geser yang lebih besar dibandingkan variasi 2. Hal ini menunjukkan jarak tulangan juga mempengaruhi kuat geser panel. Tulangan bambu juga menahan beban saat panel berada pada beban batasnya. Sehingga semakin dekat jarak tulangan semakin besar pula kemampuan panel dalam menahan kuat geser.

Selain mencari nilai kuat geser panel secara pengujian, dilakukan pula perhitungan kuat geser panel secara teoritis. Kemudian dari kedua hasil tersebut dibandingkan dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.18 dan 4.19. Dari gambar 4.18 dapat disimpulkan bahwa kuat geser panel secara teoritis sedikit lebih kecil dibandingkan dengan kuat geser hasil pengujian. Sedangkan pada gambar 4.19 perhitungan kuat geser secara teoritis sedikit lebih besar dibandingkan kuat geser hasil pengujian. Hal ini disebabkan jarak tulangan bambu pada variasi tulangan 1 lebih rekat dibandingkan kuat geser variasi tulangan 2 sehingga kuat geser hasil pengujian pada variasi tulangan 1 lebih besar dibandingkan perhitungan teoritis. Tulangan yang digunakan pada variasi 1 lebih banyak sehingga meningkatkan panel dalam menahan kuat geser. Nilai perhitungan teoritis pada variasi tulangan 1 dan 2 sama, pada perhitungan teoritis jarak tulangan tidak mempengaruhi besarnya kuat geser, karena nilai  $V_s$  juga dibatasi dalam SNI-03 2002. Selain itu pada perhitungan teoritis menjadi kecil karena dikalikan angka keamanan.