

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses hitungan dilakukan setelah mendapatkan data-data dari hasil pengujian dilaboratorium. Bab ini berisi tentang hasil-hasil penelitian yang dianalisis sesuai dengan teori-teori yang berkaitan yaitu meliputi contoh perhitungan, tabel hasil perhitungan, dan grafik beserta pembahasannya, yang selanjutnya akan diuraikan berikut ini.

#### 5.1 Pengujian *Small Specimen*

Pengujian *small specimen* yang dilakukan meliputi penentuan dimensi bata, uji kadar garam bata, uji serapan air bata, uji berat volume kering bata, uji kuat tekan bata, *modulus of rupture*, uji kandungan lumpur pada pasir, uji kuat tekan mortar, dan kuat tarik mortar.

##### 5.1.1 Penentuan Dimensi Bata

Penentuan dimensi bata dimaksudkan untuk mengetahui dimensi dari bata Agung Senuko, Godean yang digunakan dalam pengujian. Sampel yang diuji dimensinya sebanyak 10 bata untuk setiap variasi. Data perhitungan dapat dilihat pada Lampiran II.1, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Dimensi Bata

Variasi	Dimensi	Sampel Bata										Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Atas	P (cm)	22.783	22.735	22.948	23.118	22.880	22.978	23.080	22.805	22.658	23.003	22.899
	L (cm)	10.808	10.788	10.960	10.940	10.983	10.708	10.850	10.933	10.820	10.745	10.854
	T (cm)	5.373	4.933	5.548	5.088	5.155	5.360	5.445	5.298	5.573	5.380	5.315
Tengah	P (cm)	22.495	23.005	23.000	23.000	22.610	22.800	23.008	22.643	23.195	22.965	22.872
	L (cm)	10.538	10.603	10.763	10.765	10.750	10.778	10.923	10.768	10.755	10.773	10.742
	T (cm)	5.133	5.478	5.175	5.180	5.168	5.288	5.255	5.233	5.078	5.098	5.209
Bawah	P (cm)	22.810	22.870	22.753	22.825	23.065	22.813	22.850	22.605	23.060	22.888	22.854
	L (cm)	10.908	10.693	10.663	10.673	10.920	10.658	10.785	10.900	10.840	10.750	10.779
	T (cm)	5.108	5.075	5.298	5.163	4.880	5.110	5.043	5.215	5.195	5.280	5.137

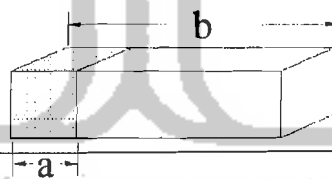
Berdasarkan hasil penentuan dimensi bata seperti pada Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa bata Agung Senuko termasuk bata merah mutu tingkat I, adapun yang dijadikan acuan dalam penentuan mutu bata adalah menggunakan ukuran standar bata NI-10 yang memiliki ukuran panjang = 22-25 cm, lebar = 10.5-12 cm, dan tebal = 4.6-5.6 cm dengan syarat ukuran bata yang diuji tidak ada yang menyimpang. Selain penentuan dimensi bata, juga dilakukan pengamatan secara visual terhadap bata untuk mengetahui karakteristik dari bata, hasil pengamatan adalah sebagai berikut.

1. Pada sisi atas bata permukaannya tidak rata, bagian tepi tidak persegi, bagian bawah bata permukaannya rata dan tepinya persegi. Untuk variasi bawah permukaannya sedikit berwarna hitam/hangus dan retak-retak.
2. Campuran bahan penyusun bata tidak homogen/heterogen dan bata mengandung pasir.

3. Pembakaran bata untuk variasi atas tidak merata, sedangkan untuk variasi tengah dan bawah cukup merata. Bagian dalam bata banyak yang berongga.
4. Warna bata untuk variasi atas ada dua macam yaitu merah muda dan coklat muda.

### 5.1.2 Pengujian Kandungan Garam

Kadar garam yang terlarut pada bata akibat penggunaan air yang mengandung garam ketika pencampuran bata akan mengakibatkan bata mengandung zat asam yang nantinya akan mempengaruhi ikatan bata dengan mortarnya, pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa luas permukaan bata tertutup lapisan putih hal ini menunjukkan adanya pengkristalan garam. Menurut SNI NI-10, 1964 kadar garam dapat dihitung berdasarkan perbandingan luas permukaan yang tertutup lapisan putih (a) dengan luas permukaan total bata (b).



Gambar 5.1 Lapisan garam pada bata

Perhitungan nilai kandungan garam untuk satu sampel seperti berikut ini.

Diketahui data:  $P_{bata} = 23.025 \text{ cm}$ ,  $L_{bata} = 10.553 \text{ cm}$  dan  $T_{bata} = 5.148 \text{ cm}$ .

Setelah dilakukan pengamatan didapat.

Luas permukaan yang tertutup lapisan putih =  $362.670 \text{ cm}^2$ .

Luas permukaan total bata =  $831.623 \text{ cm}^2$ .

Kandungan garam bata =  $(362.670 / 831.623) \times 100\% = 43.6 \%$ .

Untuk nilai prosentase kandungan garam dari setiap variasi dapat ditampilkan pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Kandungan garam bata Agung Senuko

Uji	Sampel Bata					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kadar Garam Bata Atas (%)	43.6	19.3	48.9	28.5	41.2	36.3
Kadar Garam Bata Tengah (%)	1.4	13.5	1.4	4.5	23.9	8.9
Kadar Garam Bata Bawah (%)	18.9	9.5	16.3	21.3	18.7	16.9

Dari hasil yang ada dapat dikatakan bahwa faktor letak pembakaran dan pengaruh panas pembakaran merupakan faktor utama penentu kadar garam pada bata. Hal ini dikarenakan kadar garam yang ada tergantung dari air yang digunakan ketika pengulenan adonan bata. Komposisi air tersebut termasuk zat kimia yang terkandung didalamnya. Air yang baik adalah air yang tidak mengandung zat yang membahayakan serta bukan air sadah yakni air yang mengandung garam. Pada Tabel 5.2 menunjukkan bahwa persentase kandungan garam pada bata Agung Senuko, yaitu rata-rata kadar garam yang paling rendah terdapat pada variasi tengah sebesar 8.9% dan paling tinggi pada variasi atas sebesar 36.3%. Berdasarkan SNI NI-10, 1964 dari minimal 5 buah benda uji untuk setiap variasi, diketahui bahwa kadar garam terlarut kurang dari 50% sehingga bata merah yang digunakan tidak membahayakan. Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran II.2.

### 5.1.3 Uji Serapan Air

Pori-pori yang terdapat pada bata memungkinkan banyaknya kandungan air yang terserap pada bata, yang dapat mempengaruhi kekuatan bata tersebut apabila penyerapan cukup besar dan bata menjadi lunak/hancur. Berpedoman pada NI-10 dengan penyediaan 10 sampel uji yang di keringkan dalam oven  $\pm 110^{\circ}\text{C}$  kemudian sampel bata direndam dalam air bersih  $\pm 24$  jam. Yang akan dicatat dalam pengujian ini adalah berat sampel dalam kondisi kering oven dan jenuh air. Selanjutnya dapat diketahui bobot air yang terkandung dalam sampel bata tersebut, adapun tingkat penyerapan air dihitung dari harga rata-rata 10 buah benda percobaan. Perhitungan nilai prosentase serapan air untuk satu sampel seperti berikut ini.

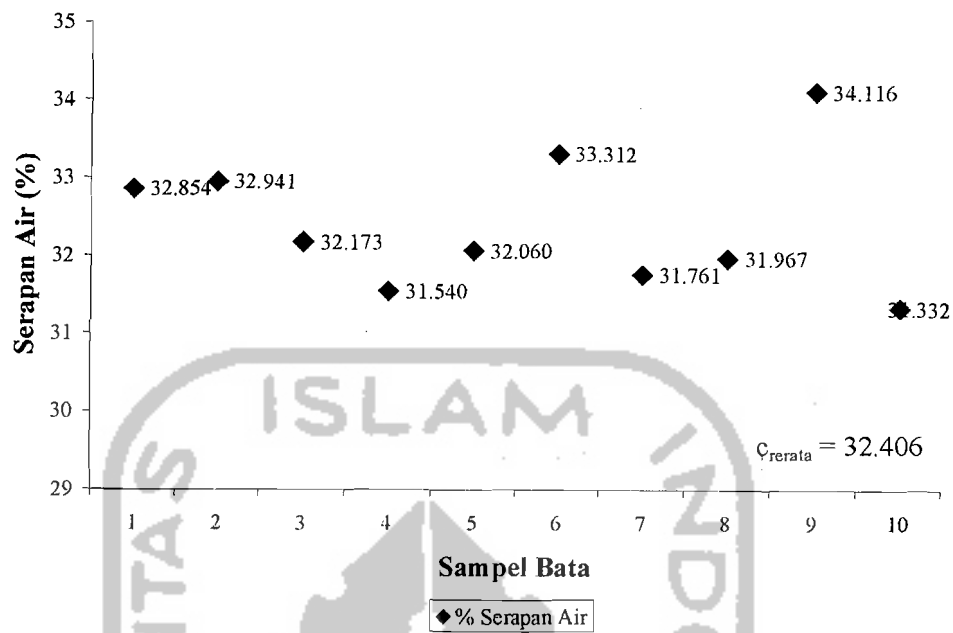
Diketahui data:  $W_{\text{kering}}(a) = 1601 \text{ gr}$  dan  $W_{\text{basah}}(b) = 2127 \text{ gr}$ .

Nilai penyerapan air menurut persamaan (3.1).

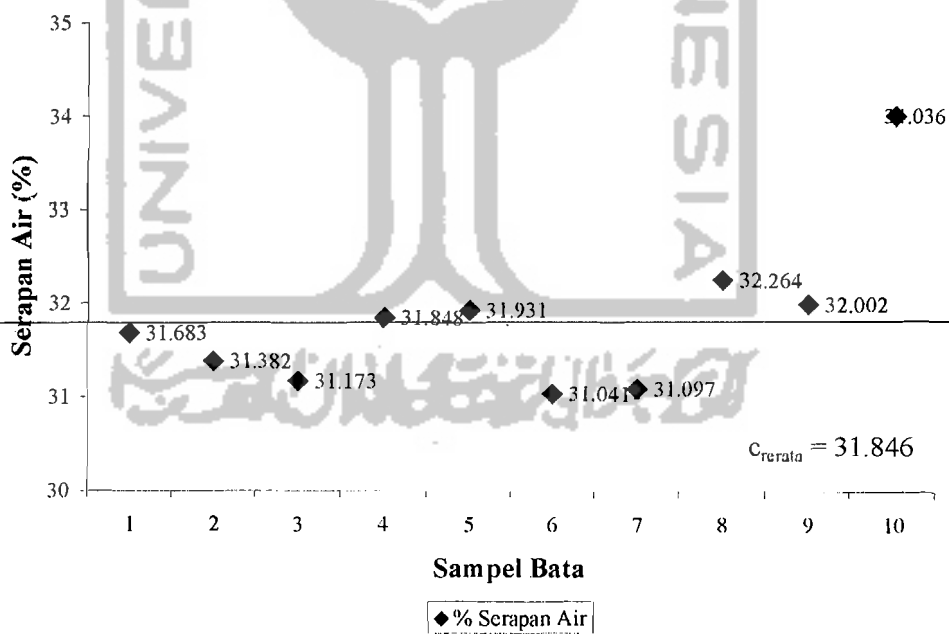
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air, } c &= \frac{b - a}{a} \times 100\% \\ &= \frac{2127 - 1601}{1601} \times 100\% \\ &= 32.854\% \end{aligned}$$

Nilai prosentase serapan air bata setiap variasi seperti tergambar pada Gambar

5.2.

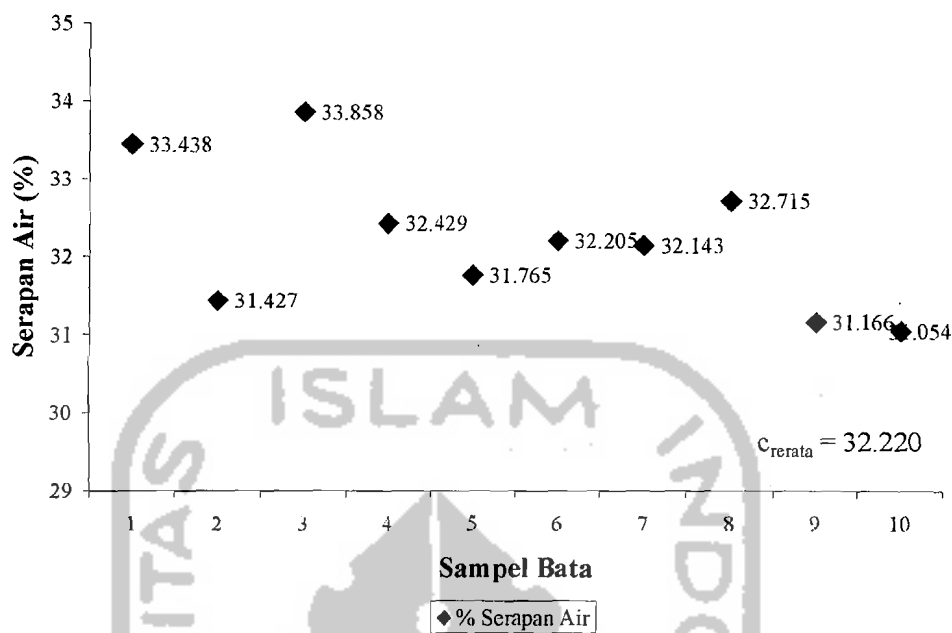


(a) Serapan air variasi bata atas



(b) Serapan air variasi bata tengah

Gambar 5.2 Grafik Uji Serapan air Bata Agung Senuko



(c) Serapan air variasi bata bawah

Gambar 5.2 Lanjutan

Dari hasil percobaan diketahui rata-rata prosentase penyerapan air pada tiap variasi hampir sama dan berada pada nilai > 20%. Hal ini menunjukkan bahwa bata tersebut porous/tidak padat sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1. Padahal faktor pembuatan yakni jumlah air yang digunakan juga menjadi penentu kadar absorpsi bata ketika telah dibakar dan pada umumnya bata dengan absorpsi < 20% telah padat dan kuat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data serapan air bata pada Lampiran II.5.

### 5.1.4 Pengujian Berat Volume Kering Bata Merah

Nilai berat volume kering bata merah digunakan untuk menentukan golongan bata merah tersebut termasuk bata merah berat atau bata merah ringan. Bata merah digolongkan dalam golongan bata merah ringan jika mempunyai berat volume kering kurang dari  $1.2 \text{ gr/cm}^3$ . Pengujian ini mengacu pada Peraturan Bata Merah sebagai Bahan Bangunan NI-10. Sampel yang diuji berat volume keringnya sebanyak 10 bata untuk setiap variasi. Besarnya berat volume kering bata merah dapat dilihat pada lampiran II e dan perhitungannya menggunakan Persamaan (3.2). Perhitungan berat volume kering bata merah untuk satu sampel seperti berikut ini:

Diketahui data:  $P_{bata} = 22.643 \text{ cm}$ ,  $L_{bata} = 10.545 \text{ cm}$  dan  $T_{bata} = 5.175 \text{ cm}$ .

$$W_{kering} = 1601 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume kering, } BVk &= \frac{Wk}{Vk} \\ &= \frac{1601}{22.643 \times 10.545 \times 5.175} \\ &= 1.296 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Nilai  $BVk$  untuk benda uji selanjutnya didapatkan dengan cara yang sama. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.3.

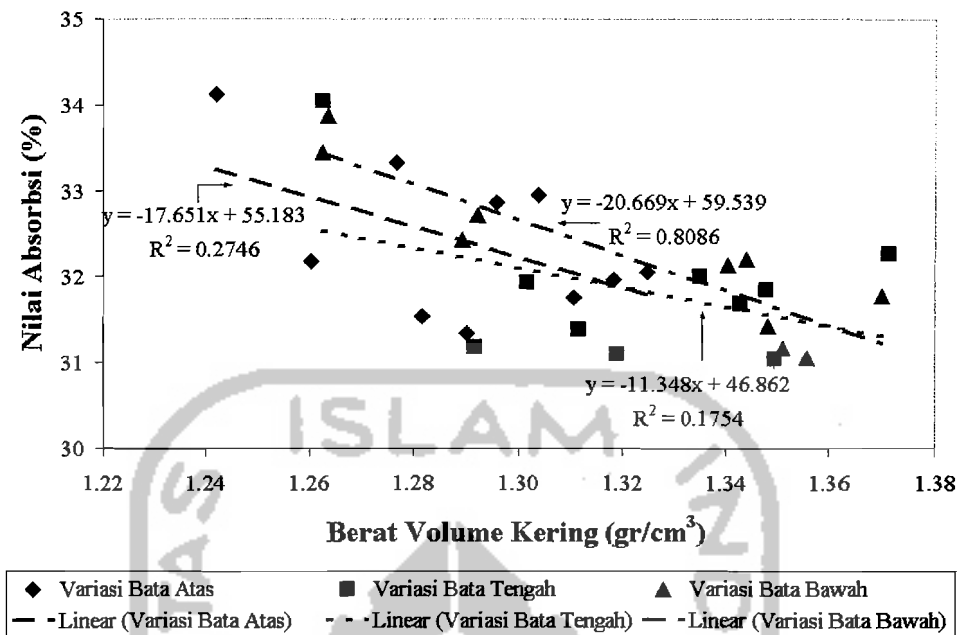


Tabel 5.3 Berat Volume Kering Bata Agung Senuko

Variasi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Atas	Vk (cm <sup>3</sup> )	1236	1174	1322	1262	1264	1237	1326	1295	1338	1304
	Wk (gr)	1601	1530	1666	1617	1675	1579	1738	1708	1662	1682
	BVk (gr/cm <sup>3</sup> )	1.296	1.304	1.260	1.281	1.325	1.277	1.311	1.319	1.242	1.290
	BVk <sub>rerata</sub>	1.290									
Tengah	Vk (cm <sup>3</sup> )	1173	1302	1254	1232	1242	1261	1299	1205	1238	1203
	Wk (gr)	1575	1708	1620	1661	1616	1701	1714	1652	1653	1519
	BVk (gr/cm <sup>3</sup> )	1.343	1.312	1.292	1.348	1.301	1.349	1.319	1.371	1.335	1.263
	BVk <sub>rerata</sub>	1.323									
Bawah	Vk (cm <sup>3</sup> )	1255.28	1206.16	1257.41	1258.07	1194.83	1231.3	1211.44	1251.44	1263.43	1272.95
	Wk (gr)	1585	1626	1589	1622	1637	1655	1624	1617	1707	1726
	BVk (gr/cm <sup>3</sup> )	1.26267	1.34808	1.26371	1.28928	1.37007	1.34411	1.34055	1.29211	1.35108	1.35591
	BVk <sub>rerata</sub>	1.322									

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa rata-rata Berat Volume Kering (*BVk*) bata merah pada tiap variasi hampir sama dan berada pada nilai  $> 1.2 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini menunjukkan bahwa Bata Agung Senuko termasuk ke dalam golongan bata merah berat.

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara berat volume kering dengan nilai serapan air pada bata merah Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Grafik Hubungan Antara Berat Volume Kering (*BVk*) Dengan Nilai Absorpsi Bata Agung Senuko

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi negatif antara berat volume kering dengan nilai absorpsi bata Agung Senuko, artinya jika berat volume kering bata Agung Senuko semakin tinggi maka nilai absorpsi bata Agung Senuko semakin rendah. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 27.46%; 17.54%; dan 80.86% dapat disimpulkan bahwa kenaikan berat volume kering pada variasi atas dan tengah berpengaruh lemah terhadap penurunan nilai absorpsi, sedangkan untuk variasi bawah sangat kuat pengaruhnya. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara berat volume kering dengan nilai absorpsi bata Agung Senuko ternyata terdapat pada variasi bawah dengan persamaan linier  $y = -20.669x + 59.539$  diperoleh

nilai  $a$  sebagai bilangan konstan sebesar  $|-20.669|$ , dapat disimpulkan bahwa kenaikan berat volume kering pada variasi bawah berpengaruh besar terhadap penurunan nilai absorpsi dibandingkan variasi atas ( $|-17.651|$ ) dan tengah ( $|-11.348|$ ).

### 5.1.5 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Hasil pengujian berupa data dimensi, beban maksimum dan penurunan/strain ( $\Delta L$ ), selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi rata-rata, luas bidang tekan ( $A$ ), tegangan, regangan dan grafik tegangan-regangan. Pada Gambar 5.3 menyajikan hasil pengujian kuat tekan bata yang bervariasi dari masing-masing variasi letak pembakaran. Hal ini menunjukkan bahwa campuran bahan penyusun bata tidak seragam/heterogen, sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1, selain itu juga banyaknya pori-pori bata Agung Senuko yang terlihat dari nilai absorpsinya melebihi 20% sangat mempengaruhi tingkat kepadatan bata. Berdasarkan Tabel 3.3 mengenai mutu dan kuat tekan bata, maka dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rata-rata bata merah Agung Senuko pada tiap variasi dalam penelitian ini memiliki kekuatan untuk menahan tekan yang cukup rendah, karena untuk variasi atas dan bawah termasuk dalam mutu bata kelas 3 dengan kuat tekan diantara  $60-80 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan untuk variasi tengah tidak termasuk dalam salah satu tingkatan mutu bata menurut SNI NI-10 1964. Menurut variasi letak pembakaran, bata yang kekuatannya tinggi terletak pada variasi atas. Perhitungan kuat tekan bebas bata untuk satu sampel seperti berikut ini.

Diketahui data:  $P_{bata} = 23.095 \text{ cm}$ ,  $L_{bata} = 10.863 \text{ cm}$ , dan  $T_{bata} = 5.150 \text{ cm}$ .

$$W = 17200 \text{ kg}$$

Maka nilai kuat tekan bata menurut persamaan (3.3). (ASTM/Vol 04.05/C-67)

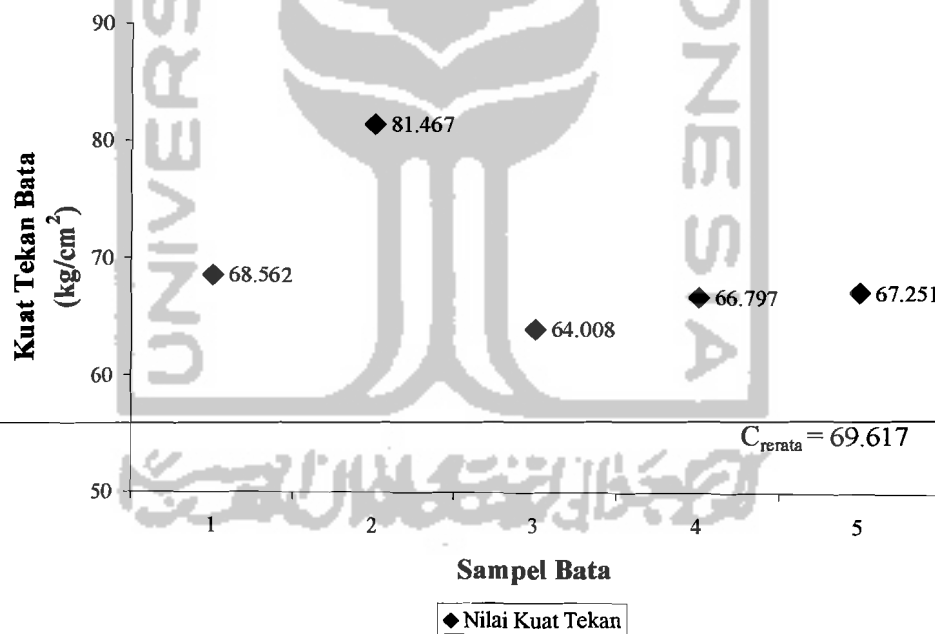
$$\text{Compressive Strength, } C = \frac{W}{A}$$

$$C = \frac{17200}{23.095 \times 10.863}$$

$$C = 68.562 \text{ kg/cm}^2$$

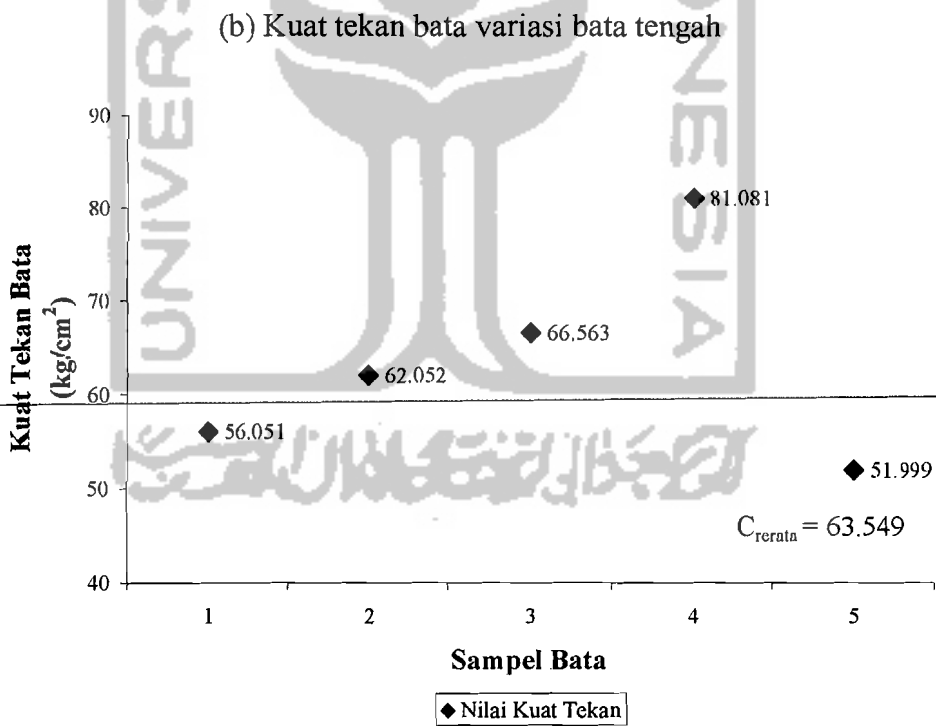
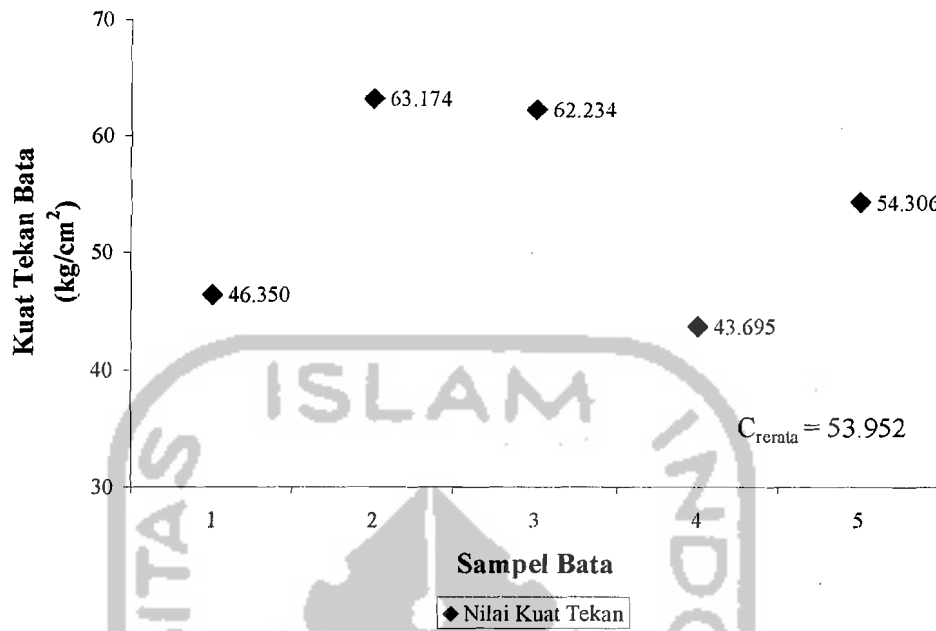
Untuk lebih jelasnya, data kuat tekan bata setiap variasi dapat dilihat pada Lampiran

II.9.



(a) Kuat tekan bata variasi bata atas

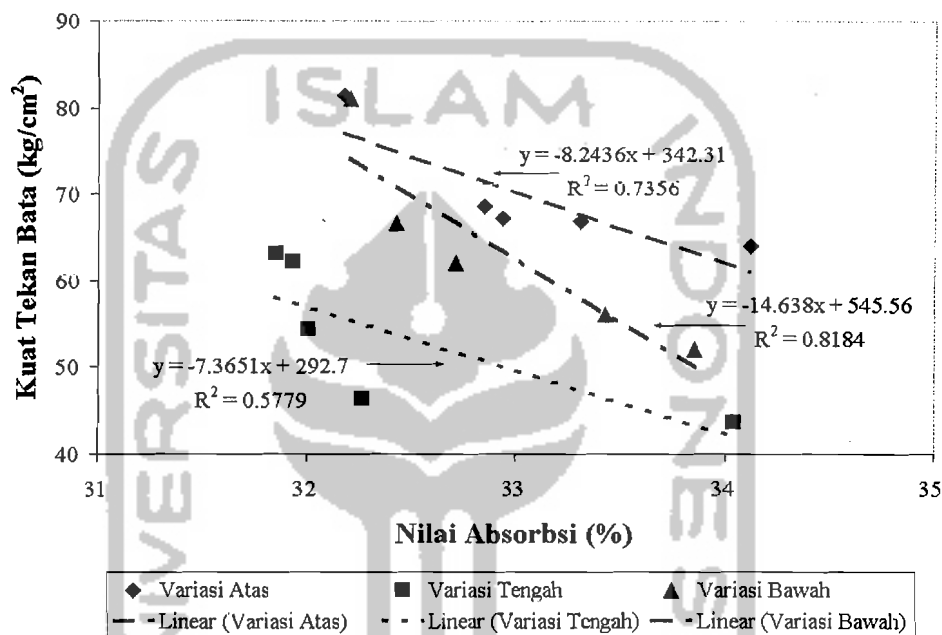
**Gambar 5.4** Grafik Kuat Tekan Bata Agung Senuko



Gambar 5.4 Lanjutan

Bentuk hubungan diagram tegangan regangan bata dapat dilihat pada Lampiran II.10.

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan bata dengan nilai serapan air pada bata merah Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.5.



**Gambar 5.5** Grafik Hubungan Nilai Absorpsi Bata

Dengan Kuat Tekan Bata Agung Senuko

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi negatif antara nilai absorpsi dengan kuat tekan bata Agung Senuko, artinya jika nilai absorpsi bata Agung Senuko semakin tinggi maka kuat tekan batanya semakin rendah. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 73.56%; 57.79%; dan 81.84% dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai absorpsi pada variasi atas dan tengah berpengaruh

kuat terhadap penurunan kuat tekan bata, sedangkan untuk variasi bawah sangat kuat pengaruhnya. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara nilai absorpsi dengan kuat tekan bata Agung Senuko ternyata terdapat pada variasi bawah dengan persamaan linier  $y = -14.638x + 545.56$  diperoleh nilai  $a$  sebagai bilangan konstan sebesar  $|-14.638|$ , dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai absorpsi pada variasi bawah berpengaruh besar terhadap penurunan kuat tekan bata dibandingkan variasi atas ( $|-8.2436|$ ) dan tengah ( $|-7.3651|$ ).

#### 5.1.6 Modulus of Rupture (Flexure Test)

*Modulus rupture* atau modulus keruntuhan bata pada pengujian kali ini lebih banyak diakibatkan oleh mutu bata yakni jenis tanah. Makin tinggi nilai *modulus rupture* makin baik kualitas bata. Adapun kerusakan yang dapat diidentifikasi dari patahan bata umumnya yaitu bata dapat patah/pecah menjadi 2 atau 3 bagian, dengan kondisi tekstur dalam bata berpori, sedikit herongga dan campuran bata yang heterogen, sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1. Komposisi penyusun bata kebanyakan pasir sehingga bata agak sedikit getas. Selain itu pembakaran umumnya cukup merata pada variasi tengah dan bawah yang dapat dilihat dari warna bata yakni mendekati merah muda, sedang warna bata pada variasi atas agak coklat muda/*cream*.

Bentuk perhitungan *modulus rupture* dari satu sampel seperti berikut ini.

Diketahui data:  $P_{bata} = 22.778 \text{ cm}$ ,  $b_{bata} = 11.045 \text{ cm}$ , dan  $d_{bata} = 5.095 \text{ cm}$ .

$W = 45.4 \text{ kg}$ , dan  $l = 15 \text{ cm}$

Maka *modulus rupture* bata menurut persamaan (3.4). (ASTM/Vol 04.05/C-67)

$$\text{Modulus rupture, } S = \frac{1.5xWxl}{bxd^2}$$

$$S = \frac{1.5x45.4x15}{11.045x5.095^2}$$

$$S = 3.563 \text{ kg/cm}^2$$

Data *modulus rupture* bata setiap variasi dapat dilihat pada Lampiran II.15.

Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi dari salah satu variasi sebagai berikut.

**Tabel 5.4** Data pengujian *modulus rupture* variasi atas

$X_i$ (nilai modulus rupture variasi atas, $\text{kg/cm}^2$ )	$X_i^2$
3.563	12.693
3.333	11.107
3.329	11.081
2.509	6.293
3.058	9.353
$\Sigma = 15.791$	$\Sigma = 50.526$

Dari Tabel 5.4 diperoleh:  $\Sigma X = 15.791$  dan  $n = 5$ . Sesuai persamaan (3.14)

$$\begin{aligned} X_{\text{rerata}} &= \frac{\Sigma X}{n} \\ &= \frac{15.791}{5} = 3.158 \end{aligned}$$

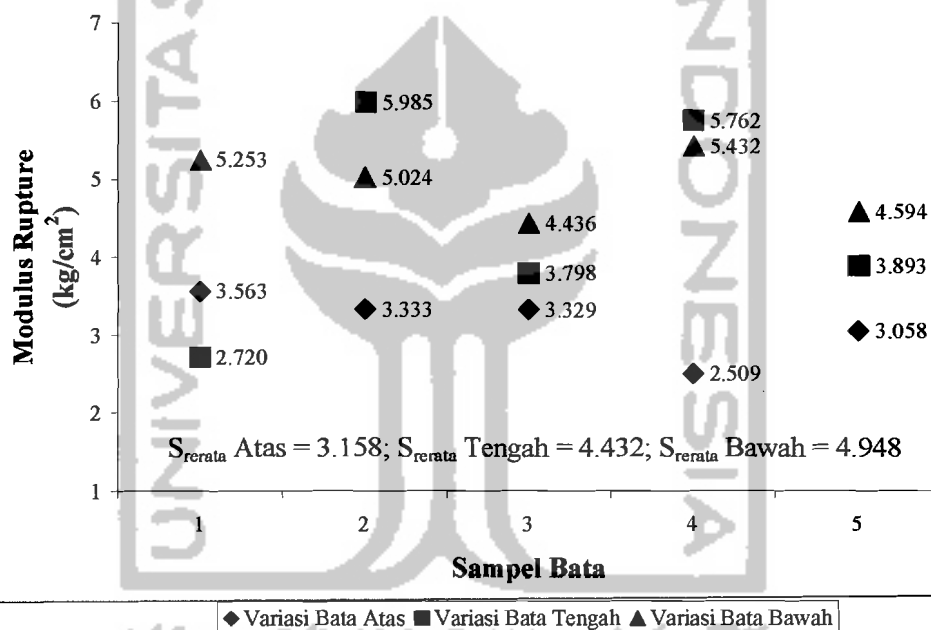
Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\Sigma X^2 = 50.526$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)



$$s = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

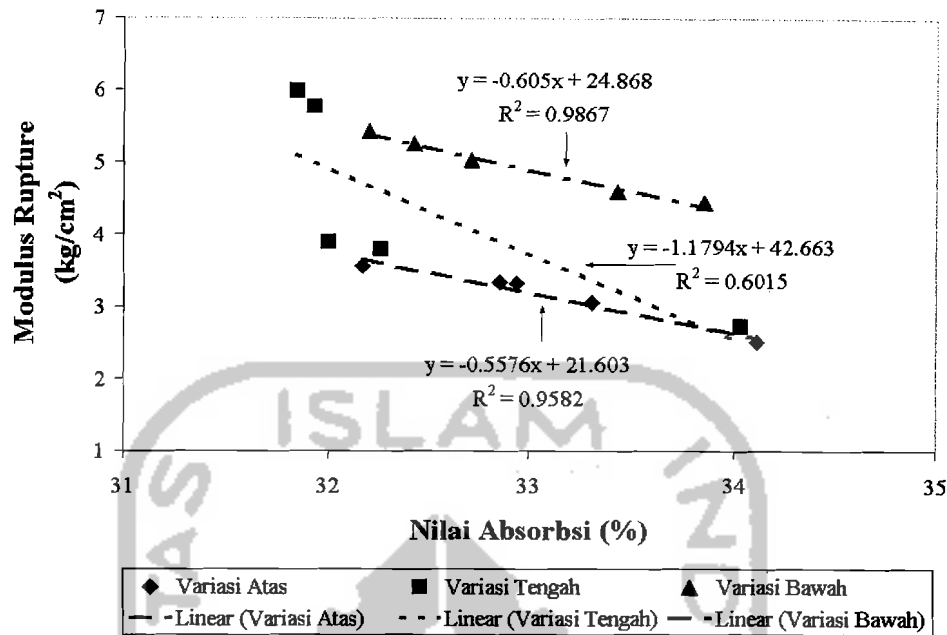
$$s = \sqrt{\frac{(5 \times 50.526) - (15.791)^2}{5(5-1)}} = 0.405$$

Melihat hasil pengujian secara umum dari Gambar 5.6, bahwa kuat lentur/*rupture* bata lebih didominasi oleh bata variasi pembakaran bawah yang juga menunjukkan tingkat kepadatan bata yang cukup baik.



**Gambar 5.6** Grafik *Modulus Rupture* Bata Agung Senuko

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara *modulus rupture* bata dengan nilai serapan air pada bata merah Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.7.



**Gambar 5.7** Grafik Hubungan Nilai Absorpsi Bata Dengan Modulus Rupture Bata Agung Senuko

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi negatif antara nilai absorpsi dengan *modulus rupture* bata Agung Senuko, artinya jika nilai absorpsi bata Agung Senuko semakin tinggi maka *modulus rupture* batanya semakin rendah. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 95.82%; 60.15%; dan 98.67% dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai absorpsi pada variasi atas dan bawah berpengaruh sangat kuat terhadap penurunan *modulus rupture* bata, sedangkan untuk variasi tengah kuat pengaruhnya. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara nilai absorpsi dengan *modulus rupture* bata Agung Senuko ternyata terdapat pada variasi tengah dengan persamaan linier  $y = -1.1794x + 42.663$  diperoleh nilai  $a$

sebagai bilangan konstan sebesar  $|-1.1794|$ , dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai absorpsi pada variasi tengah berpengaruh besar terhadap penurunan *modulus rupture* bata dibandingkan variasi atas ( $|-0.5576|$ ) dan bawah ( $|-0.605|$ ).

### 5.1.7 Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pasir merupakan bahan utama penyusun mortar yang mempunyai persen berat terbesar. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur dalam pasir, adapun pasir yang digunakan berasal dari sungai Boyong, Sleman. Perhitungan nilai kandungan lumpur dalam pasir seperti berikut ini.

Diketahui data: Berat pasir + piring sebelum pencucian ( $B_0$ ) = 194gram  
 Berat pasir + piring setelah dicuci dan dioven ( $B$ ) = 188gram

Nilai kandungan Lumpur menurut persamaan (3.5).

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Lumpur Pasir, (\%)} &= \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \\ &= \frac{194 - 188}{194} \times 100\% \\ &= 3,093\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa kandungan lumpur dalam pasir yang digunakan tersebut sebesar 3,093%. Menurut PUBI 1970 Pasal 14 ayat 2 poin b (lihat Sub bab 3.3.7) disebutkan bahwa pasir untuk adukan pasangan, adukan plesteran, dan beton bitumen kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5%. Kandungan lumpur pasir yang melebihi 5% dari berat keringnya dapat

menghalangi ikatan antara pasta semen dengan pasir. Jadi dapat disimpulkan bahwa pasir Boyong, Sleman memenuhi persyaratan sebagai bahan adukan pasangan, adukan plesteran, dan beton bitumen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data kandungan lumpur dalam pasir pada Lampiran II.18.

### 5.1.8 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan terhadap mortar dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan mortar yang akan digunakan sebagai perekat antar bata merah pada pasangan bata merah atau tembokan. Komposisi campuran (spesi) yang digunakan adalah 1 pc (semen) : 1 kapur : 5 pasir dengan penambahan air sebagai pereaksi. Mortar yang diuji kuat tekannya sebanyak 3 sampel. Hasil pengujian berupa data dimensi, beban maksimum, dan penurunan/*strain* ( $\Delta L$ ), data tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi rata-rata, luas bidang tekan ( $A$ ), tegangan, regangan dan grafik tegangan-regangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.5, nilai kuat tekan mortar rata-rata sebesar  $54.527 \text{ kg/cm}^2$ , selain itu selisih rata-rata kuat tekan mortar kurang dari 15% maka pengujian ini tidak perlu diulangi.

**Tabel 5.5 Nilai Kuat Tekan Mortar**

Sampel	1	2	3
A ( $\text{cm}^2$ )	25.072	25.137	25.362
W (kg)	1460	1320	1340
S ( $\text{kg/cm}^2$ )	58.233	52.512	52.835
$S_{\text{rerata}}$	54.527		
Std. Deviasi	3.214		

Perhitungan untuk memperoleh kuat tekan mortar seperti berikut ini.

Diketahui data:  $L_1 = 5.065 \text{ cm}$ ,  $L_2 = 4.950 \text{ cm}$ , dan  $W = 1460 \text{ kg}$

Maka nilai kuat tekan mortar menurut persamaan (3.6). (ASTM/Vol 04.05/C-579)

$$\text{Compressive Strength, } S = \frac{W}{L_1 \times L_2}$$

$$S = \frac{1460}{5.065 \times 4.950}$$

$$S = 58.233 \text{ kg/cm}^2$$

Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi sebagai berikut.

Tabel 5.6 Data hasil pengujian kuat tekan mortar

$X_i$ (nilai kuat tekan mortar, $\text{kg/cm}^2$ )	$X_i^2$
58.233	3391.067
52.512	2757.535
52.835	2791.507
$\Sigma = 163.580$	$\Sigma = 8940.109$

Dari Tabel 5.6 diperoleh:  $\Sigma X = 163.580$  dan  $n = 3$ . Sesuai persamaan (3.14)

$$X_{\text{rerata}} = \frac{\Sigma X}{n}$$

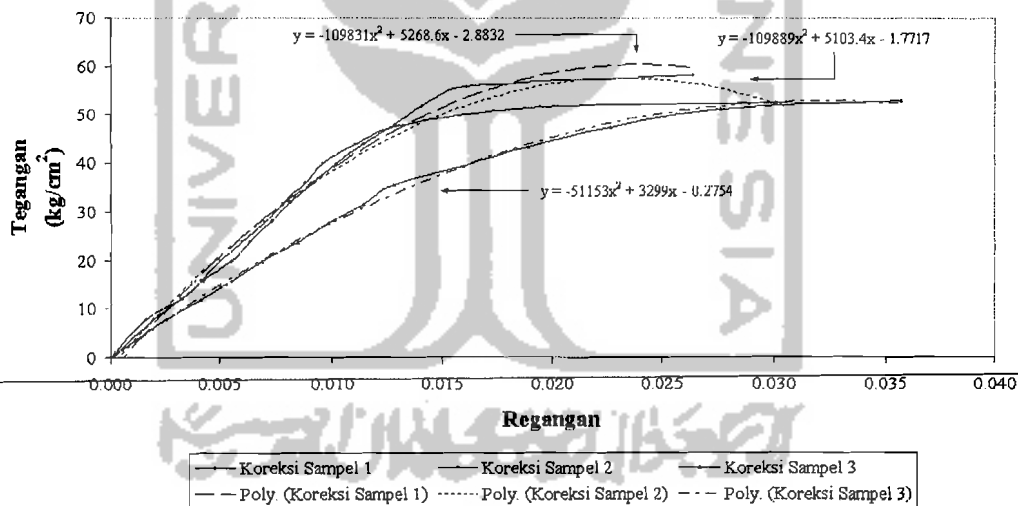
$$= \frac{163.580}{3} = 54.527$$

Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\Sigma X^2 = 8940.109$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)

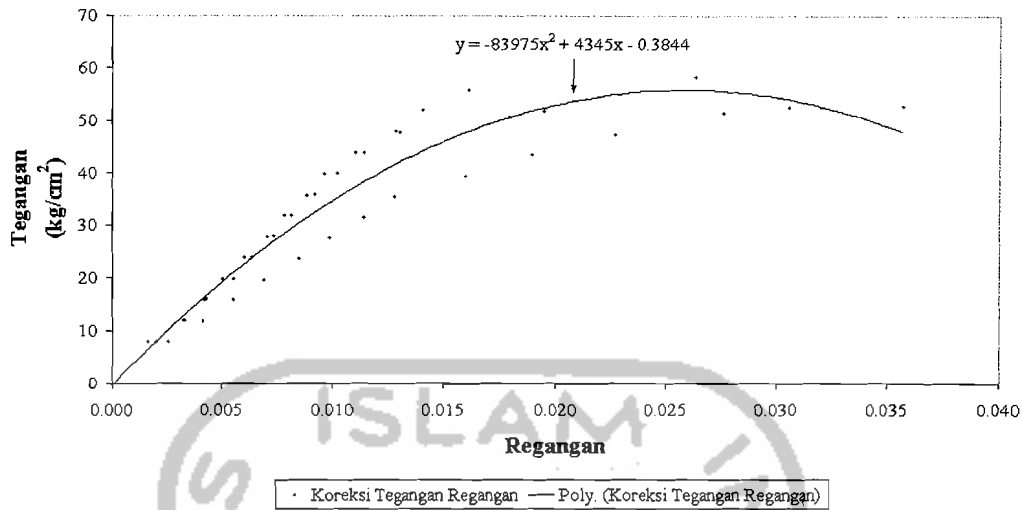
$$s = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(3 \times 8940.109) - (163.580)^2}{3(3-1)}} = 3.212$$

Berdasarkan perhitungan tegangan dan regangan kuat tekan mortar pada Tabel Lampiran II.20 dapat dicari nilai koreksi tegangan dan regangan kuat tekan mortar (lihat Tabel Lampiran II.20) yang digunakan untuk membuat grafik koreksi tegangan dan regangan kuat tekan mortar (lihat Gambar Lampiran II.22). Setelah itu diperoleh grafik regresi tegangan dan regangan kuat tekan mortar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.



**Gambar 5.8** Kurva Koreksi Tegangan Regangan Kuat Tckan Mortar



**Gambar 5.9** Sebaran Data dan Kurva Regresi Tegangan Regangan

#### Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan grafik regresi tegangan regangan di atas, diperoleh persamaan regresi  $y = -83975x^2 + 4345x - 0.3844$ , dimana  $x$  adalah regangan dan  $y$  adalah tegangan. Dari persamaan regresi tersebut dapat dicari nilai tegangan maksimum kuat tekan mortar. Perhitungan mencari nilai tegangan maksimum kuat tekan mortar seperti berikut ini.

Diketahui: Persamaan regresi  $y = -83975x^2 + 4345x - 0.3844$

Maka nilai puncak dari  $x$  menurut persamaan (3.18)

$$x = -\frac{\text{koefisien dari X}}{2(\text{koefisien dari X}^2)} = -\frac{b}{2a}$$

$$x = -\frac{4345}{2(-83975)} = 0.0259$$

Dan, jika  $x = 0.0259$ , maka:

$$y = -83975(0.0259^2) + 4345(0.0259) - 0.3844$$

$$y = 55.8198$$

Dengan demikian tegangan max ( $\sigma_{\max}$ ) = 55.8198 kg/cm<sup>2</sup> pada regangan ( $\epsilon$ ) = 0.0259

### 5.1.9 Pengujian Kuat Tarik Mortar

Mortar yang digunakan untuk pelekat antara bata merah perlu diuji kekuatannya dalam menahan tarik. Komposisi campuran (spesi) yang digunakan adalah 1 pc (semen) : 1 kapur : 5 pasir dengan penambahan air sebagai pereaksi. Pengujian kuat tarik mortar dilakukan setelah benda uji mortar berumur 28 hari. Sampel mortar yang diuji kuat tariknya sebanyak 3 sampel. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7, nilai kuat tarik mortar rata-rata sebesar 6.903 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 5.7 Nilai Kuat Tarik Mortar**

Sampel	1	2	3
A (cm <sup>2</sup> )	7.934	8.165	8.351
P (kg)	54.6	55.6	58.6
T (kg/cm <sup>2</sup> )	6.881	6.809	7.017
T <sub>rerata</sub>	6.903		

Perhitungan untuk memperoleh kuat tarik mortar seperti berikut ini.

Diketahui data:  $b_{mortar} = 2.930$  cm,  $h_{mortar} = 2.708$  cm, dan  $P = 54.6$  kg.

Maka nilai kuat tarik mortar menurut persamaan (3.7)

$$\text{Kuat Tarik, } T = \frac{P}{A}$$



$$T = \frac{54.6}{2.930 \times 2.708}$$

$$T = 6.881 \text{ kg/cm}^2$$

## 5.2 Pengujian *Medium Specimen*

Pengujian *medium specimen* yang dilakukan meliputi uji kuat lekat bata mortar, kuat tekan pasangan, kuat lentur pasangan, dan kuat geser pasangan.

### 5.2.1 Uji Kuat Lekatan Bata

Kuat lekatan (*bonding strength*) antara bata dan mortar ditunjukkan dengan hasil pengujian seperti pada Gambar 5.10. Diketahui bahwa kerusakan umumnya terjadi pada bata, yakni bata patah, terkelupas, dan menempel sebagian pada mortar serta lekatan lepas. Dapat dikatakan bahwa mortar cukup kuat dengan kondisi mortar yang umumnya tetap utuh walaupun lepas, hal ini disebabkan oleh penggunaan pasir yang kandungan lumpurnya kurang dari 5%, sehingga tidak menghalangi ikatan antara pasta semen dengan pasir. Lepasnya mortar juga karena kurangnya ikatan antara permukaan bata dan mortar sendiri.

Bata yang umumnya mengalami kerusakan memperlihatkan komposisi campuran yang kurang baik/heterogen, sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1. Disamping itu juga karena faktor kematangan batanya yang bervariasi. Menurut variasi letak pembakaran, bata yang kekuatannya tinggi terletak pada variasi tengah, sesuai dengan hasil pengujian kandungan garam bata pada Sub bab 5.1.2,

dimana persentase kandungan garam pada bata Agung Senuko yang paling rendah terdapat pada variasi tengah sebesar 8.9%, sehingga memiliki ikatan bata dengan mortar yang paling baik dibandingkan dengan variasi lainnya.

Perhitungan kuat lekat bata terhadap mortar seperti berikut ini.

Diketahui data:  $d_{bid. \text{Lekatan bata}} = 11.498 \text{ cm}$ ,  $b_{bid. \text{Lekatan bata}} = 10.824 \text{ cm}$

$$I_s = 40.4 \text{ kg}$$

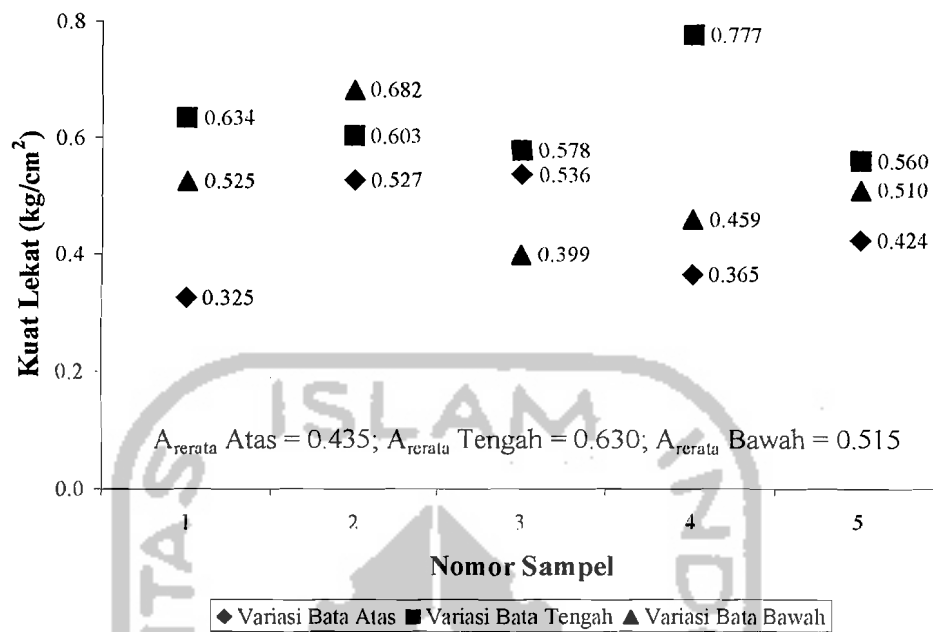
Menurut persamaan (3.8). (ASTM/Vol 04.05/C-321) nilai kuat lekat bata seperti berikut.

$$\text{Bond Strength, } A = \frac{I_s}{J}$$

$$A = \frac{40.4}{10.824 \times 11.498}$$

$$A = 0.325 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk lebih detail hasil perhitungan kuat lekat bata terhadap mortar dapat dilihat pada Lampiran II.25.



**Gambar 5.10** Grafik Kuat Lekat Bata Agung Senuko

Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi dari salah satu variasi sebagai berikut.

**Tabel 5.8** Data pengujian kuat lekat bata mortar variasi atas

$X_i$ (nilai kuat lekat bata variasi atas, kg/cm <sup>2</sup> )	$X_i^2$
0.325	0.106
0.527	0.278
0.536	0.287
0.365	0.133
0.424	0.180
$\Sigma = 2.177$	$\Sigma = 0.984$

Dari Tabel 5.8 diperoleh:  $\Sigma X = 2.177$  dan  $n = 5$ . Sesuai persamaan (3.14).

$$X_{\text{rerata}} = \frac{\Sigma X}{n}$$

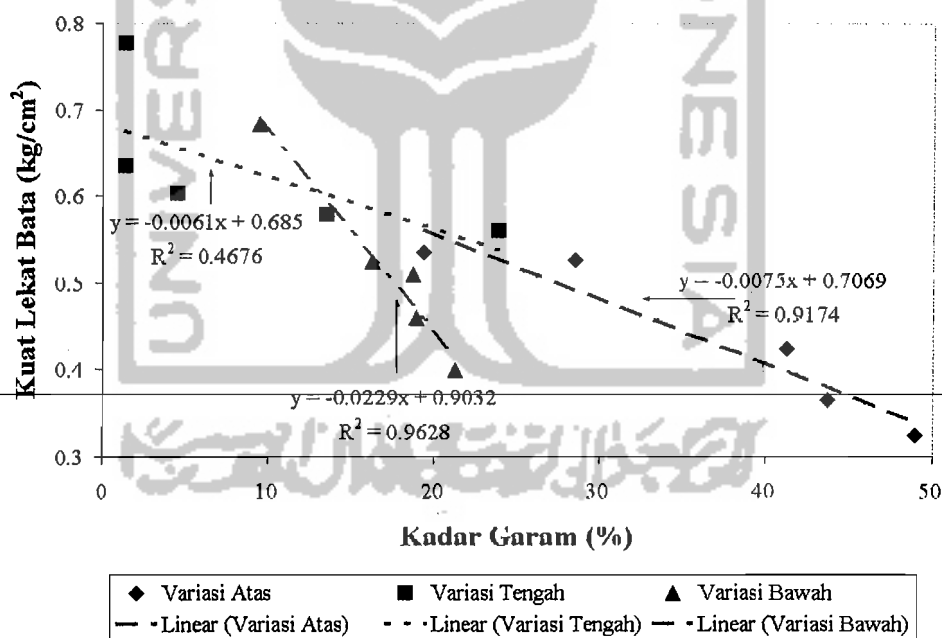
$$= \frac{2.177}{5} = 0.435$$

untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\sum X^2 = 0.984$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)

$$s = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(5 \times 0.984) - (2.177)^2}{5(5-1)}} = 0.095$$

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara kuat lekat bata dengan kadar garam pada bata Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.11.



**Gambar 5.11** Grafik Hubungan Antara Kadar Garam Bata Dengan Kuat Lekat Bata Agung Senuko

Gambar 5.11 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi negatif antara kadar garam pada bata Agung Senuko dengan kuat lekat bata, artinya jika kadar garam pada bata Agung Senuko semakin tinggi maka kuat lekat bata semakin rendah. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 91.74%; 46.76%; dan 96.28% dapat disimpulkan bahwa kenaikan kadar garam pada variasi atas dan bawah berpengaruh sangat kuat terhadap penurunan kuat lekat bata, sedangkan untuk variasi tengah kurang kuat pengaruhnya. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara kadar garam pada bata Agung Senuko dengan kuat lekat bata ternyata terdapat pada variasi bawah dengan persamaan linier  $y = -0.0229x + 0.9032$  diperoleh nilai  $a$  sebagai bilangan konstan sebesar  $|-0.0229|$ , dapat disimpulkan bahwa kenaikan kadar garam pada variasi bawah berpengaruh besar terhadap penurunan kuat lekat bata dibandingkan variasi atas ( $|-0.0075|$ ) dan tengah ( $|-0.0061|$ ).

### 5.2.2 Kuat Tekan Pasangan Bata

Dari hasil pengamatan, kerusakan yang dialami pada tiap variasi letak pembakaran umumnya hampir sama yakni:

- a. retak rambut maupun retak agak merenggang dengan arah vertical/memanjang patah-patah,
- b. kondisi bata rusak/compel pada bagian sudut atas, atau sudut-sudut bawah, maupun kedua-duanya, dan
- c. mortar secara umum cukup baik, walaupun terdapat sedikit kerusakan/terlepas.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.9, nilai kuat tekan maksimum terdapat pada variasi tengah kemudian bawah.

**Tabel 5.9** Nilai Kuat Tekan Maksimum Pasangan Bata

Sampel Bata	Variasi Bata Atas			Variasi Bata Tengah			Variasi Bata Bawah		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Luas, A (cm <sup>2</sup> )	253.42	250.62	253.63	255.70	253.67	247.53	253.17	250.37	250.31
W (kg)	3960	3050	3080	3980	3590	3790	3340	3180	3830
C (kg/cm <sup>2</sup> )	15.627	12.170	12.144	15.565	14.152	15.311	13.193	12.701	15.301
$C_{rerata}$	13.313			15.010			13.732		
Std. Deviasi	2.0			0.8			1.4		

Perhitungan untuk memperoleh kuat tekan pasangan bata seperti berikut ini.

Diketahui data:  $P_{atas} = 22.973$  cm,  $L_{atas} = 11.031$  cm

$$W = 3960 \text{ kg}$$

Maka nilai kuat tekan pasangan bata menurut persamaan (3.9)

$$\text{Kuat Tekan, } C = \frac{W}{A}$$

$$C = \frac{3960}{22.973 \times 11.031}$$

$$C = 15.627 \text{ kg/cm}^2$$

Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi dari satu variasi dari salah satu variasi sebagai berikut.

Tabel 5.10 Data hasil pengujian kuat tekan pasangan variasi atas

$X_i$ (nilai kuat tekan pasangan variasi atas, kg/cm <sup>2</sup> )	$X_i^2$
15.627	244.203
12.170	148.109
12.144	147.477
$\Sigma = 39.941$	$\Sigma = 539.789$

Dari Tabel 5.10 diperoleh:  $\Sigma X = 39.941$  dan  $n = 3$ . Sesuai persamaan (3.14)

$$X_{\text{rerata}} = \frac{\Sigma X}{n}$$

$$= \frac{39.941}{3} = 13.314$$

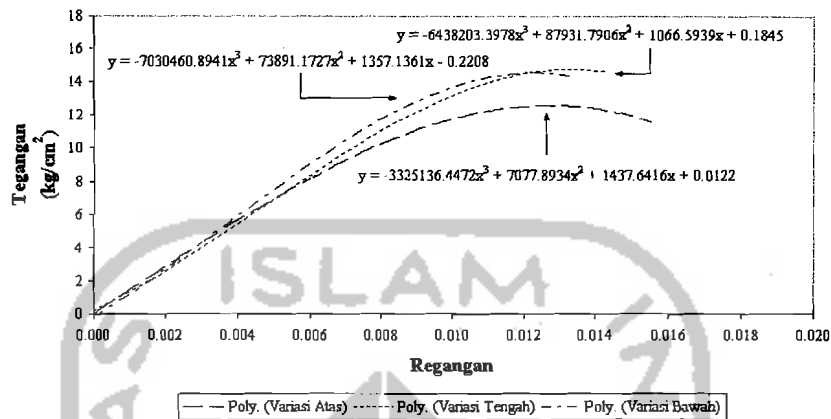
Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\Sigma X^2 = 539.789$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)

$$s = \sqrt{\frac{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(3 \times 539.789) - (39.941)^2}{3(3-1)}} = 2.003$$

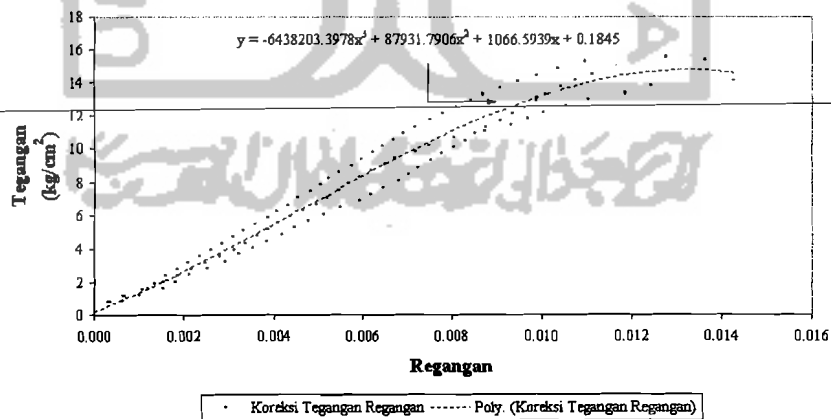
Berdasarkan perhitungan tegangan dan regangan kuat tekan pasangan bata dengan variasi letak pembakaran (lihat Tabel Lampiran II.29; II.35; II.41) dapat dicari nilai koreksi tegangan dan regangan kuat tekan pasangan bata (lihat Tabel Lampiran II.30; II.36; II.42) yang digunakan untuk membuat grafik koreksi tegangan dan regangan kuat tekan pasangan bata (lihat Gambar Lampiran II.32; II.38; II.44). Setelah itu diperoleh grafik regresi tegangan dan regangan kuat tekan pasangan bata

pervariasi letak pembakaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, dan Gambar 5.14.



**Gambar 5.12** Kurva Regresi Tegangan Regangan Kuat Tekan Pasangan Bata

Berdasarkan grafik regresi tegangan dan regangan di atas, dapat dilihat bahwa nilai tegangan maksimum berada pada grafik regresi dengan letak pembakaran variasi tengah, sedangkan untuk regangan maksimum berada pada grafik regresi dengan letak pembakaran variasi atas.



**Gambar 5.13** Sebaran Data dan Kurva Regresi Tegangan Regangan Kuat Tekan Pasangan Bata Variasi Tengah



Berdasarkan grafik regresi tegangan regangan diatas, diperoleh persamaan regresi  $y = -6438203.3978x^3 + 87931.7906x^2 + 1066.5939x + 0.1845$ , dimana  $x$  adalah regangan dan  $y$  adalah tegangan. Dari persamaan regresi tersebut dapat dicari nilai tegangan maksimum kuat tekan pasangan bata. Perhitungan mencari nilai tegangan maksimum kuat tekan pasangan bata dengan letak pembakaran variasi tengah seperti berikut ini.

Diketahui:

$$\text{Persamaan regresi } y = -6438203.3978x^3 + 87931.7906x^2 + 1066.5939x + 0.1845$$

$$f(x) = -6438203.3978x^3 + 87931.7906x^2 + 1066.5939x + 0.1845$$

$$f'(x) = -19314610.19x^2 + 175863.5812x + 1066.5939$$

Akar-akar dari persamaan  $f'(x) = -19314610.19x^2 + 175863.5812x + 1066.5939$

adalah  $x_1$  dan  $x_2$ , dan dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} x_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-175863.5812 \pm \sqrt{175863.5812^2 - (4x(-19314610.19)x1066.5939)}}{2x(-19314610.19)} \end{aligned}$$

Dan, jika  $x_1 = -0.0042$  serta  $x_2 = 0.0133$ , maka:

$$f''(x) = -38629220.38x + 175863.5812$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f''(-0.0042) &= -38629220.38(-0.0042) + 175863.5812 \\ &= 338106.3068 > 0 \end{aligned}$$

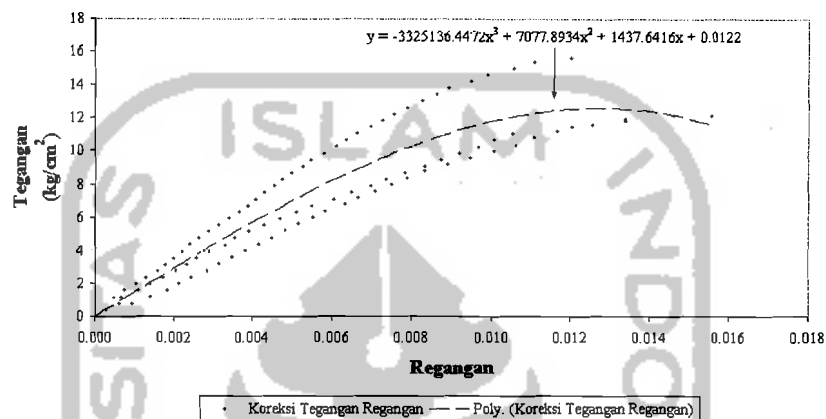
$$\begin{aligned} \bullet \quad f''(0.0133) &= -38629220.38(0.0133) + 175863.5812 \\ &= -337905.0499 < 0 \end{aligned}$$

Jadi  $f$  mencapai maksimum relatif di  $x_2 = 0.0133$

$$y_{max} = -6438203.3978x^3 + 87931.7906x^2 + 1066.5939x + 0.1845$$

$$= 14.7777$$

Dengan demikian tegangan max ( $\sigma_{max}$ ) = 14.7777 kg/cm<sup>2</sup> pada regangan ( $\epsilon$ ) = 0.0133



**Gambar 5.14** Sebaran Data dan Kurva Regresi Tegangan Regangan Kuat Tekan Pasangan Bata Variasi Atas

Berdasarkan grafik regresi tegangan regangan diatas, diperoleh persamaan regresi  $y = -3325136.4472x^3 + 7077.8934x^2 + 1437.6416x + 0.0122$ , dimana  $x$  adalah regangan dan  $y$  adalah tegangan. Dari persamaan regresi tersebut dapat dicari nilai tegangan pada regangan maksimum kuat tekan pasangan bata. Perhitungan mencari nilai tegangan pada regangan maksimum kuat tekan pasangan bata dengan letak pembakaran variasi atas seperti berikut ini.

Diketahui:

Persamaan regresi  $y = -3325136.4472x^3 + 7077.8934x^2 + 1437.6416x + 0.0122$

Dan, jika regangan maksimum = 0.016 (lihat Tabel Lampiran II.30), maka:

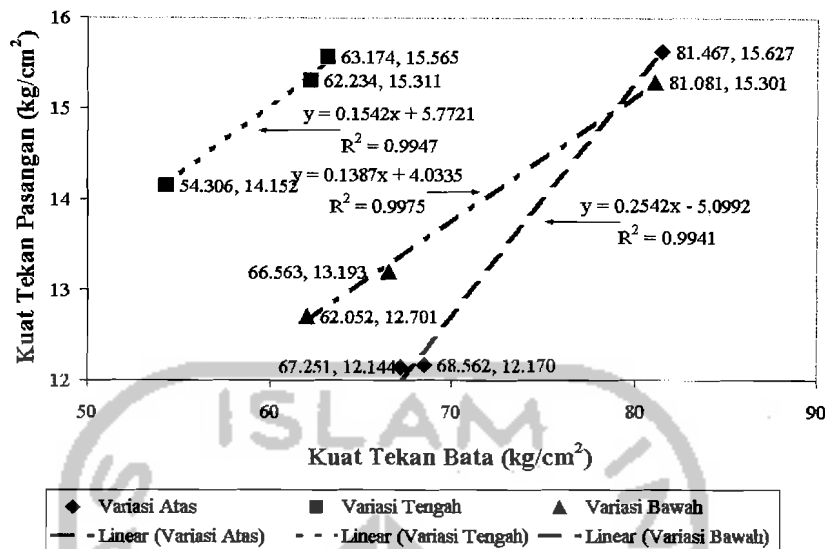
$$y = -3325136.4472(0.016)^3 + 7077.8934(0.016)^2 + 1437.6416(0.016) + 0.0122$$

$$y = 11.2066$$

Dengan demikian tegangan ( $\sigma$ ) = 11.2066 kg/cm<sup>2</sup> pada regangan max ( $\epsilon_{\max}$ ) = 0.016

Pasangan bata dengan letak pembakaran variasi atas memiliki regangan yang paling tinggi, hal ini menunjukkan bahwa sifat kohesi (ikatan) antar partikel-partikel penyusun tanah pada bata variasi atas lebih baik dibandingkan dengan variasi lainnya. Dari hasil yang ada dapat dikatakan bahwa faktor letak pembakaran dan pengaruh panas pembakaran merupakan faktor utama penentu sifat kohesi bata, dimana bahan pembentuk utamanya sebagian besar berupa tanah liat (*alumina*), yang akan bersifat plastis jika diberi air. Sesuai dengan hasil pengujian kandungan air bata (lihat Tabel Lampiran II.5), dimana persentase kandungan air rata-rata pada bata Agung Senuko yang paling tinggi terdapat pada variasi atas sebesar 1.169%.

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan pasangan dengan kuat tekan bata Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.15.



**Gambar 5.15** Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Bata Dengan Kuat Tekan Pasangan Bata Agung Senuko

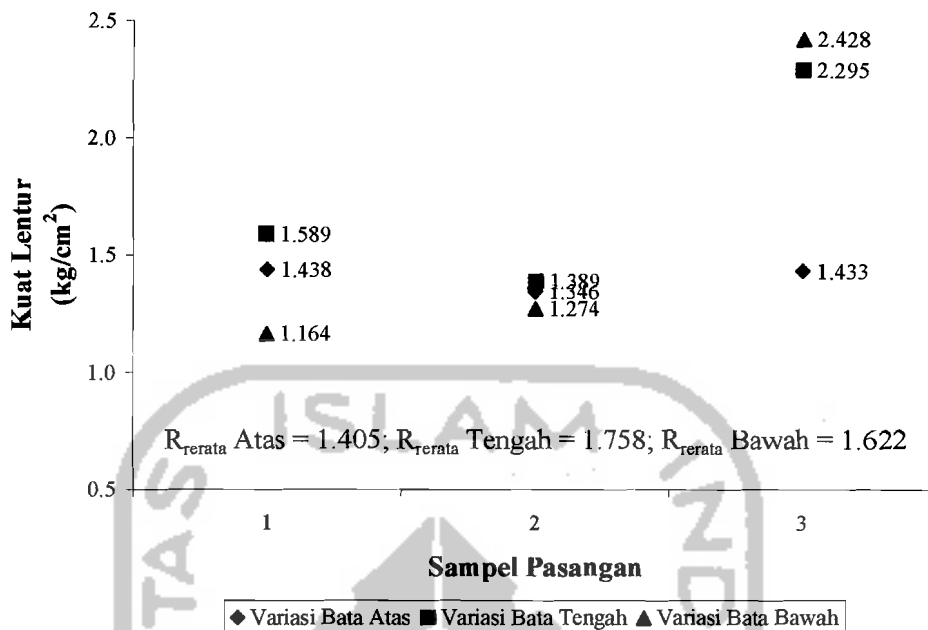
Gambar 5.15 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi positif antara kuat tekan bata Agung Senuko dengan kuat tekan pasangan, artinya jika kuat tekan bata Agung Senuko semakin tinggi maka kuat tekan pasangan juga meningkat. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 99.41%; 99.47%; dan 99.75% dapat disimpulkan bahwa besarnya kuat tekan pasangan pada variasi atas, tengah, dan bawah sangat dipengaruhi oleh kuat tekan batanya. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara kuat tekan bata Agung Senuko dengan kuat tekan pasangan ternyata terdapat pada variasi atas dengan persamaan linier  $y = 0.2542x - 5.0992$  diperoleh nilai  $a$  sebagai bilangan konstan sebesar 0.2542, dapat disimpulkan bahwa kenaikan

kuat tekan bata pada variasi atas berpengaruh besar terhadap meningkatnya kuat tekan pasangan dibandingkan variasi tengah (0.1542) dan bawah (0.1387).

### 5.2.3 Kuat Lentur Pasangan Bata

Kuat lentur pasangan bata ditunjukkan dengan hasil pengujian seperti pada Gambar 5.16. Mekanisme kerusakan pada lentur pasangan bata umumnya karena dari faktor berat sendiri terhadap beban serta kualitas pasangan yang dibuat. Kerusakan yang umum terjadi pada model lentur adalah:

- a. patah spesimen terjadi ditengah bentang dengan lepasnya bata dari mortarnya,
- b. sebagian ikatan mortar dan bata kurang, ditandai dengan mortar yang hanya menempel pada bagian tengah bata sementara pada ujung-ujung bata, lekatan mortar lepas dari bata,
- c. lekatan antar mortar terhadap bata cukup kuat ditandai dengan banyaknya bata yang *compel* (*spalling*) dan menempel pada mortar, dan
- d. sama halnya dengan pengujian rupture, diketahui bahwa campuran bata tidak homogen.



**Gambar 5.16** Grafik Kuat Lentur Pasangan Bata Agung Senuko

Dari pengujian kuat lentur pasangan diperoleh hasil maksimum pada variasi pembakaran bata tengah dengan nilai kuat lentur pasangan rata-rata sebesar 1.758 kg/cm<sup>2</sup>, sesuai dengan hasil pengujian kuat lekat bata pada Sub bab 5.2.1, dimana kuat lekat maksimum bata Agung Senuko terdapat pada variasi tengah sebesar 0.630 kg/cm<sup>2</sup>, hal ini menunjukkan bahwa kuat lekat bata memiliki hubungan yang sinergi dengan kuat lentur pasangan. Perhitungan untuk memperoleh kuat lentur pasangan bata seperti berikut ini.

**Tabel 5.11** Dimensi sampel kuat lentur pasangan variasi bata atas

Variabel	Dimensi
$b_{\text{specimen}}$ (cm)	23.091
$d_{\text{specimen}}$ (cm)	10.818
$P_s$ (kg)	20.258
$P$ (kg)	62.5
$l$ (cm)	50

Berdasarkan data dimensi pada Tabel 5.11, maka menurut persamaan (3.10)

$$\text{Modulus Rupture, } R = \frac{(P + 0.75P_s) \times l}{b \times d^2}$$

$$R = \frac{(62.5 + (0.75 \times 20.258)) \times 50}{23.091 \times 10.818^2}$$

$$R = 1.438 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan nilai standar deviasi dari salah satu variasi sebagai berikut.

**Tabel 5.12** Data hasil pengujian kuat lentur pasangan variasi bata atas

$X_i$ nilai kuat lentur pasangan variasi atas, $\text{kg/cm}^2$ )	$X_i^2$
1.438	2.066
1.346	1.811
1.433	2.053
$\Sigma = 4.216$	$\Sigma = 5.930$

Dari Tabel 5.12 diperoleh:  $\Sigma X = 4.216$  dan  $n = 3$ . Sesuai persamaan (3.14)

$$X_{\text{rerata}} = \frac{\Sigma X}{n}$$

$$= \frac{4.216}{3} = 1.405$$

Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\sum X^2 = 5.930$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)

$$s = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(3 \times 5.930) - (4.216)^2}{3(3-1)}} = 0.051$$

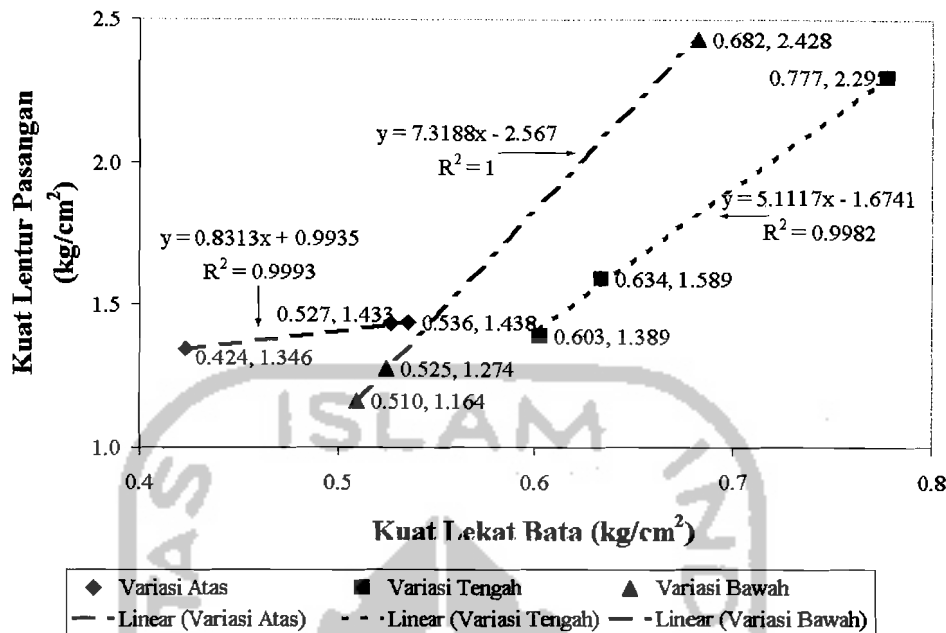
Untuk lebih jelasnya, data kuat lentur pasangan bata setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13** Nilai Kuat Lentur Maksimum Pasangan

Sampel Bata	Variasi Bata Atas			Variasi Bata Tengah			Variasi Bata Bawah		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Lebar, b (cm)	23.091	23.080	23.099	22.975	23.043	23.027	22.876	23.144	23.038
Tebal, d (cm)	10.818	11.039	10.817	10.837	10.998	10.996	10.993	10.902	11.067
Ps (kg)	20.258	20.913	19.935	17.662	19.937	20.392	19.135	20.125	19.333
P (kg)	62.5	60.0	62.5	72.5	62.5	112.5	50.0	55.0	122.5
R (kg/cm <sup>2</sup> )	1.438	1.346	1.433	1.589	1.389	2.295	1.164	1.274	2.428
R <sub>rata-rata</sub>	1.405			1.758			1.622		
Std. Deviasi	0.1			0.5			0.7		

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara kuat lentur pasangan dengan kuat lekat bata Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.17.





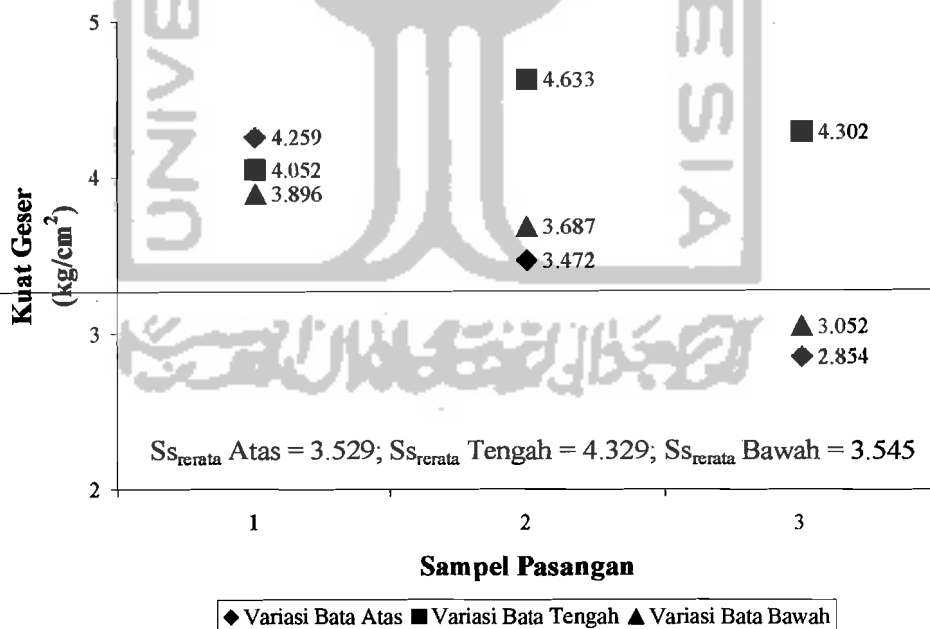
**Gambar 5.17** Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Bata Dengan Kuat Lentur Pasangan Bata Agung Senuko

Gambar 5.17 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi positif antara kuat lekat bata Agung Senuko dengan kuat lentur pasangan, artinya jika kuat lekat bata Agung Senuko semakin tinggi maka kuat lentur pasangan juga meningkat. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 99,93%; 99,82%; dan 100% dapat disimpulkan bahwa besarnya kuat lentur pasangan pada variasi atas dan tengah sangat dipengaruhi oleh kuat lekat batanya, sedangkan untuk variasi bawah mempunyai hubungan yang sempurna. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara kuat lekat bata Agung Senuko dengan kuat lentur pasangan ternyata terdapat pada variasi bawah dengan persamaan linier  $y = 7.3188x - 2.567$  diperoleh nilai  $a$  sebagai

bilangan konstan sebesar 7.3188, dapat disimpulkan bahwa kenaikan kuat lekat bata pada variasi bawah berpengaruh besar terhadap meningkatnya kuat lentur pasangan dibandingkan variasi atas (0.8313) dan tengah (5.1117).

#### 5.2.4 Kuat Geser Pasangan Bata

Kuat geser pasangan bata ditunjukkan dengan hasil pengujian seperti pada Gambar 5.18. Perilaku pasangan bata sangat dipengaruhi oleh ratio tinggi terhadap lebar. Pasangan bata yang relatif pendek tetapi cukup lebar sehingga ratio tinggi terhadap lebar relatif kecil akan berperilaku kuat menahan geser, sedang bila ratio tinggi terhadap lebar relatif besar maka pasangan bata akan berperilaku kuat menahan lentur.



Gambar 5.18 Grafik Kuat Geser Pasangan Bata Agung Senuko

Dengan menggunakan persamaan (3.11), maka dari hasil pengujian didapat variasi bata yang lebih kuat menahan geser yakni variasi tengah seperti tertera pada Tabel 5.16 yang menjelaskan nilai kuat geser dari setiap variasi. Perhitungan untuk memperoleh kuat geser pasangan bata seperti berikut ini.

Diketahui ukuran sampel untuk pengujian geser = 1.5 x 1.5 bata

**Tabel 5.14** Dimensi sampel kuat geser pasangan variasi bata atas

Variabel	Dimensi
$P_{\text{bata}}$ (cm)	22.638
$T_{\text{bata}}$ (cm)	4.828
$W_{\text{spesimen}}$ (cm)	36.250
$t_{\text{spesimen}}$ (cm)	10.890
$h_{\text{specimen}}$ (cm)	35.850
$W \times h$	1299.563
$n$	0.757
$P$ (kg)	1790

Perhitungan kuat geser pasangan dengan persamaan (3.11) dan (3.12) berikut ini. (ASTM/Vol 04.05/E-519).

$$\text{Shear Stress, } S_s = \frac{0.707P}{An}, \text{ dimana } An = \left( \frac{W + h}{2} \right) .t.n$$

Dari Tabel 5.14 diperoleh,

$$n = (9 \times P_{\text{bata}} \times T_{\text{bata}}) / (W \times h) = (9 \times 22.638 \times 4.828) / 1299.563 = 0.757$$

Sesuai persamaan (3.12),

$$An = \left( \frac{W + h}{2} \right) .t.n = \left( \frac{36.250 + 35.850}{2} \right) (10.890 \times 0.757)$$

$$An = 297.186 \text{ cm}^2$$

sehingga sesuai persamaan (3.11),

$$\text{Shear Stress, } S_s = \frac{0.707P}{An} = \frac{0.707 \times 1790}{297.186} = 4.258 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan nilai standar deviasi dari salah satu variasi sebagai berikut.

**Tabel 5.15** Data kuat geser pasangan variasi bata atas

$X_i$ (nilai kuat geser pasangan variasi atas, $\text{kg/cm}^2$ )	$X_i^2$
4.259	18.142
3.472	12.058
2.854	8.147
$\Sigma = 10.586$	$\Sigma = 38.347$

Dari Tabel 5.15 diperoleh:  $\Sigma X = 10.586$  dan  $n = 3$ . Sesuai persamaan (3.14)

$$\begin{aligned} X_{\text{rerata}} &= \frac{\Sigma X}{n} \\ &= \frac{10.586}{3} = 3.529 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data  $\Sigma X^2 = 38.347$ , sehingga sesuai persamaan (3.15)

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(3 \times 38.347) - (10.586)^2}{3(3-1)}} = 0.704 \end{aligned}$$

Untuk data nilai kuat geser maksimum pasangan bata setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.16.

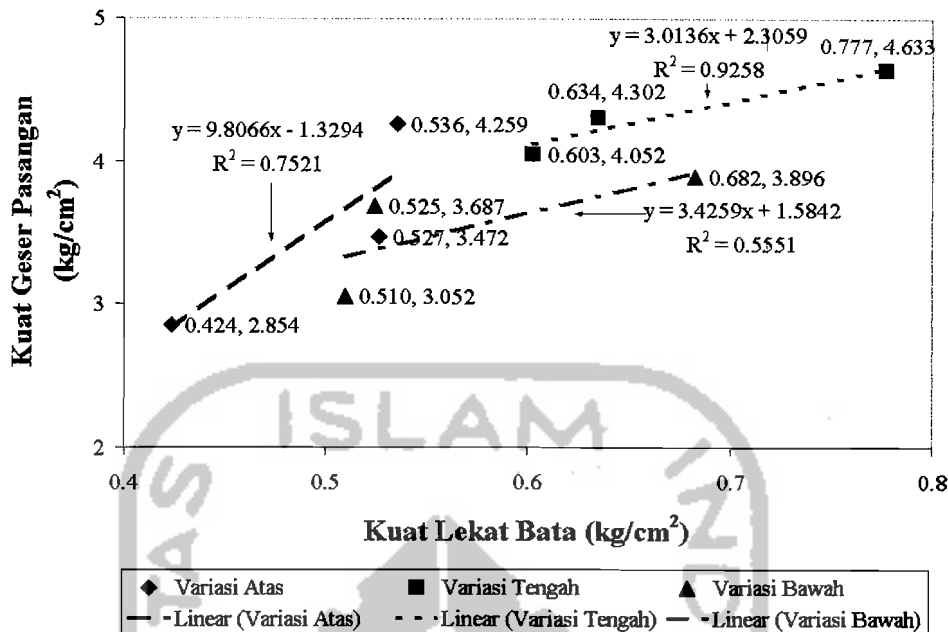
**Tabel 5.16** Nilai Kuat Geser Maksimum Pasangan

Sampel	Variasi Bata Atas			Variasi Bata Tengah			Variasi Bata Bawah		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
n	0.757	0.802	0.869	0.760	0.780	0.749	0.812	0.794	0.779
Luas, An	297.118	315.584	336.874	298.356	309.795	302.355	326.606	318.328	305.805
P (kg)	1790	1550	1360	1710	2030	1840	1800	1660	1320
Ss (kg/cm <sup>2</sup> )	4.259	3.472	2.854	4.052	4.633	4.302	3.896	3.687	3.052
S <sub>Srata-rata</sub>	3.529			4.329			3.545		
Std. Deviasi	0.7			0.3			0.4		

Dari Tabel 5.16 terlihat bahwa variasi pembakaran bata pada bagian tengah memiliki tegangan geser yang cukup besar, ini juga mengidentifikasi kematangan bata yang cukup baik pada bagian tengah, sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1.

Kerusakan awal yang umum terjadi pada geser pasangan ini, yaitu retak yang agak memanjang putus-putus arah diagonal. Namun ada sebagian yang lain patah pada specimen (terbagi dua) dan rusak pada ujung specimen.

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara kuat geser pasangan dengan kuat lekat bata Agung Senuko dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Antara Kuant Lekat Bata

Dengan Kuant Geser Pasangan Bata Agung Senuko

Gambar 5.19 menunjukkan bahwa pada tiap variasi ternyata terdapat korelasi positif antara kuat lekat bata Agung Senuko dengan kuat geser pasangan, artinya jika kuat lekat bata Agung Senuko semakin tinggi maka kuat geser pasangan juga meningkat. Dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan pada variasi atas, tengah, dan bawah secara berturut-turut sebesar 75.21%; 92.58%; dan 55.51% dapat disimpulkan bahwa kenaikan kuat lekat bata Agung Senuko pada variasi atas dan bawah mempunyai pengaruh yang kuat terhadap naiknya kuat geser pasangan, sedangkan untuk variasi tengah mempunyai pengaruh yang sangat kuat. Adapun sensitivitas terbesar untuk hubungan antara kuat lekat bata Agung Senuko dengan kuat geser pasangan ternyata terdapat pada variasi atas dengan persamaan linier

$y = 9.8066x - 1.3294$  diperoleh nilai  $a$  sebagai bilangan konstan sebesar 9.8066, dapat disimpulkan bahwa kenaikan kuat lekat bata pada variasi atas berpengaruh besar terhadap meningkatnya kuat geser pasangan dibandingkan variasi tengah (3.0136) dan bawah (3.4259).

### 5.3 Pembahasan

Pada pengujian pendahuluan atau pengujian yang menunjukkan kriteria bata yang baik, dimana ditinjau dari segi warna serta bunyinya memperlihatkan bata Agung Senuko didalam proses pembakaran menghasilkan bata yang cukup matang, untuk dimensinya bata ini sesuai dengan standar bata NI-10 yang memiliki ukuran panjang = 22-25 cm, lebar = 10.5-12 cm, dan tebal = 4.6-5.6 cm. Bata Agung Senuko tidak mudah hancur hal ini sesuai dengan hasil pengujian kandungan garam pada Sub bab 5.1.2 yang ternyata bagian-bagian dari permukaan bata masih bagus tidak menjadi bubuk ataupun terlepas ketika setelah dilakukan pengujian, sehingga diperoleh deskripsi bata pada penelitian ini seperti pada Tabel 5.17.

**Tabel 5.17** Deskripsi bata Agung Senuko

Warna bata	Bunyi	Ukuran	Hancur/tidak
sampel bata pada penelitian ini, rata-rata berwarna agak merah muda, merah dan sedikit sampel berwarna hitam sebagian pada salah satu sisi	secara umum, sampel bata pada penelitian ini bunyinya nyaring	bata Agung Senuko pada penelitian ini rata-rata berukuran 22.9x10.8x5.2 cm. ukuran ini masih termasuk dalam batasan NI-10	bata Agung Senuko tidak mudah hancur

Pengujian kuat lekat bata mortar, tekan, lentur serta geser pasangan pada *medium specimen* ternyata kekuatan yang paling baik terletak pada variasi pembakaran bagian tengah. Hal ini dikarenakan pada bagian tengah suhu yang terjadi selama proses pembakaran bertambah secara bertahap, dan pada waktu proses pendinginan mengalami penurunan suhu secara lambat, dilihat dari letak bata yang tertutup rapat oleh bata atas dan bawah, sehingga bata dimungkinkan terbakar sempurna. Sedangkan pada bagian bawah terjadi proses pembakaran yang berlebihan dilihat dari letak bata yang dekat dengan titik api, sehingga akan mengakibatkan bata berwarna hitam atau hangus dan retak-retak hal ini disebabkan tidak cukup waktu bagi plastisitas air untuk menguap, sesuai dengan hasil pengamatan bata pada Sub bab 5.1.1. Untuk bagian atas bata belum memiliki kematangan yang tepat, karena letaknya yang jauh dari titik api, selain itu juga terjadi proses pendinginan secara cepat, karena pada salah satu sisinya agak terbuka dengan udara luar sehingga panas bereaksi terhadap udara hal ini menyebabkan satu permukaan akan lebih panas daripada permukaan lain, sehingga yang satu volumenya berubah dan yang lain tidak.

Sementara itu pada pengujian *small specimen* yakni kuat tekan bata ternyata variasi yang kekuatan lebih baik terletak pada variasi bagian atas, sedangkan untuk kuat lentur/*rupture* bata lebih didominasi oleh bata variasi pembakaran bawah. Hal ini disamping faktor panas pembakaran, dimungkinkan juga karena faktor propertis masing-masing bata yang berbeda seperti tanah tidak homogen. Dimana proses dalam pembuatan bata mentah dilakukan secara tradisional, baik itu mulai dari proses pengulenan/pengadukan adonan bata sampai pencetakan bata yang masih secara



manual tidak menggunakan mesin *press*, disini faktor *human error* sangat mempengaruhi seperti faktor kelelahan, meskipun tiap tahap pembuatan dilakukan oleh satu orang yang diharapkan dapat menghasilkan kualitas bata yang sama.

Pada pengujian nilai serapan air bata Agung Senuko cukup tinggi (>20%) yang mengidentifikasi bahwa bata merah asal Godean tidak padat/porous. Tidak padatnya bata kemungkinan karena faktor pembuatan yang kurang baik karena bata hanya dicetak dengan cetakan kayu dan diratakan dengan tangan. Sedang untuk komposisi campuran bata, secara umum bata Agung Senuko yang diteliti saat ini terdiri atas campuran yang lebih banyak mengandung pasir, sehingga bata bersifat sedikit getas.

#### **5.4 Hal-hal Berpengaruh Dalam Penelitian**

Pada bagian ini akan diuraikan hal-hal yang kiranya berpengaruh terhadap material dan teknik pengerjaannya.

Dari hasil penelitian khususnya pengujian kuat lekat bata dan mortar, ternyata mutu dan kekuatan bata kurang baik dibandingkan kekuatan mortar yang digunakan, padahal kekuatan bata untuk pasangan haruslah kuat untuk mengimbangi kekuatan mortar. Selain itu, kekuatan/daya ikat antara bata dan mortar dipengaruhi oleh banyak faktor. Disini akan diterangkan 8 faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini.

##### **a. Mutu agregat.**

Penggunaan butiran pasir yang tajam dan kasar sangat disarankan dalam pemilihan jenis pasir (agregat halus).

- b. Penyebaran butiran dan semen saat penghampanan mortar pada bata.

Ketika penyebaran usahakan jangan terlalu berlebihan dalam pengambilan penghampanan mortar pada pasangan.

- c. Kandungan air bata.

Sebelum pemasangan bata sebaiknya bata direndam 3-5 menit hingga jenuh kering muka.

- d. Kandungan air mortar.

Penggunaan air pada mortar disesuaikan antara kemudahan pengerjaan (*workability*) pasangan serta kekuatan dari mortar tersebut yaitu sekitar 60-70% berat material pengikatnya (semen, dan kapur).

- e. Penekanan saat pembuatan.

Diperlukan penekanan yang cukup untuk meratakan luas permukaan lekatan serta untuk mengurangi pori udara pada mortar.

- f. Tekstur dan permukaan bata.

Permukaan bata yang kasar dapat meningkatkan daya lekatan antara mortar dan bata.

- g. Pembersihan permukaan lekatan.

Bidang lekatan bata harus dibersihkan terhadap debu/kotoran yang melekat.

- h. Sampel yang telah dibuat perlu diawasi dan dirawat dengan cara dibasahi.