

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Bahan

Dalam Penelitian ini tidak dilakukan analisa terhadap semen dan agregat halus. Campuran spesi yang digunakan untuk semen dan agregat halus adalah 1 : 3 dengan menggunakan faktor air semen 0,5. Untuk bamboo menggunakan bambu apus.

##### 4.1.1 Semen

Semen yang digunakan yaitu PPC (*Portland Pozzolan Cement*) yang berasal dari Gresik. PPC merupakan semen hidrolis yang dibuat dengan cara menggiling terak, *gypsum*, dan bahan *pozzolan*. Semen tersebut digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.

##### 4.1.2 Pasir (Agregat Halus)

Pasir yang digunakan merupakan pasir yang umum terdapat di pasaran dengan syarat ukuran butiran yaitu kurang dari 4 mm. untuk memenuhi persyaratan tersebut pasir diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 4 mm.

##### 4.1.3 Air

Air yang digunakan untuk membuat campuran mortar adalah air yang berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang.

##### 4.1.4 Lerak

Busa lerak yang digunakan dalam campuran mortar didapatkan dengan mengaduk sari lerak dengan kecepatan tinggi sehingga didapatkan busa lerak yang padat. Sari lerak yang digunakan berasal dari perasan buah lerak yang telah direndam dengan air panas sampai lunak kemudian di buang bijinya.

##### 4.1.5 Tulangan Bambu

Tulangan yang digunakan memiliki panjang 50 cm dengan diameter 8 mm dan 6 mm. tulangan dilapisi dengan melamin sebanyak 2 kali agar awet dan kedap air. Tulangan juga ditaburi pasir untuk meningkatkan lekatan antara bambu dengan mortar. Terdapat dua jenis bentuk tulangan, yang pertama polos, yang kedua bersirip dengan melilitkan kawat sepanjang tulangan.

#### 4.1.6 Melamin

Melamin yang digunakan merupakan melamin merk Impra yang umum terdapat dipasaran. Melamin digunakan untuk menjaga agar tulangan bamboo awet dan kedap air, serta sebagai perekat pasir yang di taburkan pada tulangan.

#### 4.1.7 Kawat

Kawat yang digunakan merupakan kawat bendrat dengan diameter berukuran 1 mm. kawat dililitkan pada tulangan untuk untuk meningkatkan ptegangan lekat.

### 4.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar dan *Pull Out*

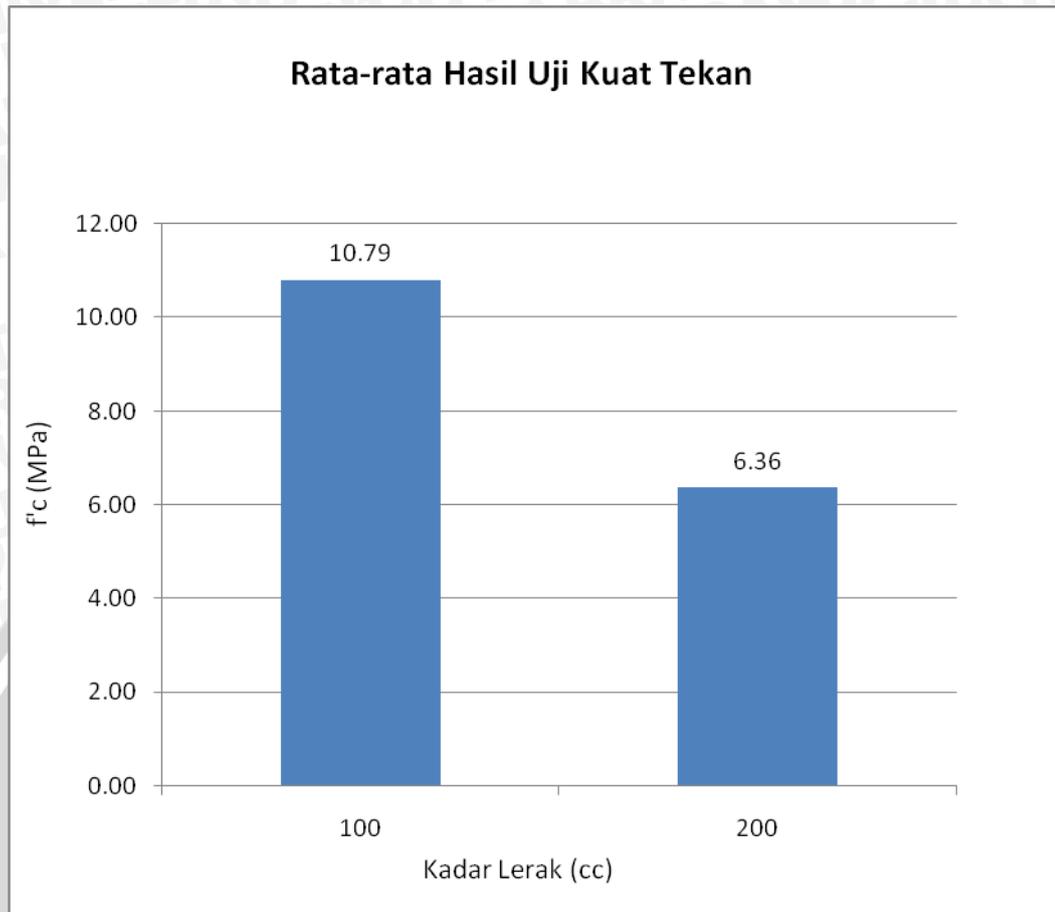
#### 4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan saat mortar berumur lebih dari 28 hari, dimana pengujian kuat tekan ini untuk mengetahui mutu mortar yang telah dibuat. Tiap pengecoran satu variasi kadar lerak diambil 3 sampel benda uji mortar. Bentuk benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Dari pengujian kuat tekan yang dilakukan didapatkan data seperti pada tabel 4.1. kuat tekan mortar ( $f'_c$ ) didapatkan dari persamaan (2-1).

Tabel 4.1 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar

Variasi kadar lerak	Benda Uji	Berat	Beban Maksimum	A	$f'_c$	$f'_c$ rata-rata
		(kg)	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)
100 cc	1	9.62	20400	17671.5	11.54	10.79
	2	9.80	13500	17671.5	7.64	
	3	9.68	23300	17671.5	13.19	
200 cc	1	6.68	12740	17671.5	7.21	6.36
	2	5.80	7004	17671.5	3.96	
	3	6.09	13961	17671.5	7.90	



Gambar 4.1 Grafik rata-rata hasil pengujian kuat tekan mortar

#### 4.2.2 Pengujian *Pull out* Benda Uji

Benda uji berupa tulangan bambu dengan panjang 50 cm yang diberi silinder mortar berdiameter 75 mm dengan tinggi 150 mm di kedua ujungnya. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur lebih dari 28 hari. Pengujian *pull out* dilakukan dengan memberi beban tarik pada bagian mortar benda uji secara bertahap sampai tulangan terlepas dari mortar.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Lever Type Creeping Tester* yang telah dimodifikasi sebelumnya sehingga dapat menahan posisi mortar saat dibebani. Pada plat penahan yang menarik mortar diberi *Dial Gauge* untuk mengukur selip yang terjadi. Segala kejadian dan proses pengujian diamati dan dicatat. Pembacaan selip dilakukan setiap beban 10 kg sampai benda uji tidak dapat menahan beban lagi dan tulangan terpisah dari mortar. Hal ini ditunjukkan bila pembacaan selip pada *dial gauge* bertambah terus pada beban terakhir yang

diberikan. Posisi benda uji dan *dial gauge* pada *Lever Type Creeping Tester* saat Pengujian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.2 Posisi dial gauge dan benda uji saat pengujian

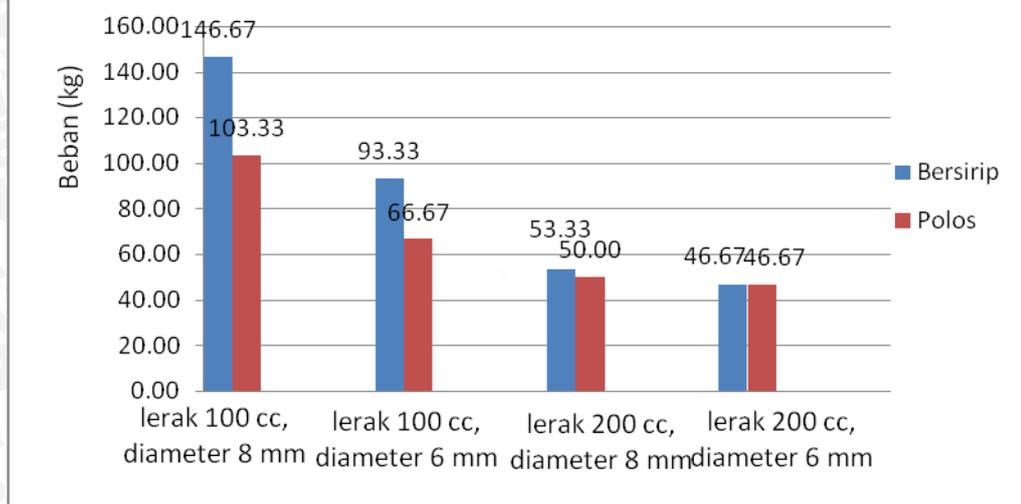
Dari data hasil pengujian *pull out* didapatkan hasil berupa kapasitas beban yang dapat ditahan oleh benda uji untuk tiap perlakuan. Pada tabel 4.2 disajikan rekapitulasi dari kapasitas beban hasil pengujian *pull out* untuk masing masing perlakuan benda uji.

Dari Gambar 4.4 terlihat kapasitas beban *pull out* rata-rata yang dimiliki tiap variasi benda uji. Benda uji dengan kadar busa lerak lebih besar memiliki kapasitas beban *pull out* yang lebih kecil. Dilihat dari ukuran diameter benda uji dengan diameter lebih besar memiliki kapasitas beban lebih besar. Sedangkan tulangan bambu yang di berisirip memiliki kapasitas beban lebih besar daripada tulangan bambu polos.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Kapasitas Beban Hasil Pengujian *Pull Out*

Variasi Benda Uji			Benda Uji	Kapasitas Beban	
				Beban Pengujian (kg)	Beban Rata-rata (kg)
Lerak 100 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	140	146.67
			2	150	
			3	150	
		Polos	1	90	103.33
			2	120	
			3	100	
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	70	93.33
			2	120	
			3	90	
		Polos	1	70	66.67
			2	80	
			3	50	
Lerak 200 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	60	53.33
			2	40	
			3	60	
		Polos	1	40	50.00
			2	60	
			3	50	
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	30	46.67
			2	50	
			3	60	
		Polos	1	40	46.67
			2	50	
			3	50	

Rata-rata Kapasitas Beban *Pull Out* Hasil Pengujian



Gambar 4.3 Grafik rata-rata kapasitas beban *pull out* hasil pengujian

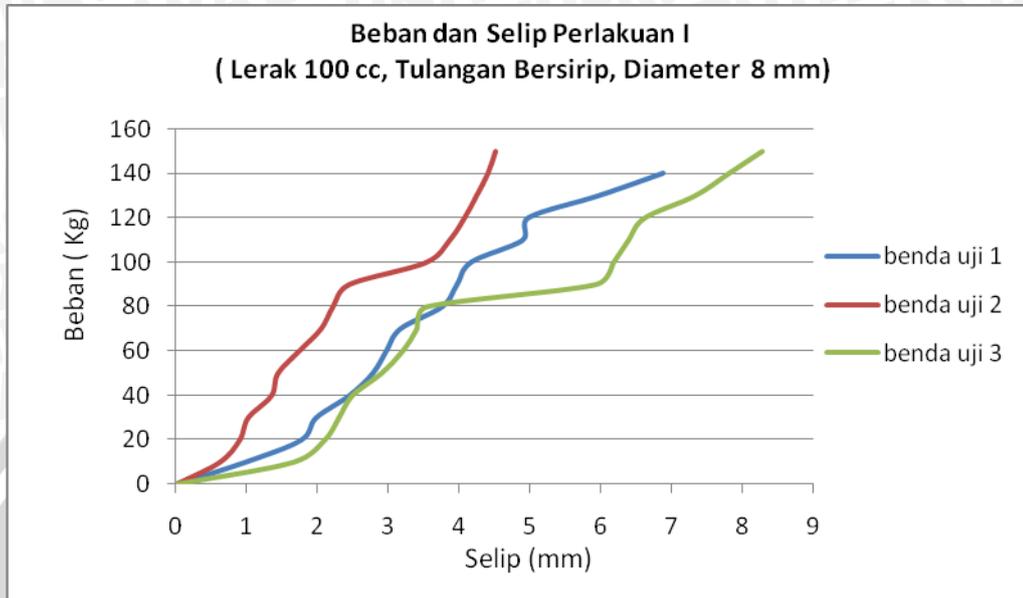
Dari data kapasitas beban tersebut maka dapat dihitung tegangan lekat eksperimen rata-rata menggunakan (2-2). Sedangkan untuk besar tegangan lekat teoritis digunakan rumus (2-6) yang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 yang bisa didapatkan dari besar kuat tekan mortar ( $f'c$ ) dan diameter tulangan. Pada tabel 4.3 disajikan Perbandingan antara tegangan lekat eksperimen dan tegangan lekat teoritis berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.

Tabel 4.3 Perbandingan Tegangan Lekat eksperimen Dengan Tegangan Lekat Teoritis

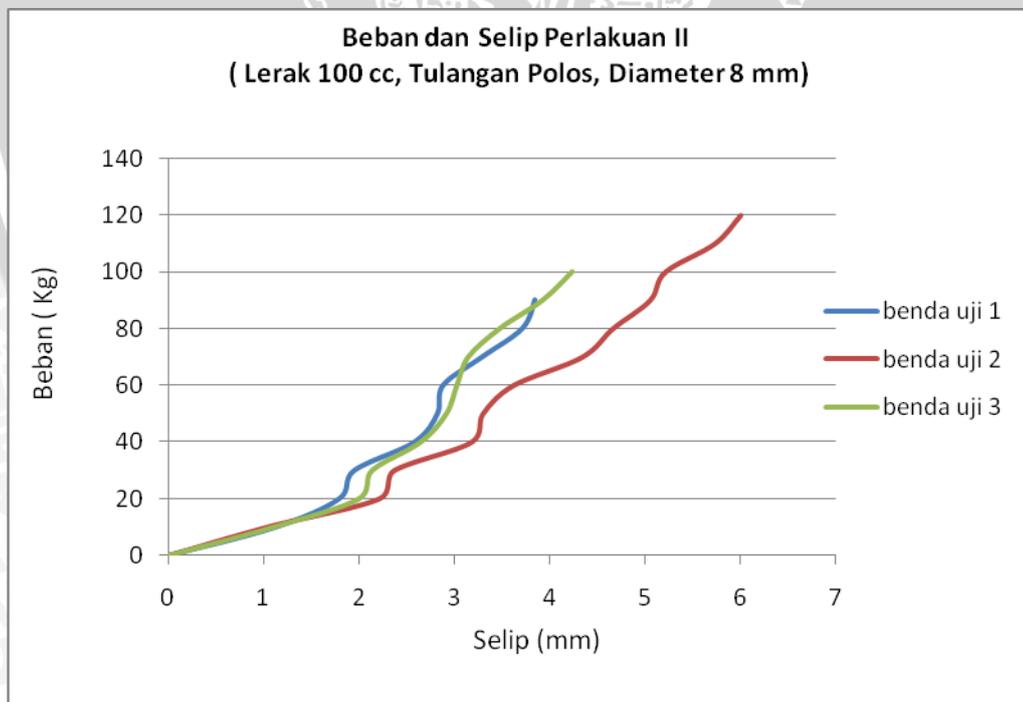
Variasi Benda Uji			Benda Uji	Tegangan Lekat Eksperimen (Mpa)	Tegangan Lekat Eksperimen Rata- Rata (Mpa)	Tegangan Lekat teoritis (Mpa)
Lerak 100 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	0.1485	0.1556	6.8446
			2	0.1591		
			3	0.1591		
		Polos	1	0.0955	0.1290	
			2	0.1591		
			3	0.1326		
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	0.0928	0.1237	9.1261
			2	0.1591		
			3	0.1193		
		Polos	1	0.1237	0.1178	
			2	0.1414		
			3	0.0884		
Lerak 200 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	0.0636	0.0566	5.2541
			2	0.0424		
			3	0.0636		
		Polos	1	0.0530	0.0663	
			2	0.0795		
			3	0.0663		
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	0.0398	0.0619	7.0054
			2	0.0663		
			3	0.0795		
		Polos	1	0.0707	0.0825	
			2	0.0884		
			3	0.0884		

Dalam penelitian uji *pull out* ini juga di dapatkan besar selip yang terjadi yang terjadi antara mortar ringan dengan tulangan bambu pada masing-masing jenis perlakuan. Besar beban dan selip yang bekerja pada masing-masing benda

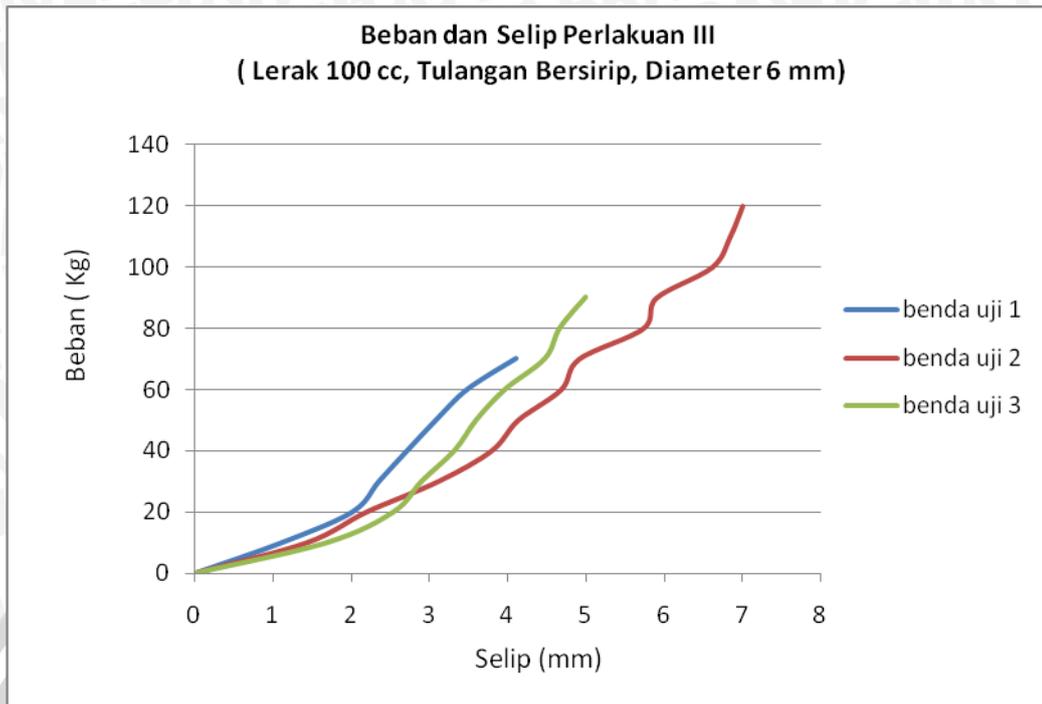
uji selengkapnya disajikan dalam lampiran. Hasil pengujian dapat digambarkan dalam grafik hubungan antara beban yang di terima benda uji dan selip.



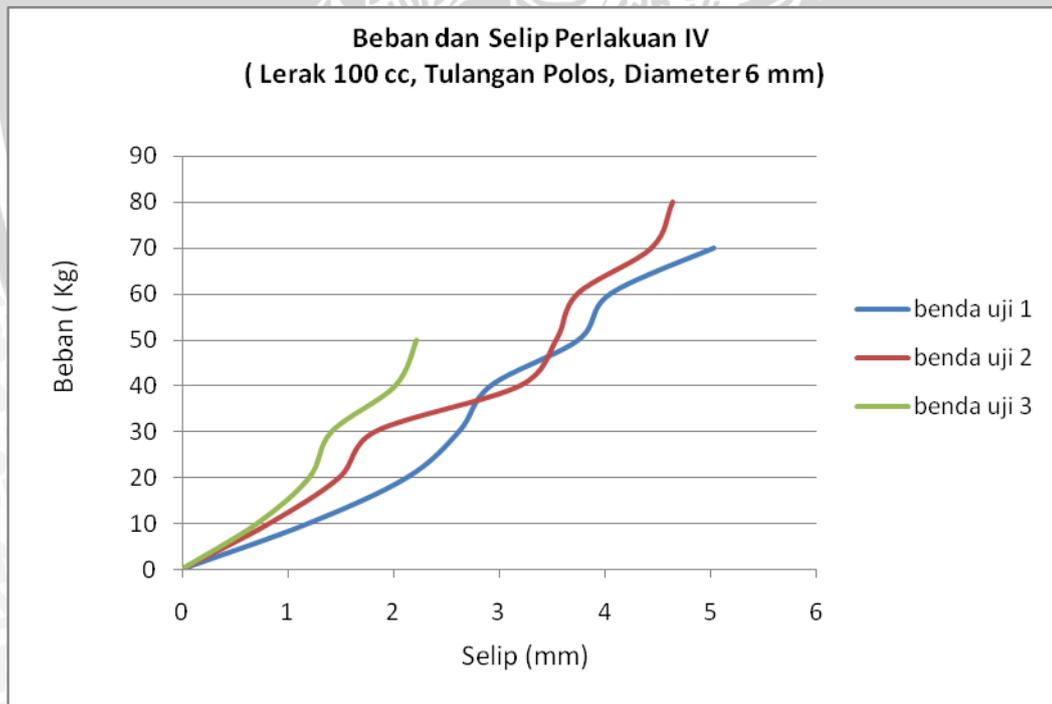
Gambar 4.4 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 100cc, tulangan bersirip, diameter 8 mm



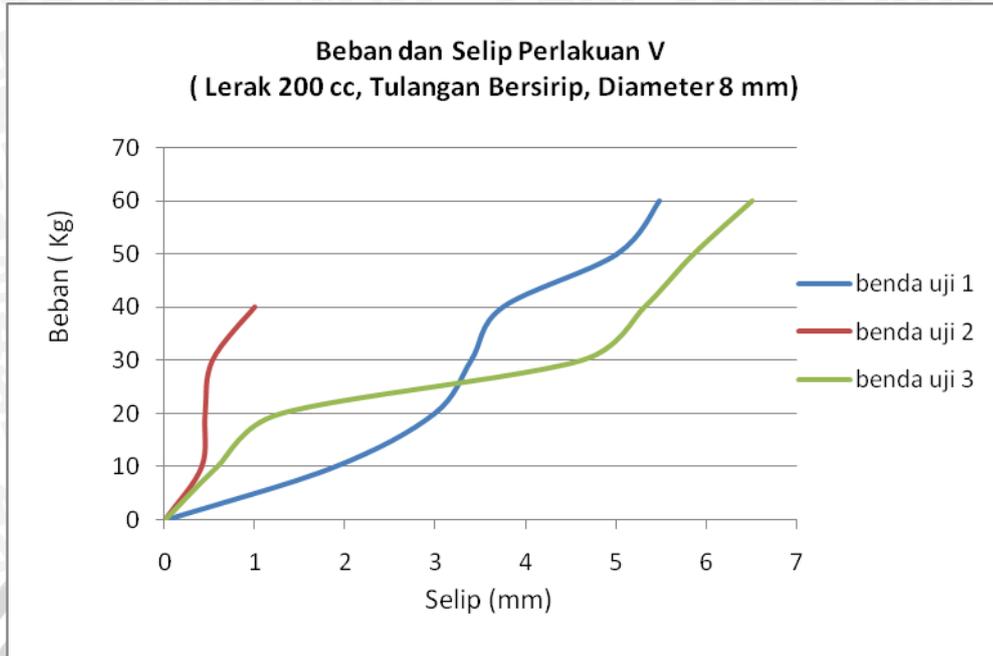
Gambar 4.5 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 100cc, tulangan polos, diameter 8 mm



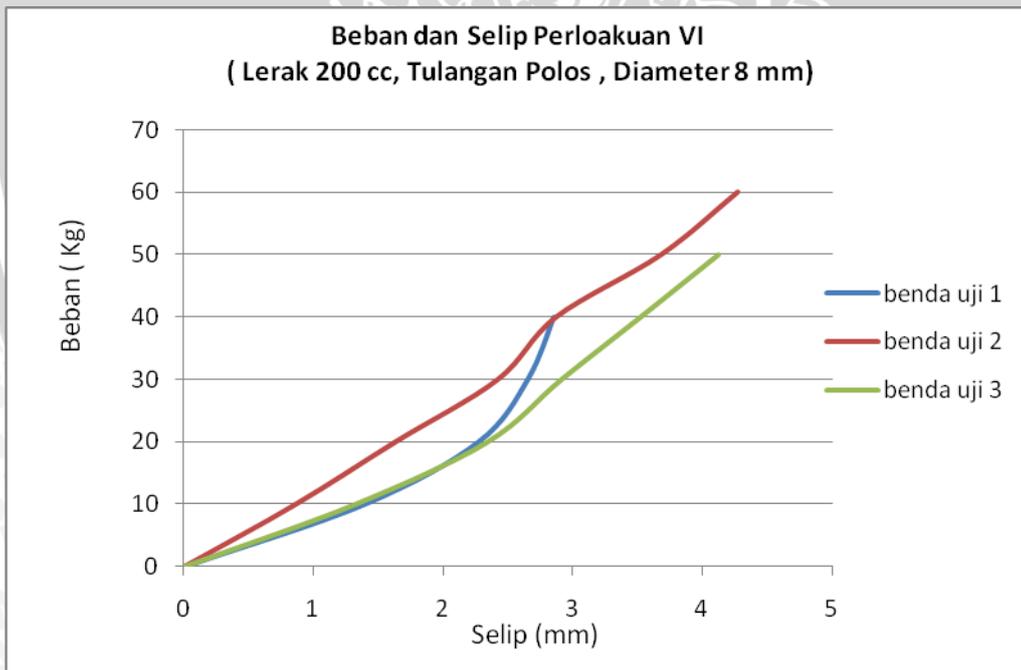
Gambar 4.6 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 100cc, tulangan bersirip, diameter 6 mm



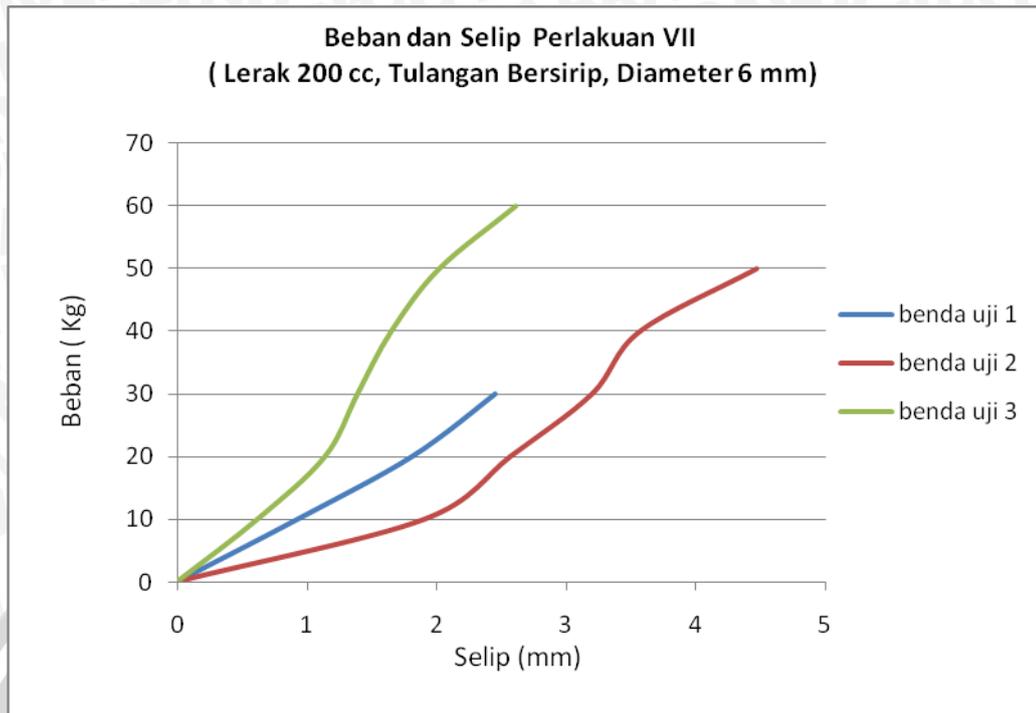
Gambar 4.7 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 100cc, tulangan polos, diameter 6 mm



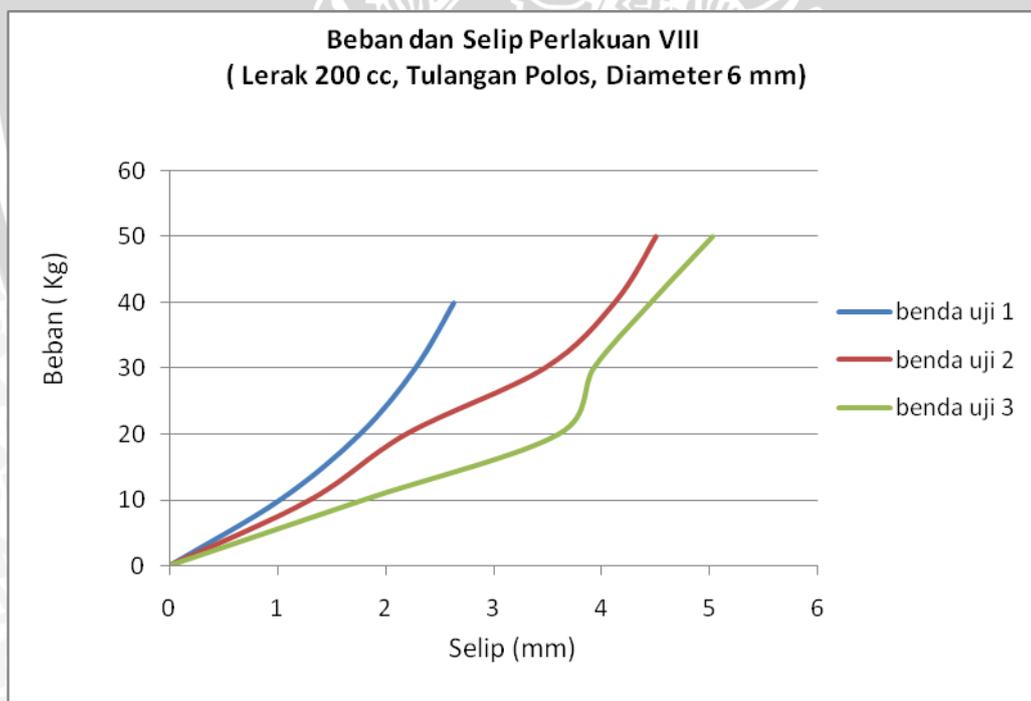
Gambar 4.8 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 200cc, tulangan bersirip, diameter 8 mm



Gambar 4.9 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 200cc, tulangan polos, diameter 8 mm



Gambar 4.10 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 200cc, tulangan berserip, Diameter 6 mm

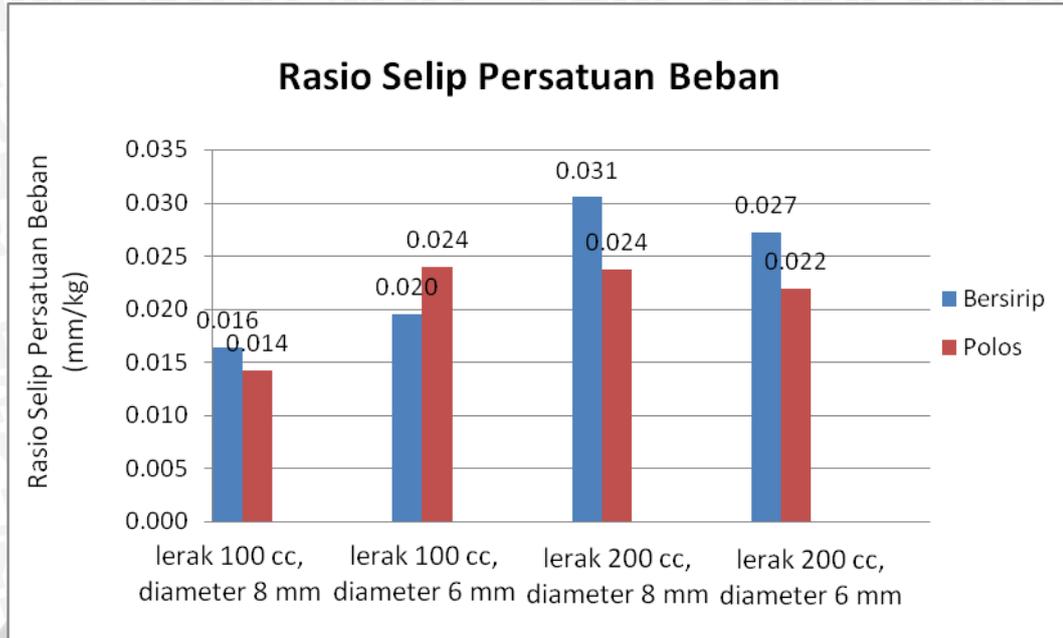


Gambar 4.11 Grafik hubungan beban dan selip benda uji variasi lerak 200cc, tulangan berserip, diameter 6 mm

Akan tetapi selip maksimum yang terjadi pada masing-masing perlakuan tersebut harus di analisis dalam bentuk rasio antara selip dengan kapasitas beban. Hal ini dikarenakan masing-masing perlakuan memiliki kapasitas beban yang berbeda pula.

Tabel 4.4 Rasio Selip Persatuan Beban

Variasi Benda Uji			Benda Uji	Selip Pada Beban Maksimum			
				Beban (kg)	Selip (mm)	Rasio (mm/kg)	Rata-rata (mm/kg)
Lerak 100 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	140	6.88	0.049	0.016
			2	150	4.52	0.030	
			3	150	8.28	0.055	
		Polos	1	90	3.84	0.043	0.014
			2	120	6.00	0.050	
			3	100	4.24	0.042	
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	70	4.10	0.059	0.020
			2	120	7.00	0.058	
			3	90	5.00	0.056	
		Polos	1	70	5.03	0.072	0.024
			2	80	4.64	0.058	
			3	50	2.21	0.044	
Lerak 200 cc	Diameter 8 mm	Bersirip	1	60	5.49	0.092	0.031
			2	40	1.00	0.025	
			3	60	6.52	0.109	
		Polos	1	40	2.85	0.071	0.024
			2	60	4.27	0.071	
			3	50	4.12	0.082	
	Diameter 6 mm	Bersirip	1	30	2.45	0.082	0.027
			2	50	4.47	0.089	
			3	60	2.61	0.044	
		Polos	1	40	2.63	0.066	0.022
			2	50	4.50	0.090	
			3	50	5.02	0.100	



Gambar 4.12 Grafik rasio selip persatuan beban

### 4.3 Analisis Data Hasil Pengujian *Pull Out*

#### 4.3.1 Pengujian Hipotesis untuk Mengetahui Pengaruh Variasi Kadar Busa Lerak, Diameter Tulangan, dan Bentuk Tulangan Terhadap Kapasitas Beban *Pull Out*

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh variasi busa lerak, diameter tulangan, dan bentuk terhadap kapasitas beban pull out. Hipotesis yang dapat di uji adalah tidak terdapat efek setiap faktor dan tidak terdapat efek interaksi setiap faktor. interaksi antara faktor-faktor. Berikut adalah kriteria pengujian analisis varian Faktorial  $2^3$  :

$$H_1 : A_i = 0, (i=1,2,\dots,a)$$

$$H_2 : B_j = 0, (j=1,2,\dots,b)$$

$$H_3 : AB_{ij} = 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } j=1,2,\dots,b)$$

$$H_4 : C_k = 0, (i=1,2,\dots,c)$$

$$H_5 : AC_{ik} = 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } k=1,2,\dots,c)$$

$$H_6 : BC_{jk} = 0, (j=1,2,\dots,b \text{ dan } k=1,2,\dots,c)$$

$$H_7 : ABC_{ijk} = 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } j=1,2,\dots,b \text{ dan } k=1,2,\dots,c)$$

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

$n = 3$  (jumlah replikasi)

$a = 2$  (jumlah variasi kadar busa lerak)

$b = 2$  (jumlah variasi diameter tulangan)

$c = 2$  (jumlah variasi bentuk tulangan)

Tabel 4.5 Data Analisis Statistik Untuk Kapasitas Beban *Pull Out*

Komposisi Busa Lerak	Diameter Tulangan			
	6 mm		8 mm	
	Jenis Tulangan		Jenis Tulangan	
	Polos	Bersirip	Polos	Bersirip
100 cc	70	70	90	140
	80	120	120	150
	50	90	100	150
<b>Jumlah</b>	<b>200</b>	<b>280</b>	<b>310</b>	<b>440</b>
200 cc	40	30	40	60
	50	50	60	40
	50	60	50	60
<b>Jumlah</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>

Tabel 4.6 Metode Yates Untuk Menghitung Kontras Kapasitas Beban *Pull Out*

Perlakuan	Respon	Kolom (1)	Kolom (2)	Kontras	JK
(1)	200.0	340.0	800.0	1820.0	138016.67
a	140.0	460.0	1020.0	-640.0	17066.67
b	310.0	420.0	-220.0	300.0	3750.00
ab	150.0	600.0	-420.0	-240.0	2400.00
c	280.0	-60.0	120.0	220.0	2016.67
ac	140.0	-160.0	180.0	-200.0	1666.67
bc	440.0	-140.0	-100.0	60.0	150.00
abc	160.0	-280.0	-140.0	-40.0	66.67

$$\sum Y^2 = (70^2) + (80^2) \dots \dots \dots + (60^2) = 168400$$

$$R_y = \frac{(70 + 80 + \dots \dots \dots 60)^2}{24} = 138016,67$$

$$E_y = 168400 - 138016,67 - 17066,67 - 3750 - 24000 - 2016,67 - 1666,67 - 150 - 66,67 = 3266,67$$

Tabel 4.7 Hasil Analisis Varian Data Terhadap Kapasitas Beban *Pull Out*

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F <sub>hitung</sub>	F <sub>Tabel</sub>
Rata-rata Perlakuan	1	138016.67	138016.67		
A	1	17066.67	17066.67	83.59	4,49
B	1	3750.00	3750.00	18.37	4,49
AB	1	2400.00	2400.00	11.76	4,49
C	1	2016.67	2016.67	9.88	4,49
AC	1	1666.67	1666.67	8.16	4,49
BC	1	150.00	150.00	0.73	4,49
ABC	1	66.67	66.67	0.33	4,49
Kekeliruan	16	3266.67	204.17		
Jumlah	24	168400.00	-	-	

Dari tabel 4.7 maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk sumber variasi A karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_1$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi kadar busa lerak berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.
- Untuk sumber variasi B karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_2$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi diameter tulangan berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.
- Untuk sumber variasi AB karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_3$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak dan variasi diameter tulangan berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.
- Untuk sumber variasi C karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_4$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi bentuk tulangan berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.
- Untuk sumber variasi AC karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_5$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak dan variasi bentuk tulangan berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.
- Untuk sumber variasi BC karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_6$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi diameter tulangan dan

variasi bentuk tulangan tidak berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.

- g. Untuk sumber variasi ABC karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_7$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak, variasi diameter tulangan, dan bentuk tulangan tidak berpengaruh terhadap kapasitas beban *pull out*.

#### 4.3.2 Pengujian Hipotesis untuk Mengetahui Pengaruh Variasi Kadar Busa Lerak, Diameter Tulangan, dan Bentuk Tulangan Terhadap Selip

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh variasi busa lerak, diameter tulangan, dan bentuk terhadap kapasitas beban *pull out*. Hipotesis yang dapat di uji adalah tidak terdapat efek setiap faktor dan tidak terdapat efek interaksi setiap faktor. interaksi antara faktor-faktor. Berikut adalah kriteria pengujian analisis varian Faktorial  $2^3$  :

$$\begin{aligned}
 H_1 : A_i &= 0, (i=1,2,\dots,a) \\
 H_2 : B_j &= 0, (j=1,2,\dots,b) \\
 H_3 : AB_{ij} &= 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } j=1,2,\dots,b) \\
 H_4 : C_k &= 0, (i=1,2,\dots,c) \\
 H_5 : AC_{ik} &= 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } k=1,2,\dots,c) \\
 H_6 : BC_{jk} &= 0, (j=1,2,\dots,b \text{ dan } k=1,2,\dots,c) \\
 H_7 : ABC_{ijk} &= 0, (i=1,2,\dots,a \text{ dan } j=1,2,\dots,b \text{ dan } k=1,2,\dots,c)
 \end{aligned}$$

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

$n = 3$  (jumlah replikasi)

$a = 2$  (jumlah variasi kadar busa lerak)

$b = 2$  (jumlah variasi diameter tulangan)

$c = 2$  (jumlah variasi bentuk tulangan)

Tabel 4.8 Data Analisis Statistik Untuk Rasio Selip Persatuan Beban

Komposisi Busa Lerak	Diameter Tulangan			
	6 mm		8 mm	
	Jenis Tulangan		Jenis Tulangan	
	Polos	Bersirip	Polos	Bersirip
100 cc	0.072	0.059	0.043	0.049
	0.058	0.058	0.050	0.023
	0.044	0.056	0.042	0.055
<b>Jumlah</b>	<b>0.174</b>	<b>0.172</b>	<b>0.135</b>	<b>0.128</b>
200 cc	0.066	0.082	0.071	0.092
	0.090	0.089	0.071	0.025
	0.100	0.044	0.082	0.109
<b>Jumlah</b>	<b>0.256</b>	<b>0.215</b>	<b>0.225</b>	<b>0.225</b>

Tabel 4.9 Metode Yates Untuk Menghitung Kontras Rasio Selip Persatuan Beban

Perlakuan	Respon	Kolom (1)	Kolom (2)	Kontras	JK
(1)	0.174	0.430	0.790	1.530	0.097549
a	0.256	0.360	0.740	0.311	0.004038
b	0.135	0.387	0.172	-0.104	0.000454
ab	0.225	0.353	0.139	0.063	0.000165
c	0.172	0.082	-0.070	-0.050	0.000105
ac	0.215	0.090	-0.034	-0.032	0.000044
bc	0.128	0.042	0.008	0.036	0.000055
abc	0.225	0.097	0.055	0.048	0.000094

$$\sum Y^2 = (0,072^2) + (0,058^2) \dots \dots \dots + (0,109^2) = 9579,26$$

$$R_y = \frac{(0,072 + 0,058 + \dots \dots \dots 0,109)^2}{24} = 0,097549$$

$$E_y = 0,109326 - 0,097549 - 0,004038 - 0,000454 - 0,000165 - 0,000105 - 0,000044 - 0,000055 - 0,000094 = 0,06822$$



Tabel 4.10 Hasil Analisis Varian Data Terhadap Selip

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>
Rata-rata					
Perlakuan	1	0.097549	0.097549		
A	1	0.004038	0.004038	9.47	4.49
B	1	0.000454	0.000454	1.06	4.49
AB	1	0.000165	0.000165	0.39	4.49
C	1	0.000105	0.000105	0.25	4.49
AC	1	0.000044	0.000044	0.10	4.49
BC	1	0.000055	0.000055	0.13	4.49
ABC	1	0.000094	0.000094	0.22	4.49
Kekeliruan	16	0.006822	0.000426		
Jumlah	24	0.11	-	-	

Dari tabel 4.10 maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk sumber variasi A karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_1$  ditolak. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi kadar busa lerak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.
- Untuk sumber variasi B karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_2$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi diameter tulangan tidak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.
- Untuk sumber variasi AB karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_3$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak dan variasi diameter tulangan tidak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.
- Untuk sumber variasi C karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_4$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa variasi bentuk tulangan tidak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.
- Untuk sumber variasi AC karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_5$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak dan variasi bentuk tulangan berpengaruh terhadap selip yang terjadi.

- f. Untuk sumber variasi BC karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_6$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi diameter tulangan dan variasi bentuk tulangan tidak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.
- g. Untuk sumber variasi ABC karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_7$  diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kadar busa lerak, variasi diameter tulangan, dan bentuk tulangan tidak berpengaruh terhadap selip yang terjadi.

#### 4.4 Pembahasan

##### 4.4.1 Kapasitas Beban *Pull Out*

Beban yang diperoleh dari hasil pengujian *pull out* merupakan kapasitas beban maksimum hingga benda uji mengalami keruntuhan. Semakin bertambahnya beban benda uji akan mengalami deformasi berupa selip yang makin besar pula. Beban yang terjadi akan ditahan oleh lekatan yang terjadi antara tulangan dengan mortar. lekatan yang terjadi antara tulangan dan mortar ini diakibatkannya adanya friksi, adhesi dan *interlocking* antara permukaan tulangan dengan permukaan mortar.

Semakin besarnya pertambahan beban mengakibatkan tegangan lekat yang terjadi antara tulangan dan mortar melewati kondisi maksimum. Hal ini menyebabkan lepasnya lekatan antara mortar dengan tulangan. Hal ini di ikuti dengan lepasnya lapisan pasir dan melamin pada daerah tulangan yang tadinya terbungkus mortar

Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 terlihat kapasitas beban *pull out* rata-rata yang dimiliki tiap variasi benda uji. Dilihat dari ukuran diameter benda uji dengan diameter lebih besar memiliki kapasitas beban lebih besar. Seperti terlihat pada benda uji berkadar lerak 100 cc. Tulangan bersirip diameter 8 mm yang memiliki kapasitas beban sebesar 146,67 kg sedangkan benda uji dengan tulangan polos berdiameter 6 mm memiliki kapasitas beban sebesar 93,33 kg .Tulangan polos diameter 8 mm yang memiliki kapasitas beban sebesar 103,33 kg sedangkan benda uji dengan tulangan polos berdiameter 6 mm memiliki kapasitas beban sebesar 66,67 kg. Begitu pula dengan benda uji berkadar lerak 200 cc. Tulangan bersirip berdiameter 8 mm memiliki kapasitas beban sebesar 53,33 kg sedangkan

tulangan bersirip berdiameter 6 mm memiliki kapasitas beban sebesar 46,67. Tulangan polos berdiameter 8 mm memiliki kapasitas beban sebesar 50 kg sedangkan tulangan polos berdiameter 6 mm memiliki kapasitas beban sebesar 46,67. Hal ini dikarenakan semakin besar diameter maka luas permukaan bidang kontak antara tulangan dengan mortar yang semakin besar sehingga beban yang dapat ditahanpun semakin besar.

Sedangkan jika dilihat dari faktor bentuk tulangan, tulangan bambu yang berisirip memiliki kapasitas beban lebih besar daripada tulangan bambu polos. Benda uji dengan busa lerak 100 cc dengan diameter 8 mm memiliki kapasitas beban sebesar 146,67 kg dan 103,33 kg untuk tulangan bersirip dan polos. Benda uji dengan busa lerak 100 cc dengan diameter 6 mm memiliki kapasitas beban sebesar 93,33 kg dan 66,67 kg untuk tulangan bersirip dan polos. Benda uji dengan busa lerak 200 cc dengan diameter 8 mm memiliki kapasitas beban sebesar 53,33 kg dan 50,00 kg untuk tulangan bersirip dan polos. Hal ini dikarenakan dengan adanya sirip pada tulangan akan mengakibatkan adanya interlocking antara tulangan dengan mortar sehingga dapat meningkatkan kapasitas beban. Namun untuk benda uji dengan kadar busa lerak 200 cc dengan tulangan berdiameter 6 mm menghasilkan kapasitas beban yang sama untuk kedua bentuk tulangan yakni sebesar 46,67 hal ini dimungkinkan terjadi akibat kesalahan pada saat pembuatan, perawatan, ataupun pengujian benda uji.

Benda uji dengan kadar busa lerak lebih besar memiliki kapasitas beban *pull out* yang lebih kecil. Seperti terlihat pada benda uji dengan tulangan bersirip berdiameter 8 mm yang memiliki kapasitas beban sebesar 146,67 kg untuk kadar busa lerak 100 cc dan sebesar 53,33 kg untuk kadar busa lerak 200 cc. Untuk benda uji dengan tulangan polos berdiameter 8 mm polos memiliki kapasitas beban sebesar 103,33 kg untuk kadar busa lerak 100 cc dan 50 kg untuk kadar busa lerak 200 cc.

Benda uji dengan tulangan bersirip berdiameter 6 mm yang memiliki kapasitas beban sebesar 93,33 kg untuk kadar busa lerak 100 cc dan sebesar 46,67 kg untuk kadar busa lerak 200 cc. Untuk benda uji dengan tulangan polos berdiameter 6 mm polos memiliki kapasitas beban sebesar 66,67 kg untuk kadar busa lerak 100 cc dan 46,67 kg untuk kadar busa lerak 200 cc.

Peningkatan kapasitas beban yang berbanding terbalik dengan penambahan kadar busa lerak ini disebabkan karena dengan adanya penambahan kadar busa lerak akan mengurangi kepadatan dari mortar yang berakibat pada menurunnya berat dan kekuatan mortar sehingga mengurangi daya lekat mortar terhadap tulangan.

Hal ini sesuai dengan rumus yang diberikan pada SKSNI T-15-1991-03 mengenai hubungan tegangan lekat dengan kuat tekan mortar bahwa semakin tinggi kuat tekan maka akan semakin tinggi kuat lekatnya.

Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 tegangan lekat teoritis tulangan bisa didapatkan dari besar kuat tekan mortar ( $f_c$ ) dan diameter tulangan. Seperti terlihat pada tabel 4.3. Dari tabel di atas terlihat bahwa hasil yang didapatkan dari penelitian cukup jauh dari standar dari SKSNI T-15-1991-03. Tegangan lekat untuk benda uji dengan kadar lerak 100 cc dengan tulangan polos berdiameter 6 mm menghasilkan tegangan sebesar 0,1178 MPa sedangkan menurut SKSNI T-15-1991-03 menghasilkan tegangan sebesar 9,1261. Hasil ini dikarenakan Rumus empiris berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 tersebut digunakan untuk beton normal bertulang baja, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan mortar ringan bertulang bambu yang memiliki lekatan antara tulangan dan mortar yang lebih rendah.

Akan tetapi meskipun mendapatkan hasil yang cukup jauh dari standar, dapat dilihat bahwa benda uji dengan kadar busa lerak 200 cc, diameter 8 mm, bersirip memiliki besar tegangan lekat yang paling mendekati tegangan lekat berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 dibandingkan benda uji yang lain. Yaitu sebesar 0,1556 MPa dengan standar SKSNI T-15-1991-03 sebesar 6,8446 MPa.

Pengujian analisis varian faktorial  $2^3$  dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi kadar lerak, diameter dan bentuk. Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini terdapat 3 buah faktor yaitu kadar busa lerak, diameter tulangan, dan bentuk tulangan dengan masing-masing memiliki 2 variasi.

Dari hasil pengujian analisis varian ini didapatkan hasil bahwa kadar busa lerak, diameter tulangan dan bentuk tulangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas beban *pull out*. sedangkan untuk pengaruh dari interaksi dari faktor-faktor tersebut terlihat bahwa interaksi antara kadar busa lerak dan

diameter tulangan serta interaksi kadar busa lerak dan bentuk tulangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas beban *pull out*. Namun untuk interaksi antara diameter tulangan dan bentuk tulangan tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Hal ini disebabkan diameter tulangan dan bentuk tulangan merupakan faktor yang tidak saling mempengaruhi. Interaksi antara kadar busa lerak, diameter tulangan dan bentuk tulangan juga tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas beban *pull out*. Hal ini dikarenakan dimungkinkan karena kadar busa lerak memberikan pengaruh negatif sedangkan diameter tulangan dan bentuk tulangan memberikan efek positif sehingga efek yang diberikan interaksi ketiga faktor ini menjadi tidak berpengaruh.

#### 4.4.2 Selip

Dalam *pull out* ini juga didapatkan hasil berupa besar selip maksimum yang terjadi antara mortar dengan tulangan. Namun akan sulit membandingkan selip maksimum yang terjadi tersebut antar perlakuan benda uji. Hal ini disebabkan kapasitas beban yang berbeda untuk tiap perlakuan. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut selip tersebut harus dianalisis dalam bentuk rasio antara selip maksimum dengan dengan beban maksimum yaitu besar selip tiap satuan beban.

Dari Tabel 4.4 dan Grafik 4.12 disajikan rasio selip persatuan beban untuk tiap perlakuan benda uji. seperti yang terlihat untuk benda uji dengan tulangan berdiameter 8 mm bersirip memiliki rasio 0,016 mm/kg untuk kadar lerak 100 cc dan 0,031 untuk kadar lerak 200 cc. Sedangkan untuk benda uji dengan tulangan polos berdiameter 8 mm rasio yang dihasilkan adalah 0,014 mm/kg untuk kadar lerak 100 cc dan 0,024 mm/kg untuk kadar lerak 200 cc. Benda uji dengan tulangan berdiameter 6 mm bersirip memiliki rasio 0,020 mm/kg untuk kadar lerak 100 cc dan 0,027 mm/kg untuk kadar lerak 200 cc. Sedangkan untuk benda uji dengan tulangan polos berdiameter 6 mm rasio yang dihasilkan adalah 0,024 mm/kg untuk kadar lerak 100 cc dan 0,022 mm/kg untuk kadar lerak 200 cc. sehingga dapat disimpulkan benda uji dengan kadar busa lerak lebih rendah rata-rata memiliki rasio yang lebih kecil. hal ini terjadi karena kadar busa lerak akan

mengurangi kepadatan dan kekuatan mortar sehingga akan mengurangi daya lekat mortar terhadap tulangan.

Sedangkan dilihat dari faktor diameter tulangan, benda uji dengan kadar lerak 100 cc bertulangan sirip diameter 8 mm memiliki rasio sebesar 0,016 mm/kg dan untuk diameter 6 mm sebesar 0,020 mm/kg. Benda uji dengan kadar lerak 100 cc bertulangan polos diameter 8 mm memiliki rasio sebesar 0,014 mm/kg dan untuk diameter 6 mm sebesar 0,024 mm/kg. Benda uji dengan kadar lerak 200 cc bertulangan sirip diameter 8 mm memiliki rasio sebesar 0,031 mm/kg dan untuk diameter 6 mm sebesar 0,027 mm/kg. Benda uji dengan kadar lerak 200 cc bertulangan polos diameter 8 mm memiliki rasio sebesar 0,014 mm/kg dan untuk diameter 6 mm sebesar 0,022 mm/kg. Tulangan dengan diameter lebih besar memiliki rasio rata-rata yang lebih kecil. hal ini dikarenakan diameter memiliki bidang kontak antara mortar dan tulangan lebih besar, sehingga memperbesar friksi yang terjadi.

Jika dilihat dari faktor bentuk tulangan, benda uji dengan kadar lerak 100 cc dengan diameter 8 mm memiliki besar rasio sebesar 0,016 mm/kg dan 0,014 mm/kg untuk tulangan bersirip dan polos. Benda uji dengan kadar lerak 100 cc dengan diameter 6 mm memiliki besar rasio sebesar 0,020 mm/kg dan 0,024 mm/kg untuk tulangan bersirip dan polos. Sedangkan benda uji dengan kadar lerak 200 cc dengan diameter 8 mm memiliki besar rasio sebesar 0,031 mm/kg dan 0,024 mm/kg untuk tulangan bersirip dan polos. Benda uji dengan kadar lerak 200 cc dengan diameter 6 mm memiliki besar rasio sebesar 0,027 mm/kg dan 0,022 mm/kg untuk tulangan bersirip dan polos. Dari data tersebut dapat kita ambil kesimpulan bahwa tulangan bersirip rata-rata memiliki rasio yang lebih besar dari pada tulangan polos. Hal ini disebabkan karena sirip dan tulangan tidak sepenuhnya menjadi satu kesatuan karena berasal dari material yang berbeda sehingga masih dimungkinkannya terjadi pergeseran dari sirip yang terpisah dari tulangan sehingga memperbesar selip.

Namun dari hasil uji varian untuk di dapatkan kesimpulan bahwa hanya kadar busa lerak yang berpengaruh. Sedangkan diameter tulangan, dan bentuk tulangan didapatkan kesimpulan bahwa kedua faktor ini tidak berpengaruh secara signifikan dikarenakan perbedaan rasio yang tidak signifikan. Begitu pula dengan

interaksi dari faktor-faktor tersebut. Tidak ada satupun yang memberikan pengaruh yang signifikan karena hanya kadar busa lerak satu-satunya yang berpengaruh terhadap selip.

