

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembuatan Benda Uji

##### 4.1.1 Penentuan Komposisi Bahan

Batu bata dibuat dengan menggantikan tanah liat dengan *bottom ash*. Berat *bottom ash* ditambahkan dengan prosentase tertentu dari berat tanah liat yang dipakai dalam pembuatan batu bata. Berat 1 batu bata diasumsikan sebesar 1,5 kg. Sedangkan dalam penelitian ini dibutuhkan 36 buah batu bata. *Bottom ash* yang dipakai yaitu *bottom ash* yang lolos saringan no. 200. Komposisi bahan pembuatan batu bata ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.1** Kebutuhan Tanah Liat dan *Bottom ash*

Sampel	Perbandingan		Perbandingan Berat		Jumlah Benda Uji
	Tanah liat (%)	<i>Bottom ash</i> (%)	Tanah liat (kg)	<i>Bottom ash</i> (kg)	
A	40	60	21.6	32.4	36
B	45	55	24.3	29.7	36
C	50	50	27	27	36
D	55	45	29.7	24.3	36
E	60	40	32.4	21.6	36
F	65	35	35.1	18.9	36
G	70	30	37.8	16.2	36
H	80	20	43.2	10.8	36
I	90	10	48.6	5.4	36
J	100	0	54	0	36
Total			353.7	186.3	360

Dari perhitungan tabel di atas, diperoleh total kebutuhan berat tanah liat sebesar 353,7 kg dan berat *bottom ash* sebesar 186,3 kg. Kemudian menimbang tanah liat dan *bottom ash* sesuai dengan kebutuhan per variasinya dan dimasukkan ke dalam karung satu per satu.



**Gambar 4.1** Pengelompokan Tanah Liat dan *Bottom ash*

#### 4.1.2 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji diawali dengan pencampuran bahan-bahan pembuat batu bata. Proses ini dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan tenaga manusia karena di daerah Pakis tempat pembuatan benda uji ini masih manual. Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara bertahap dan dilakukan per variasi.



**Gambar 4.2** Proses Pencampuran Bahan

Setelah bahan tercampur rata semuanya, campuran bahan siap untuk dicetak dengan cetakan dan kemudian dijemur selama kurang lebih 3 hari sampai batu bata dalam keadaan kering, kemudian dibakar.



**Gambar 4.3** Proses Pencetakan Batu Bata



**Gambar 4.4** Proses Pelepasan Batu Bata Dari Cetakan



**Gambar 4.5** Proses Penjemuran Batu Bata



Gambar 4.6 Proses Pembakaran Batu Bata

## 4.2 Pengujian Batu Bata

### 4.2.1 Pengujian Kubus Batu Bata

Alat yang digunakan untuk pengujian batu bata adalah alat uji tekan *enerpact*. Selain menghitung kuat tekan batu bata juga menghitung nilai deformasi aksial dan lateral dengan menggunakan *dial gauge* untuk mendapatkan nilai poisson rasio dari batu bata.

Tabel 4.2 Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash 0%*

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	190.4076	9.5984
2	97.3194	6.4304
3	203.1014	10.4894
4	90.9725	5.5193
5	224.2578	11.2923

Tabel 4.3 Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash 10%*

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	105.7820	5.9352
2	112.1289	6.2785
3	133.2853	7.0928
4	112.1289	5.9994
5	359.6588	16.4608

**Tabel 4.4** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 20%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	166.4818	9.6693
2	210.2928	11.0589
3	223.4361	14.1958
4	184.0062	9.9842
5	411.8234	23.0845

**Tabel 4.5** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 30%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	170.8629	10.1488
2	262.8660	13.7759
3	219.0550	11.0001
4	205.9117	9.9106
5	232.1983	11.6492

**Tabel 4.6** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 35%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	236.5794	12.4110
2	157.7196	10.0885
3	306.6770	16.5093
4	109.5275	6.0226
5	192.7684	9.7020

**Tabel 4.7** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 40%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	236.5794	12.9949
2	258.4849	16.3864
3	148.9574	9.5409
4	254.1038	11.4578
5	315.4392	14.1838

**Tabel 4.8** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 45%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	153.3385	8.1155
2	122.6708	5.8776
3	214.6739	12.4074

**Tabel 4.9** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 50%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	105.1464	5.6221
2	135.8141	6.8894
3	214.6739	10.7837
4	192.7684	8.7318
5	140.1952	6.3952

**Tabel 4.10** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 55%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	141.7479	6.4479
2	116.3602	6.9587
3	141.7479	7.4976
4	148.0948	8.1896
5	211.5640	9.7281

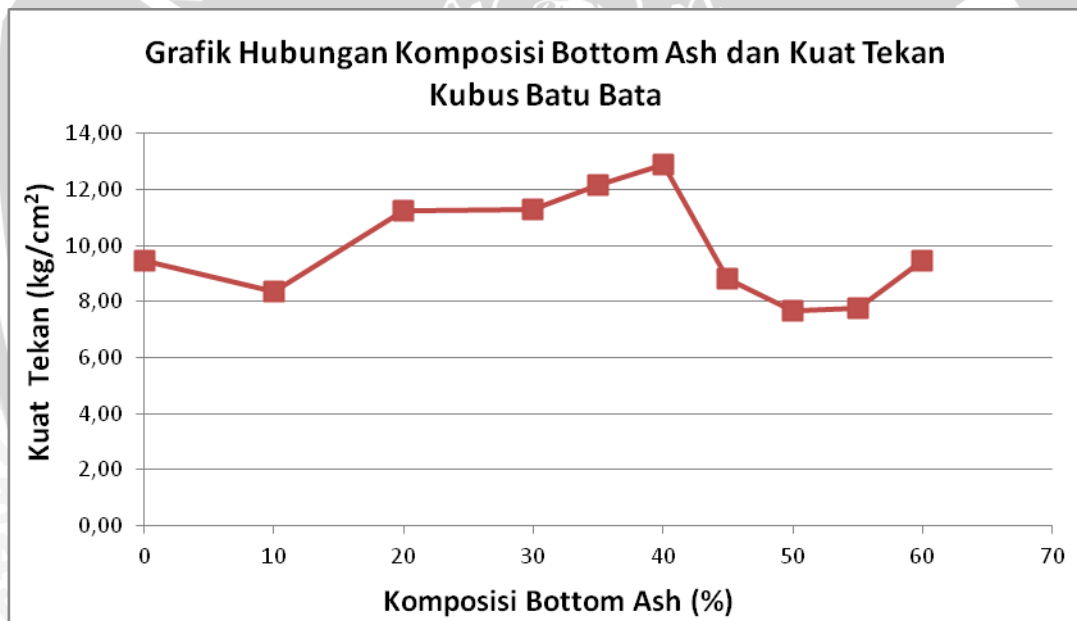
**Tabel 4.11** Nilai Kuat Tekan Kubus Batu Bata *Bottom ash* 60%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	232.1983	12.1910
2	276.0093	14.7993
3	236.5794	11.8655
4	166.4818	8.4039

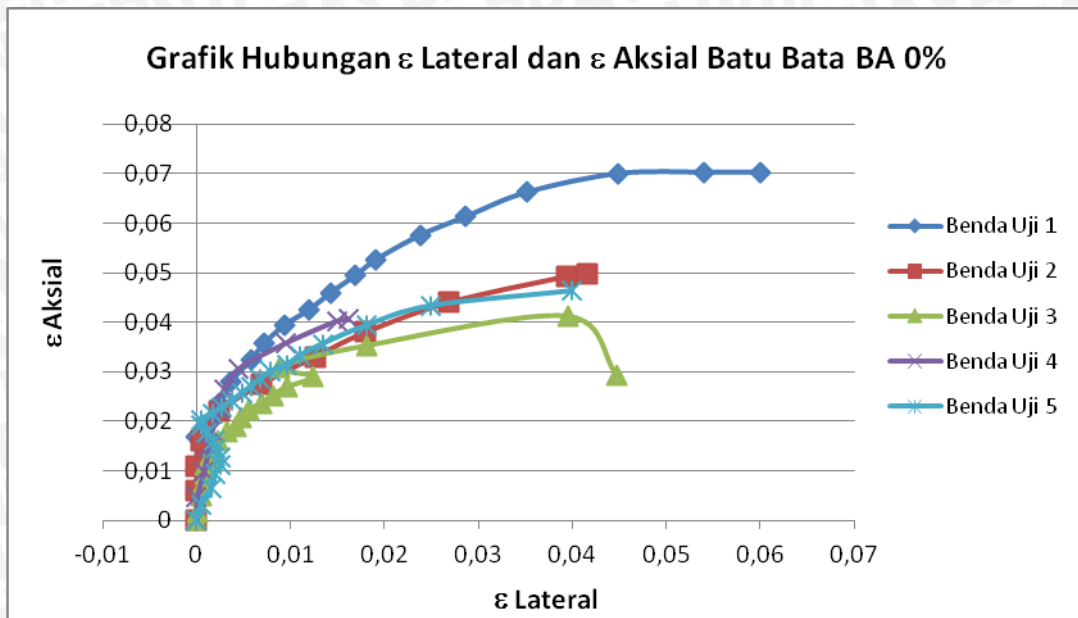
Dari nilai kuat tekan masing-masing komposisi variasi *bottom ash* yang dihasilkan dari pengujian diambil nilai-nilai dengan jarak yang berdekatan yang tidak lebih dari 5% untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan batu-bata dari masing-masing komposisi variasi *bottom ash*. Tabel di bawah ini adalah tabel nilai kuat tekan rata-rata kubus batu-bata yang didapatkan.

**Tabel 4.12** Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Kubus Batu Bata

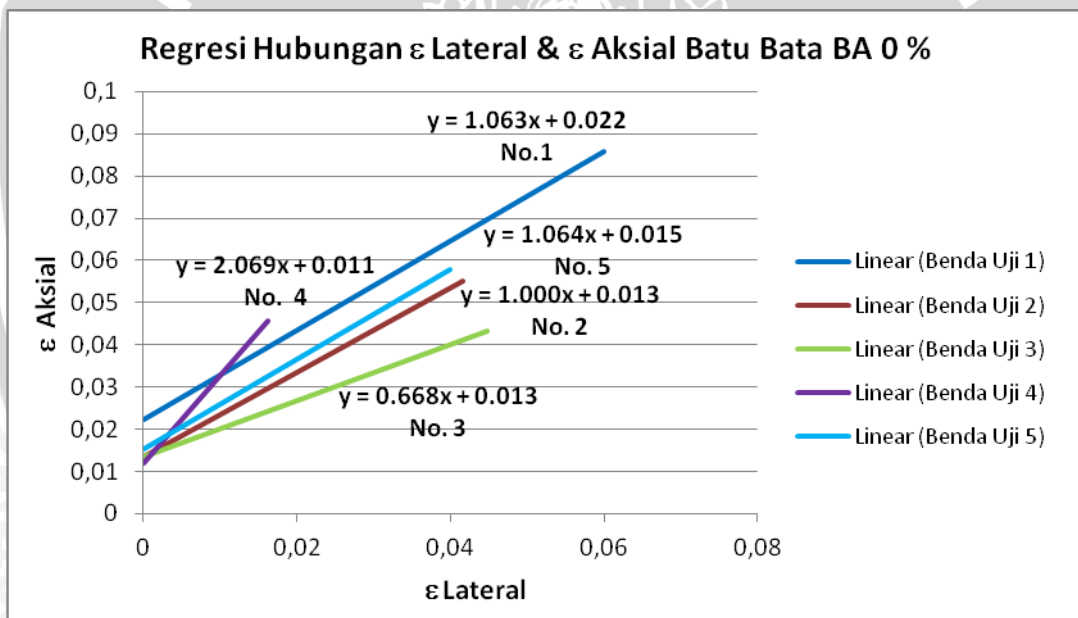
Perbandingan		Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanah Liat (%)	Bottom ash (%)	
100	0	9.45
90	10	8.35
80	20	11.23
70	30	11.30
65	35	12.18
60	40	12.91
55	45	8.80
50	50	7.68
45	55	7.76
40	60	9.45

**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Kuat Tekan Kubus Batu Bata

Pada pengujian ini sekaligus didapat nilai poisson ratio dari batu bata yaitu nilai deformasi aksial ada deformasi lateral yang terjadi.



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 0%

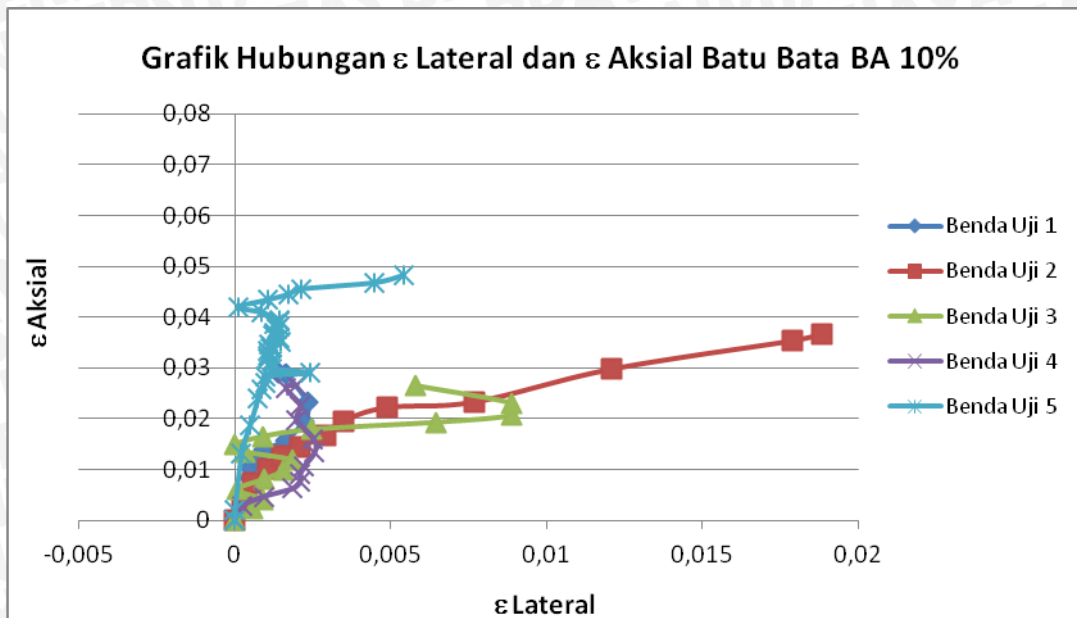


**Gambar 4.9** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 0%

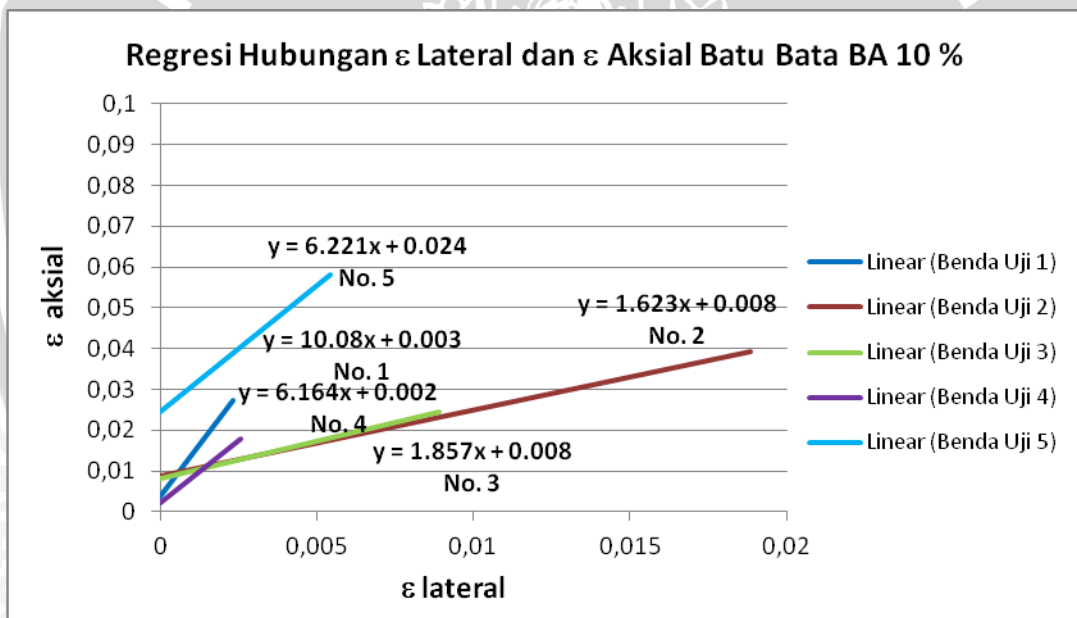
**Tabel 4.13** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 0%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	9.5984	0.32
2	6.4304	0.34
3	10.4894	0.33
4	5.5193	0.17
5	11.2923	0.23





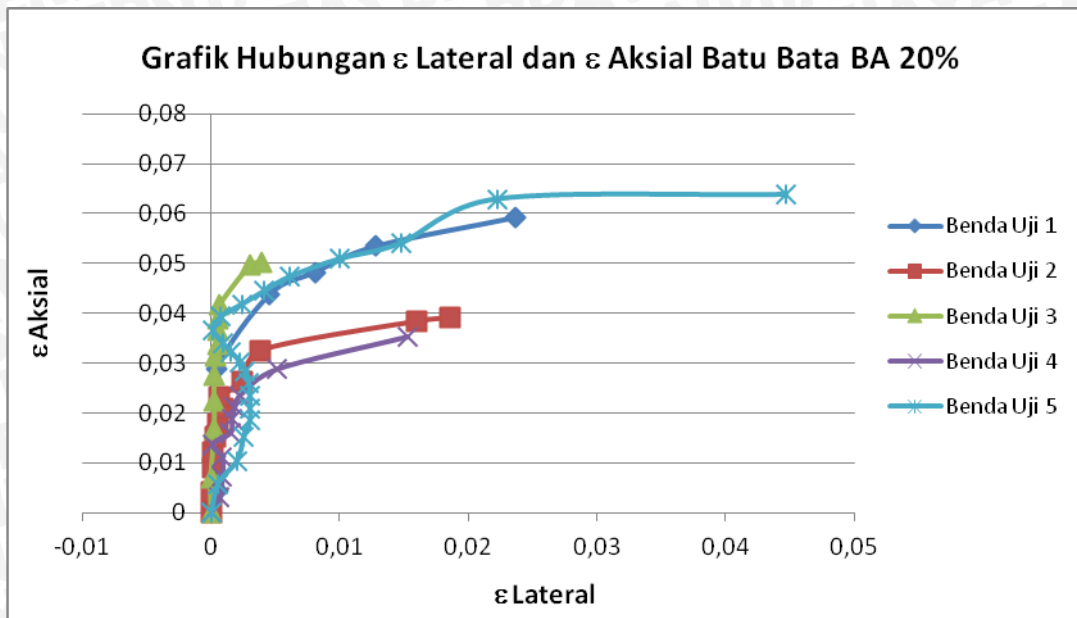
**Gambar 4.10** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 10%



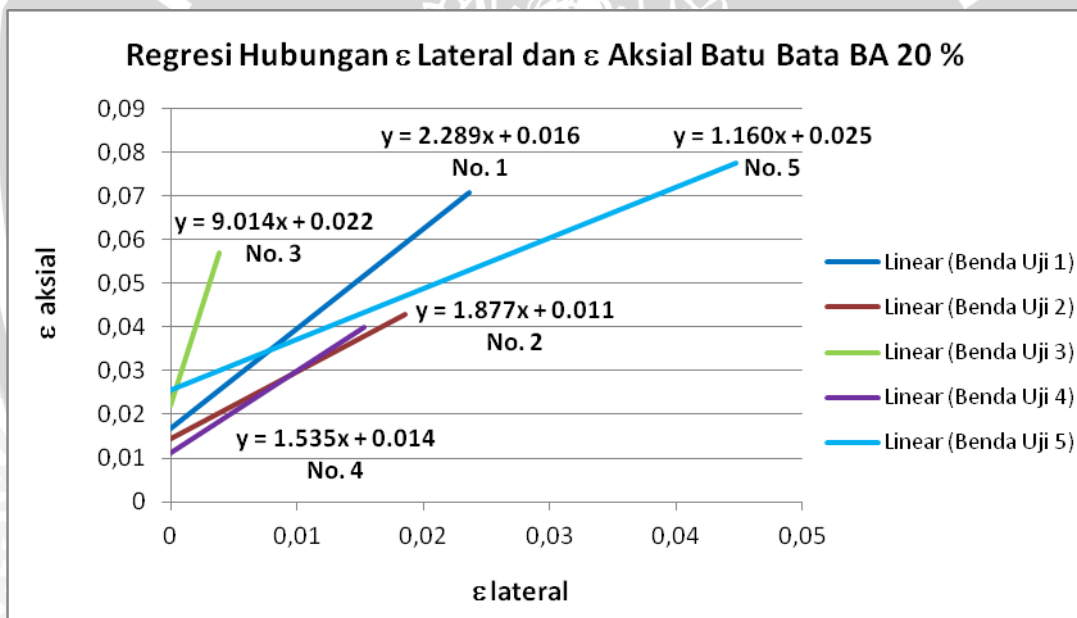
**Gambar 4.11** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 10%

**Tabel 4.14** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 10%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	5.9352	0.07
2	6.2785	0.25
3	7.0928	0.15
4	5.9994	0.12
5	16.4608	0.04



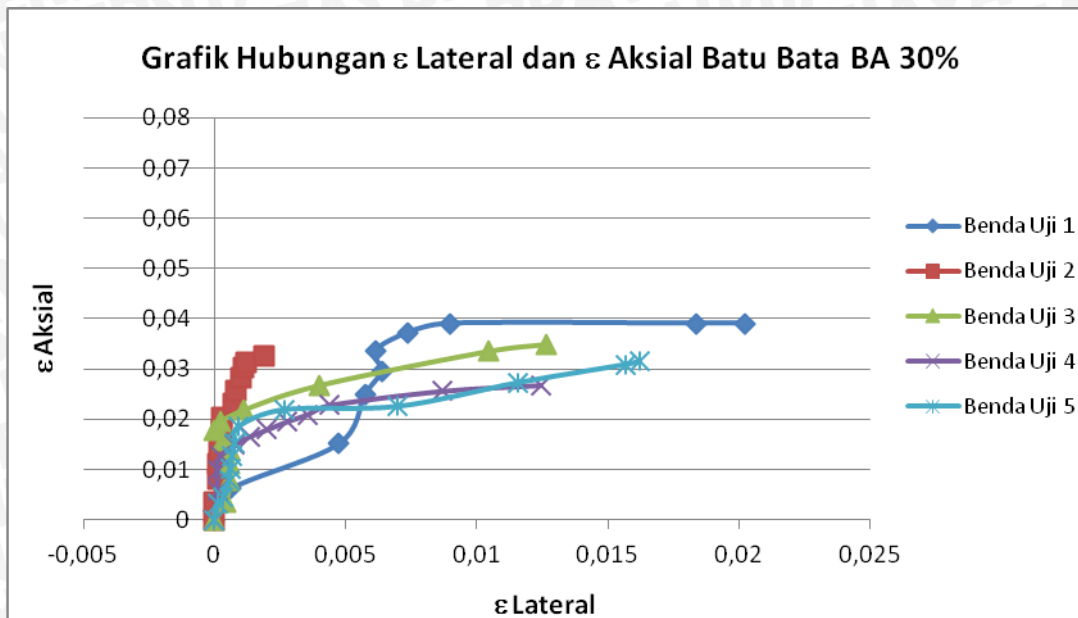
**Gambar 4.12** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 20%



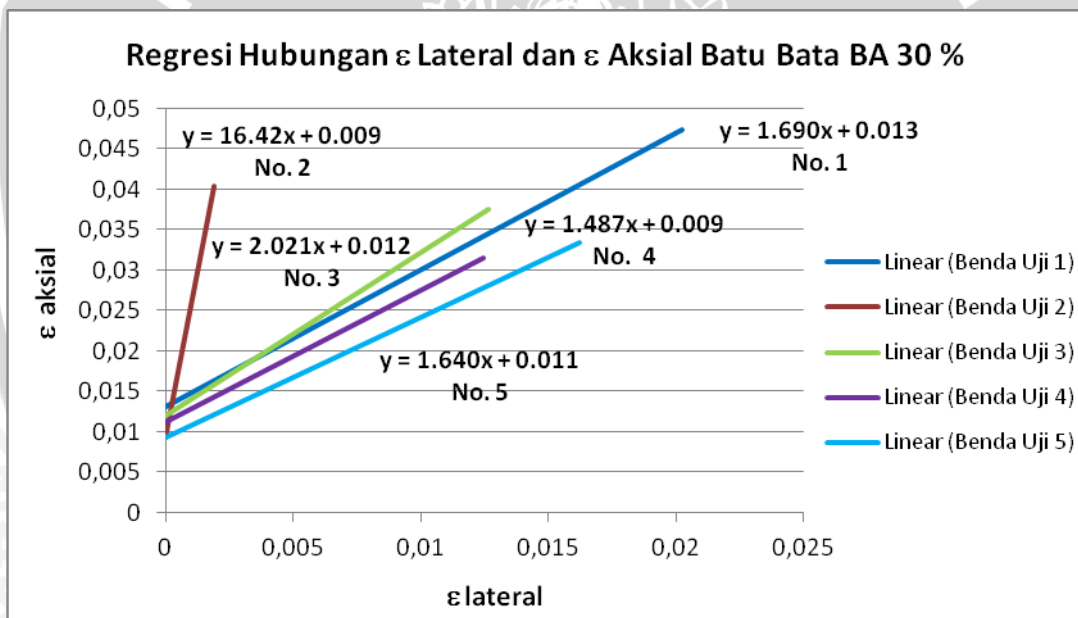
**Gambar 4.13** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 20%

**Tabel 4.15** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 20%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	9.6693	0.13
2	11.0589	0.11
3	14.1958	0.02
4	9.9842	0.09
5	23.0845	0.14



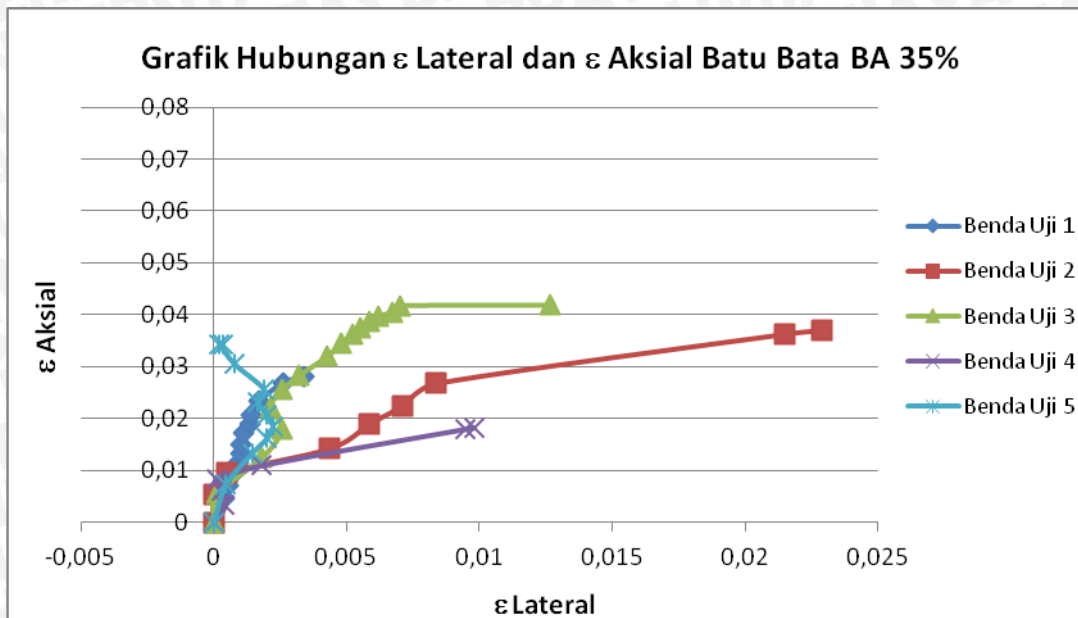
**Gambar 4.14** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 30%



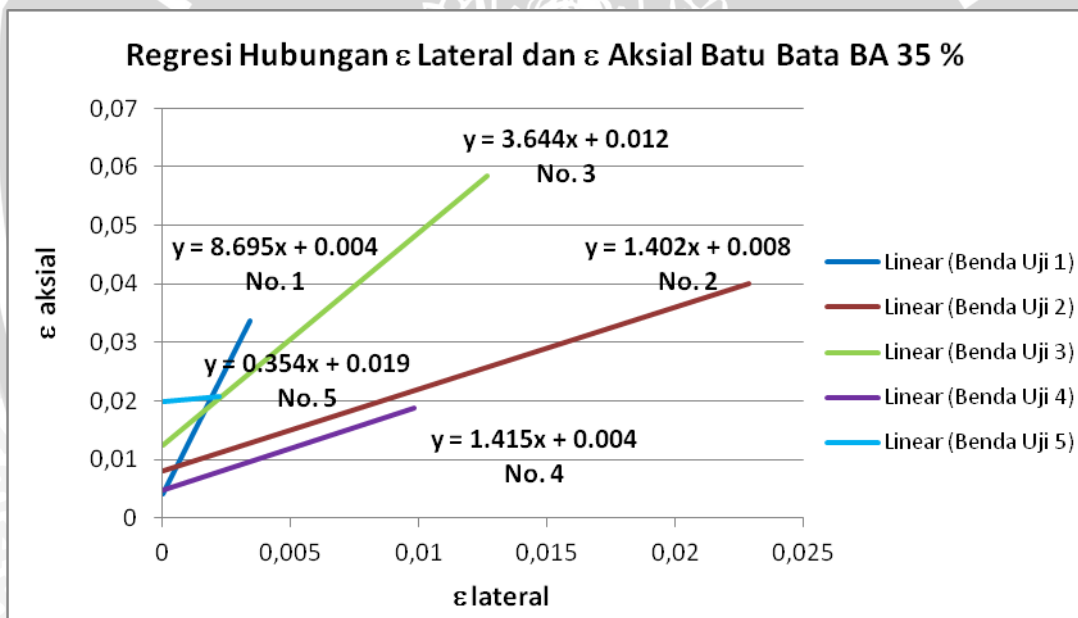
**Gambar 4.15** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 30%

**Tabel 4.16** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 30%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	10.1488	0.25
2	13.7759	0.02
3	11.0001	0.09
4	9.9106	0.14
5	11.6492	0.21



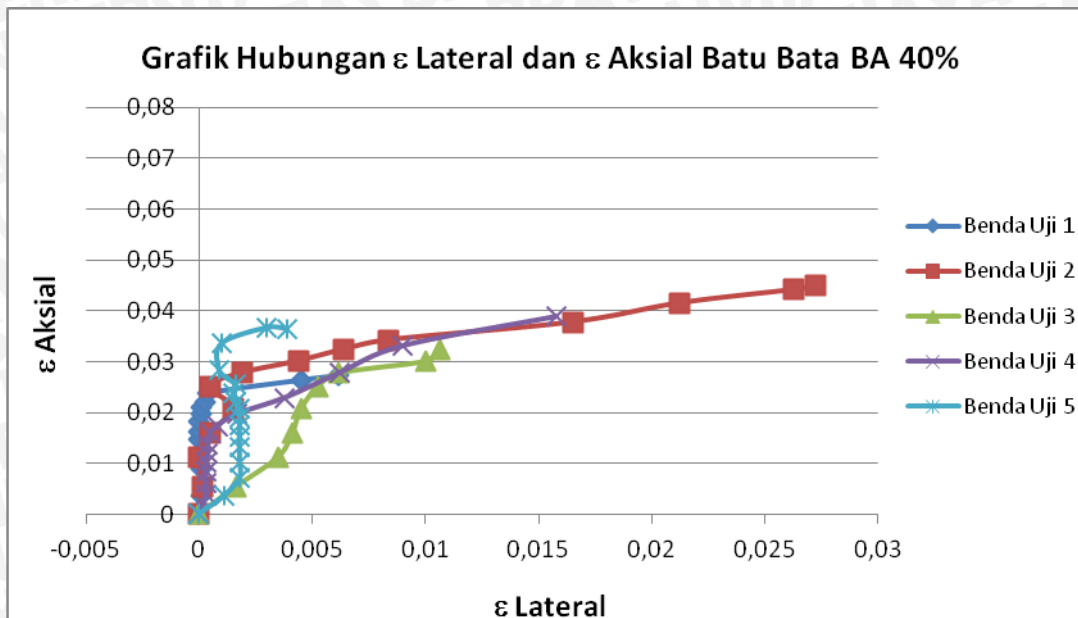
Gambar 4.16 Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 35%



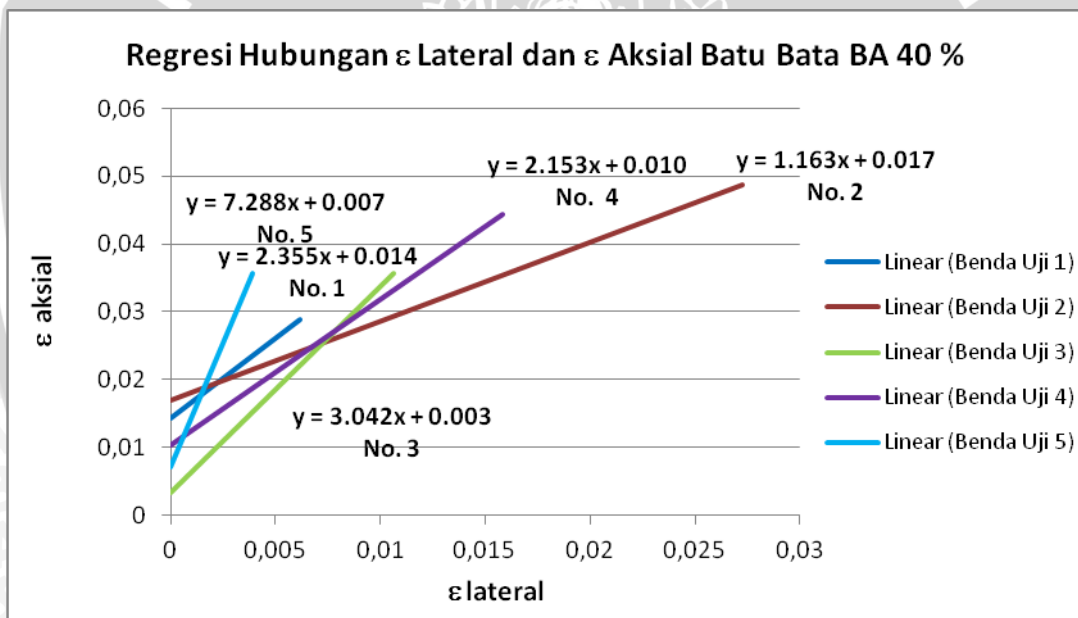
Gambar 4.17 Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 35%

Tabel 4.17 Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 35%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	12.4110	0.07
2	10.0885	0.30
3	16.5093	0.15
4	6.0226	0.22
5	9.7020	0.06



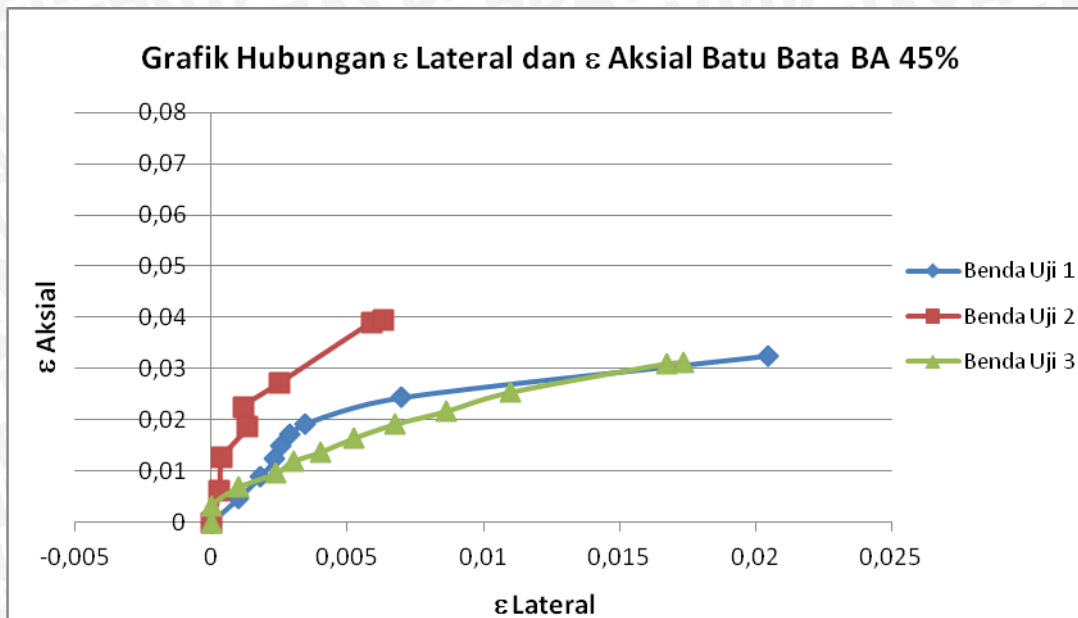
Gambar 4.18 Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 40%



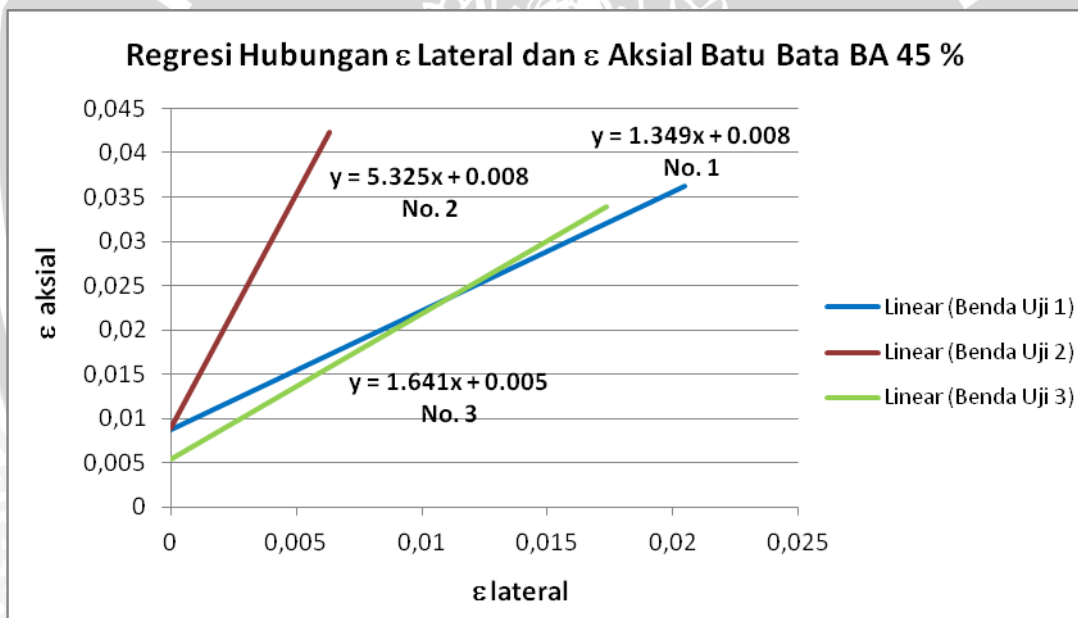
Gambar 4.19 Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 40%

Tabel 4.18 Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 40%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	12.9949	0.04
2	16.3864	0.22
3	9.5409	0.24
4	11.4578	0.11
5	14.1838	0.08



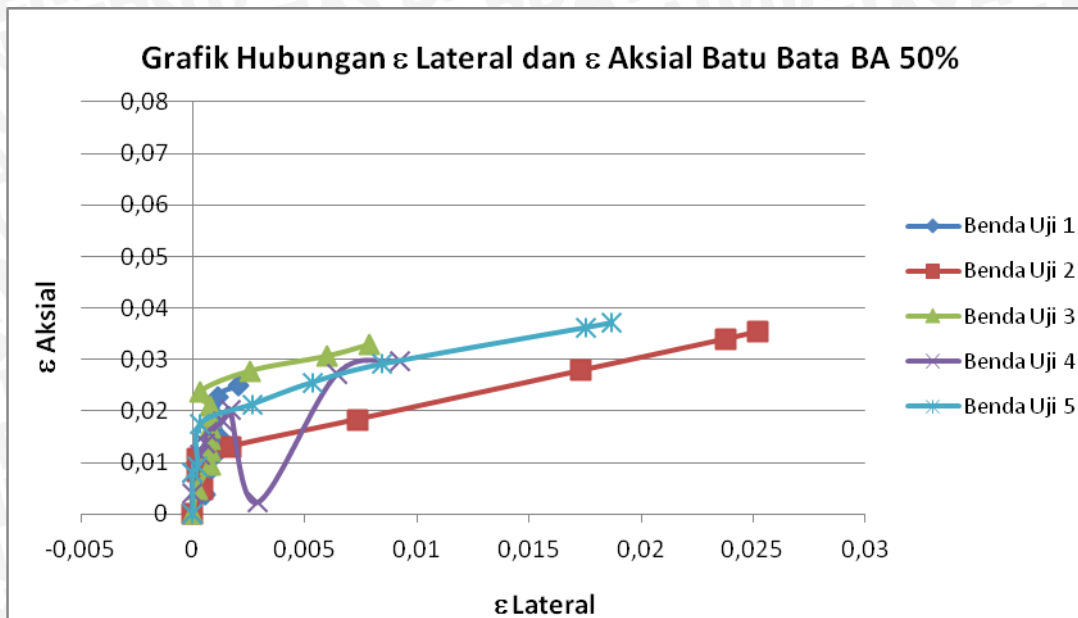
**Gambar 4.20** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 45%



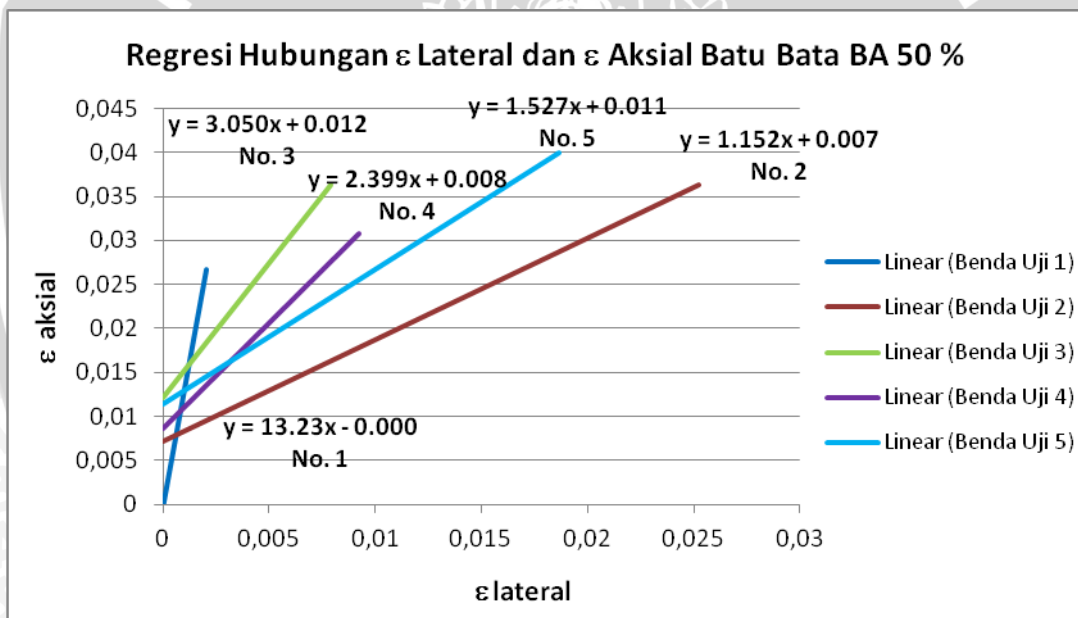
**Gambar 4.21** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 45%

**Tabel 4.19** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 45%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
3	8.1155	0.24
4	5.8776	0.08
5	12.4074	0.32



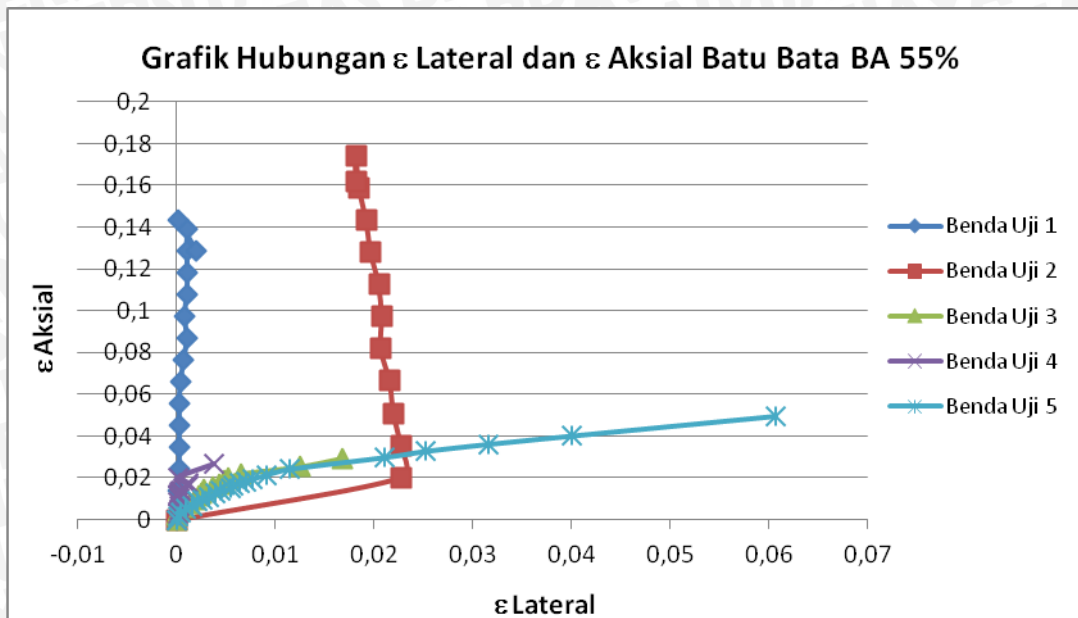
Gambar 4.22 Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 50%



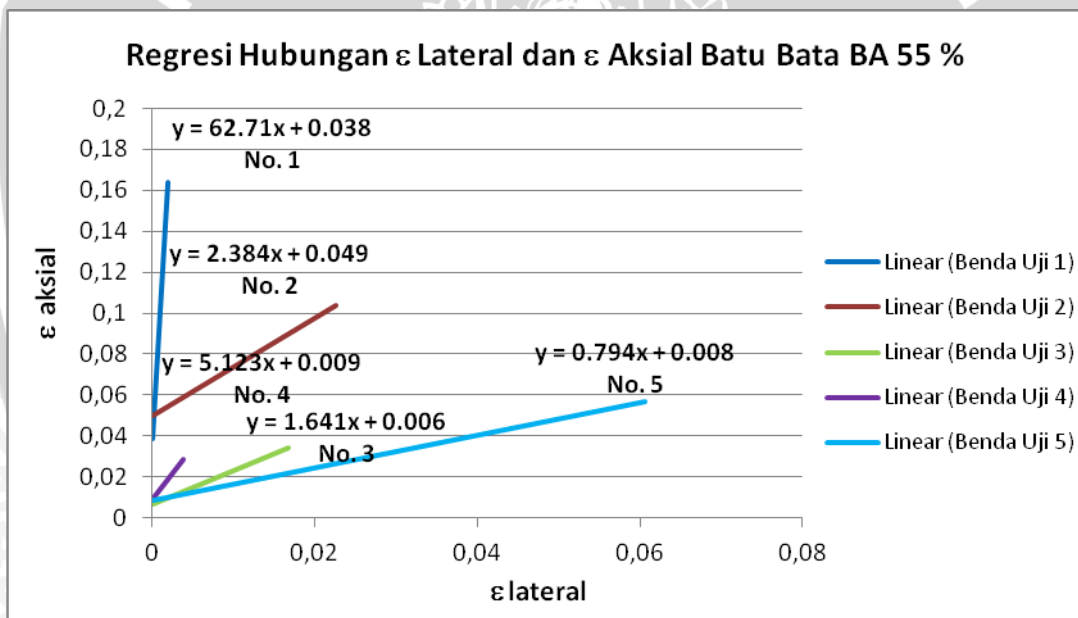
Gambar 4.23 Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 50%

Tabel 4.20 Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 50%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	5.6221	0.07
2	6.8894	0.31
3	10.7837	0.08
4	8.7318	0.10
5	6.3952	0.20



**Gambar 4.24** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 55%

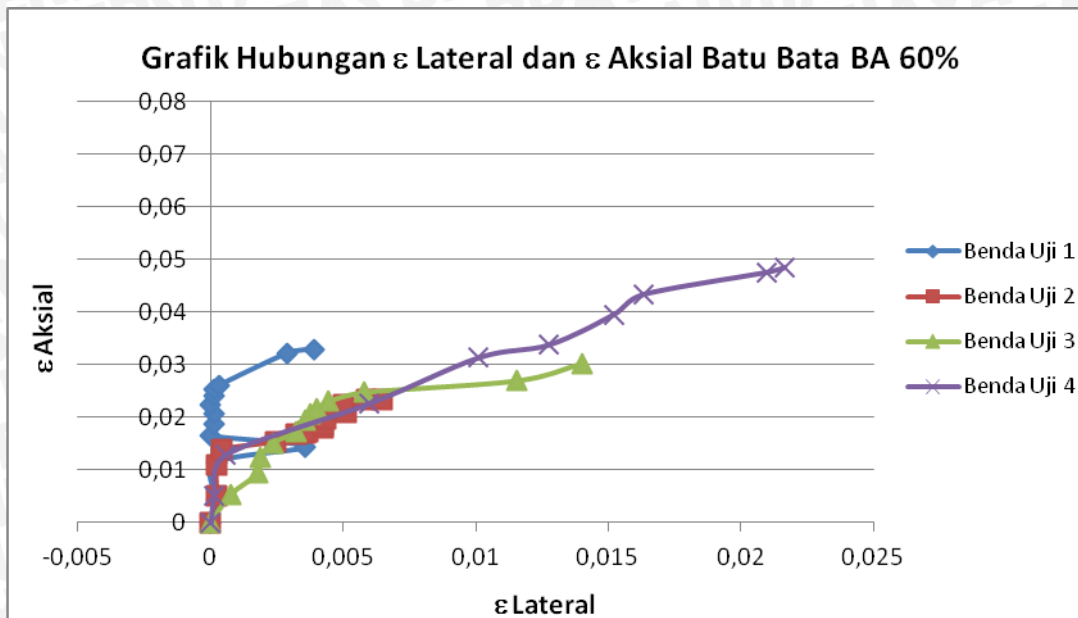


**Gambar 4.25** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 55%

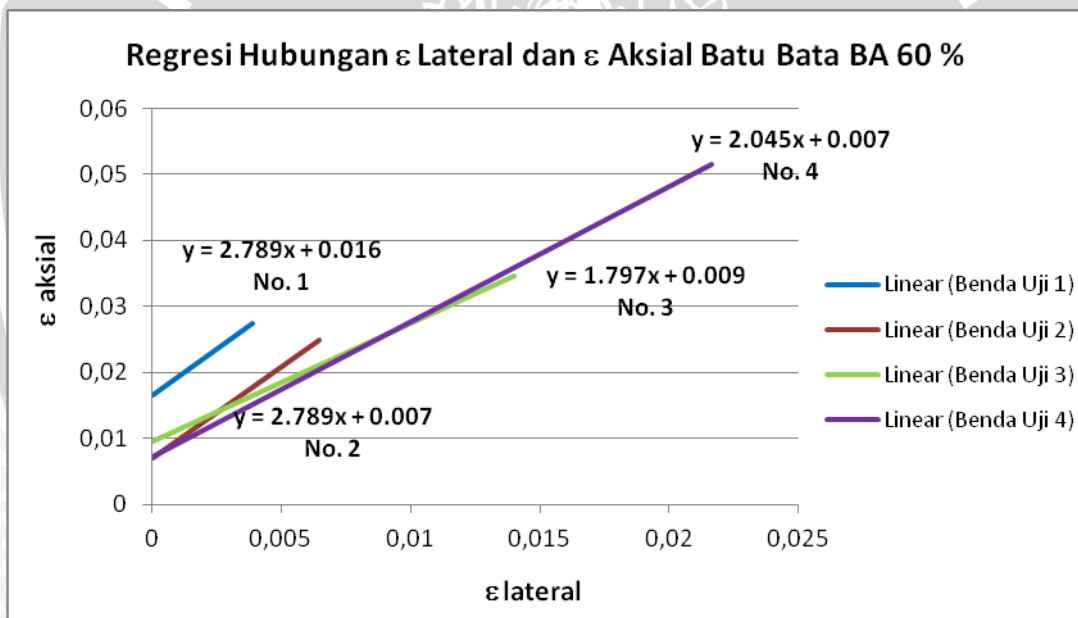
**Tabel 4.21** Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 55%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	6.4479	0.01
2	6.9587	0.19
3	7.4976	0.23
4	8.1896	0.04
5	9.7281	0.45





Gambar 4.26 Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 60%



Gambar 4.27 Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 60%

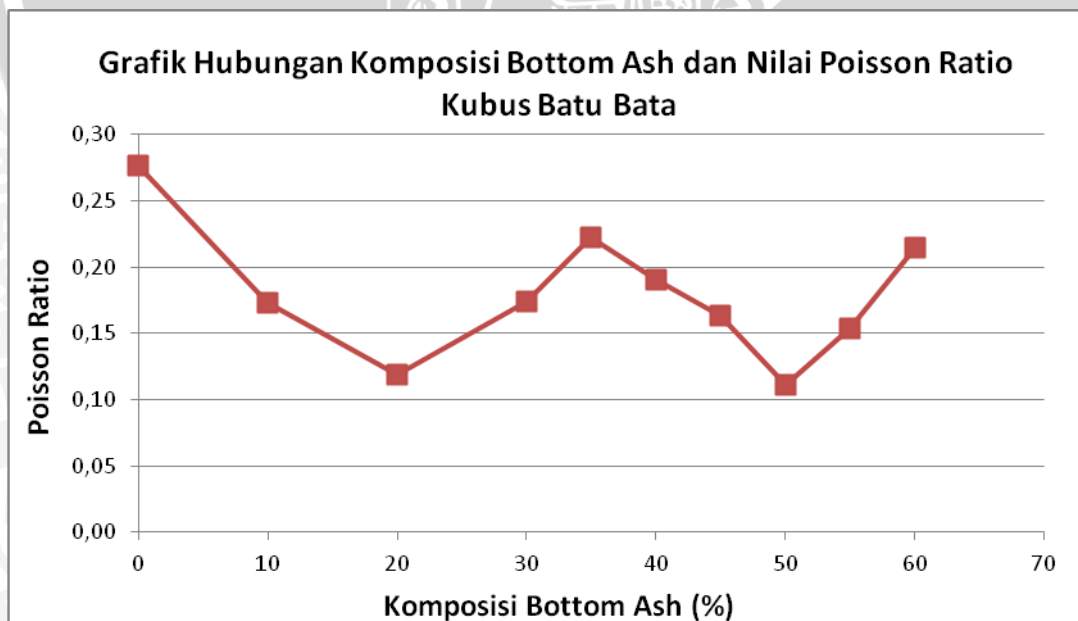
Tabel 4.22 Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata *Bottom ash* 60%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	12.1910	0.04
2	14.7993	0.17
3	11.8655	0.21
4	8.4039	0.26

Dari nilai poisson ratio kubus batu bata masing-masing komposisi variasi *bottom ash* yang dihasilkan dari pengujian diambil nilai-nilai dengan jarak yang berdekatan yang tidak lebih dari 5% untuk mendapatkan nilai rata-rata poisson ratio batu-bata dari masing-masing komposisi variasi *bottom ash*. Tabel di bawah ini adalah tabel nilai poisson ratio rata-rata kubus batu-bata yang didapatkan.

**Tabel 4.23** Nilai Poisson Ratio Rata-Rata Kubus Batu Bata

Perbandingan		Poisson Ratio
Tanah Liat (%)	<i>Bottom ash</i> (%)	
100	0	0.28
90	10	0.17
80	20	0.12
70	30	0.17
65	35	0.22
60	40	0.19
55	45	0.16
50	50	0.11
45	55	0.15
40	60	0.21



**Gambar 4.28** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Nilai Poisson Ratio Kubus Batu Bata

#### 4.2.2 Pengujian Setengah Batu Bata

Pada uji tekan bata ini ditentukan bahwa luasan bidang kontak bata minimal 90.3 cm<sup>2</sup> (ASTM C67-07). Sehingga pada pengujian ini menggunakan ± setengah ukuran bata. Alat yang digunakan untuk pengujian batu bata adalah alat uji tekan *enerpact*. Selain menghitung kuat tekan batu bata juga menghitung nilai deformasi aksial dan lateral dengan menggunakan *dial gauge* untuk mendapatkan nilai poisson rasio dari batu bata.

**Tabel 4.24** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 0%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1933	16.5587
2	1406	11.9788
3	1230	10.3969
4	1698	15.2474
5	1523	13.0726

**Tabel 4.25** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 10%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2226	18.5518
2	1581	13.8174
3	1757	14.6608
4	1816	15.9910
5	1698	14.6916

**Tabel 4.26** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 20%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1347	11.0595
2	1464	12.0109
3	1757	15.7686
4	1406	12.2898
5	1698	14.6866

**Tabel 4.27** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 30%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1874	15.1999
2	1933	15.6712
3	1874	15.1950
4	1991	15.8567
5	2226	18.6834

**Tabel 4.28** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 35%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2050	16.6219
2	1698	13.5418
3	1171	9.7225
4	1523	12.7053
5	1230	10.1016

**Tabel 4.29** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 40%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1698	13.9046
2	1347	11.5668
3	1347	11.5668
4	1523	12.1529
5	1230	10.6706

**Tabel 4.30** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 45%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1640	13.0727
2	1581	12.9538
3	1640	12.8453
4	1581	12.7225
5	1698	13.6563

**Tabel 4.31** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 50%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1113	8.9874
2	1230	9.9212
3	1230	9.7464
4	1581	11.9741
5	1406	10.3748

**Tabel 4.32** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 55%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1523	11.9359
2	1406	11.2270
3	1347	10.7640
4	1347	10.8558
5	1406	11.3218

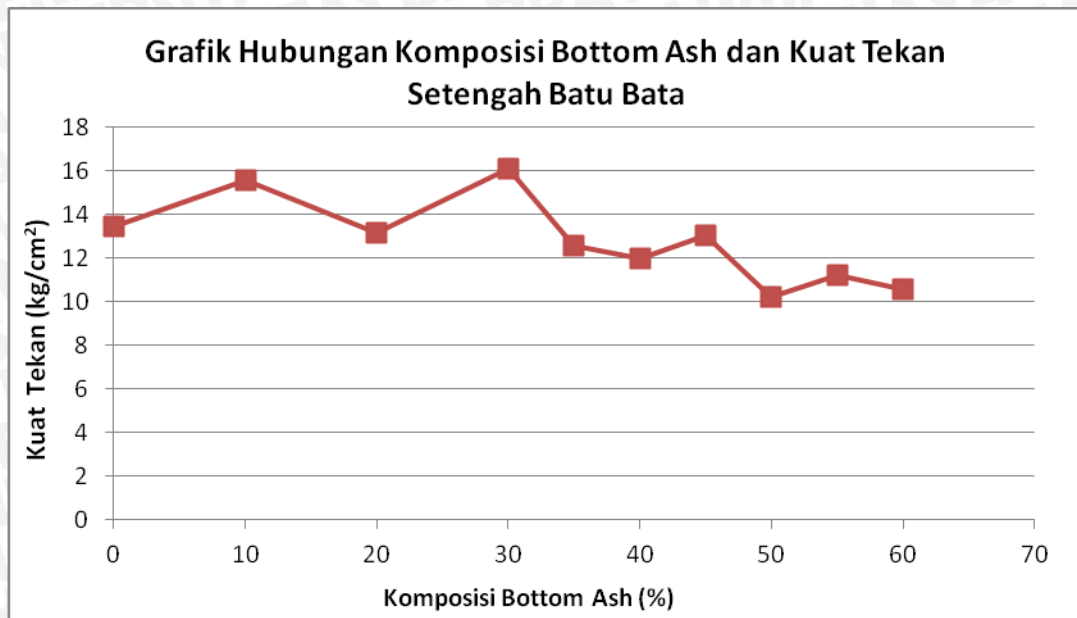
**Tabel 4.33** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 60%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1288	10.1171
2	1230	9.4132
3	1523	11.7319
4	1406	11.0265

Dari nilai kuat tekan setengah batu bata masing-masing komposisi variasi *bottom ash* yang dihasilkan dari pengujian diambil nilai-nilai dengan jarak yang berdekatan yang tidak lebih dari 5% untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan setengah batu-bata dari masing-masing komposisi variasi *bottom ash*. Tabel di bawah ini adalah tabel nilai kuat tekan rata-rata setengah batu-bata yang didapatkan.

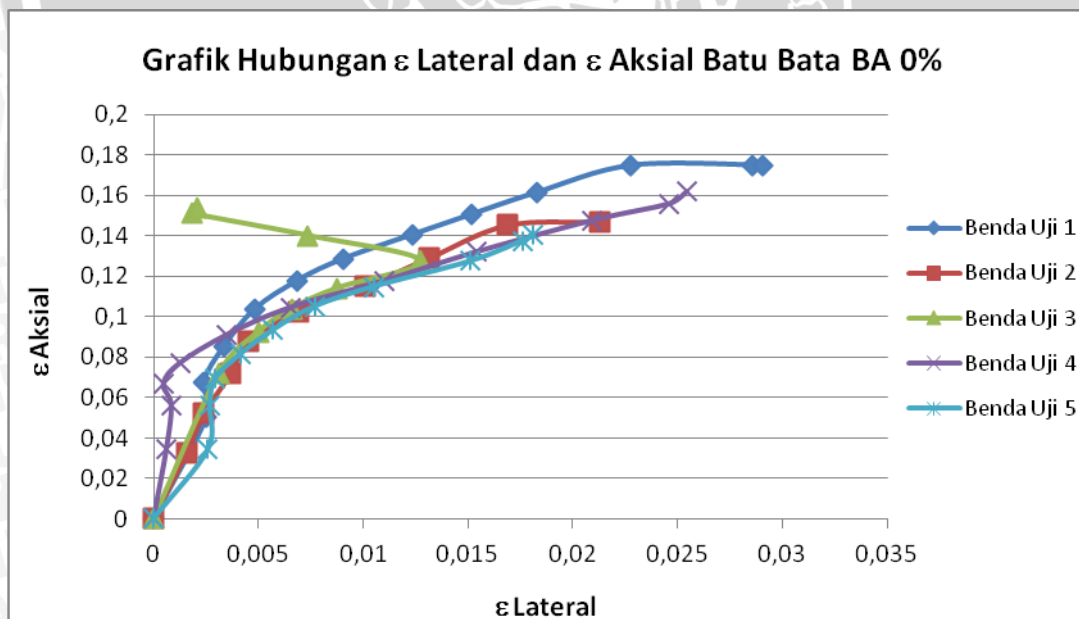
**Tabel 4.34** Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Setengah Batu Bata

Perbandingan		Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanah Liat (%)	<i>Bottom ash</i> (%)	
100	0	13.4509
90	10	15.5425
80	20	13.1631
70	30	16.1212
65	35	12.5386
60	40	11.9723
55	45	13.0501
50	50	10.2008
45	55	11.2209
40	60	10.5721

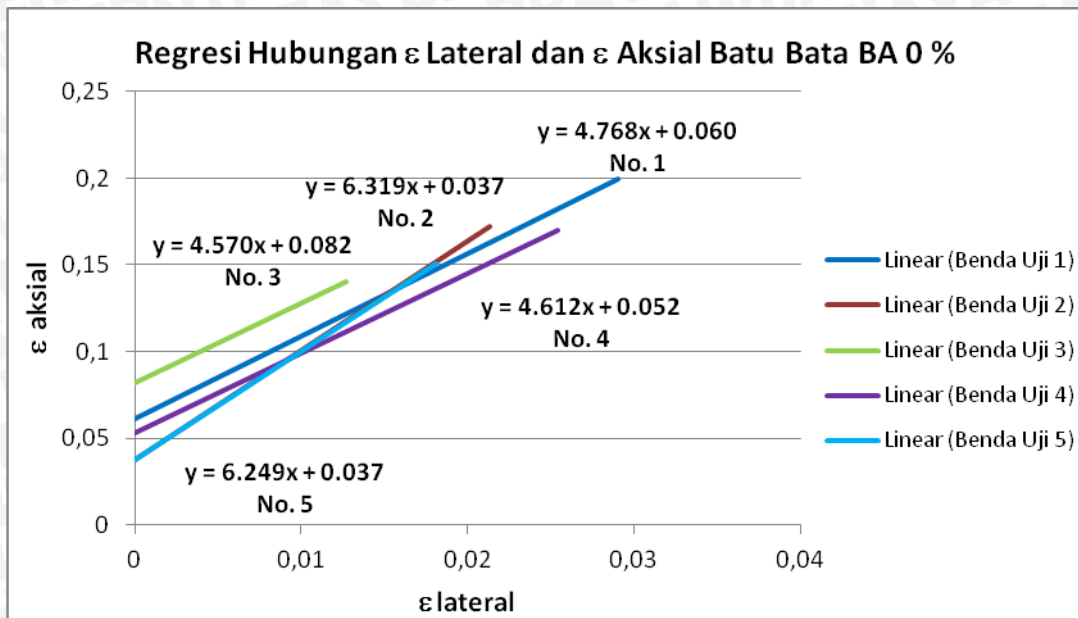


**Gambar 4.29** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Kuat Tekan Setengah Batu Bata

Seperti pada pengujian kubus bata pada pengujian bata ASTM ini juga didapat nilai regangan aksial maupun lateral yang digunakan untuk menghitung nilai poisson rasio batu bata.



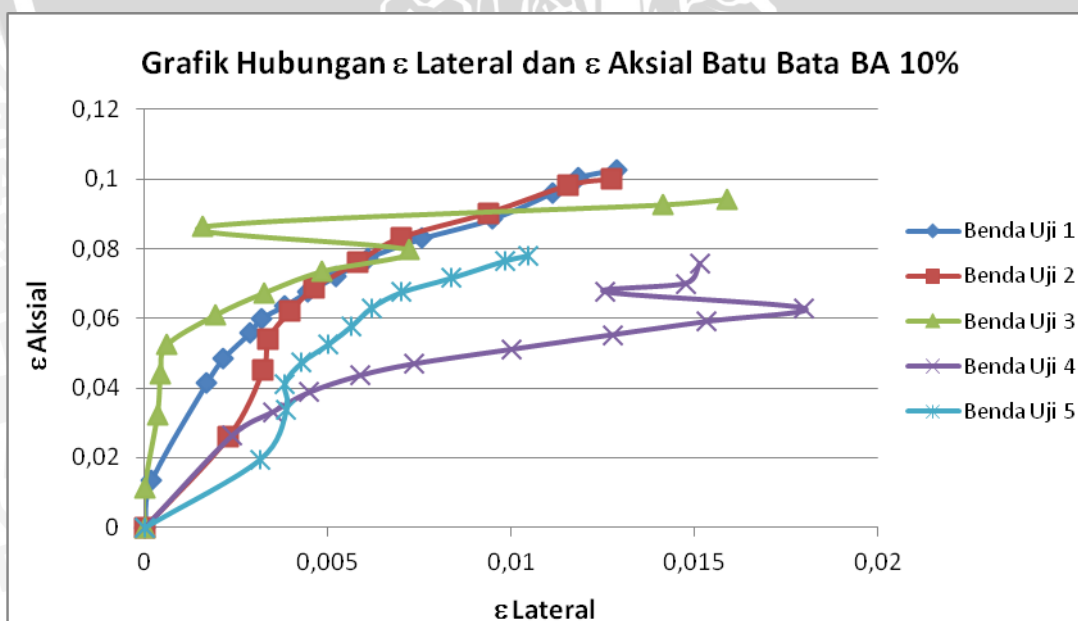
**Gambar 4.30** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 0%



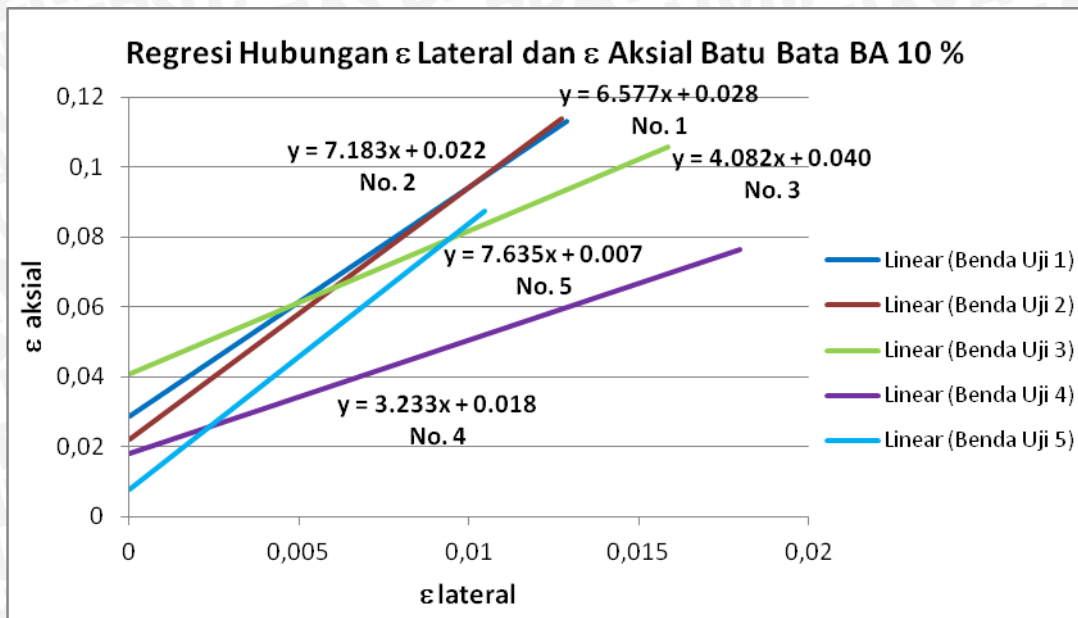
**Gambar 4.31** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 0%

**Tabel 4.35** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 0%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	16.5587	0.08
2	11.9788	0.07
3	10.3969	0.05
4	15.2474	0.07
5	13.0726	0.08



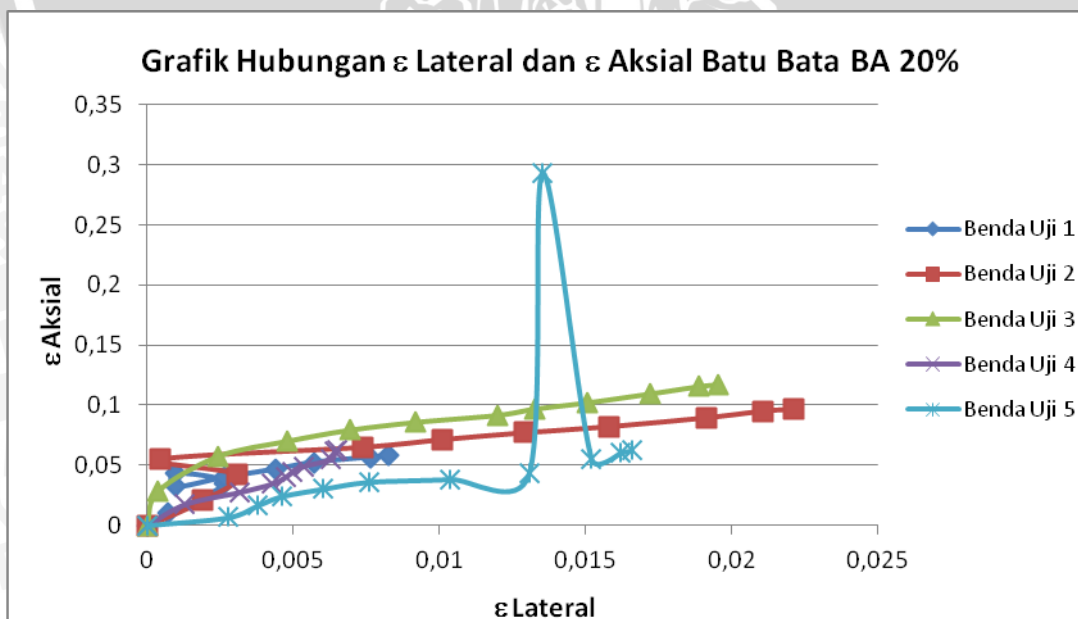
**Gambar 4.32** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 10%



**Gambar 4.33** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 10%

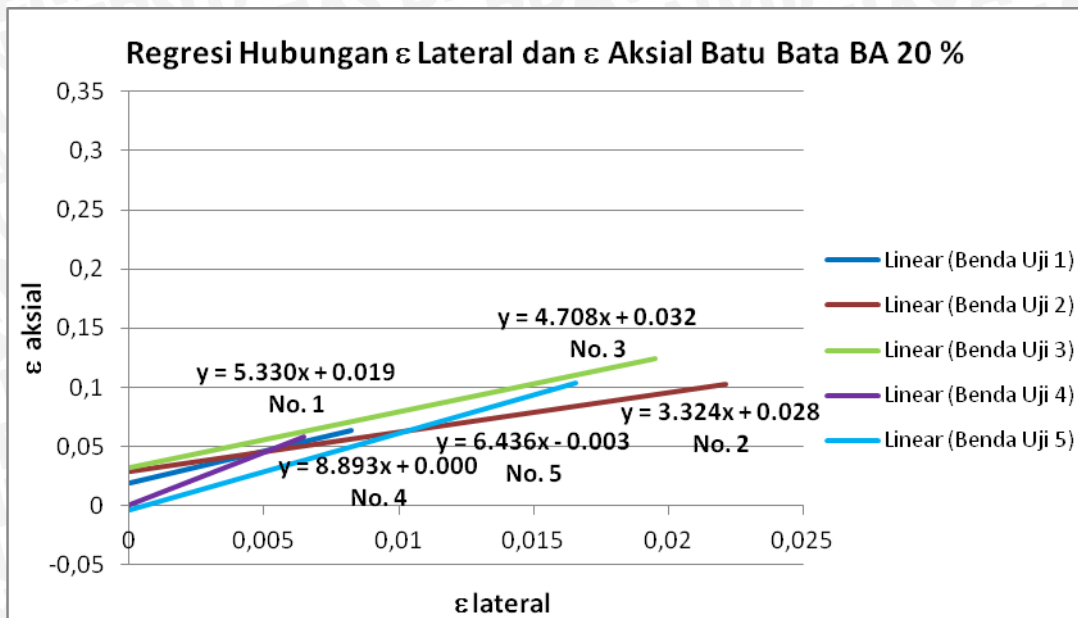
**Tabel 4.36** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 10%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	18.5518	0.07
2	13.8174	0.08
3	14.6608	0.05
4	15.9910	0.17
5	14.6916	0.10



**Gambar 4.34** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 20%

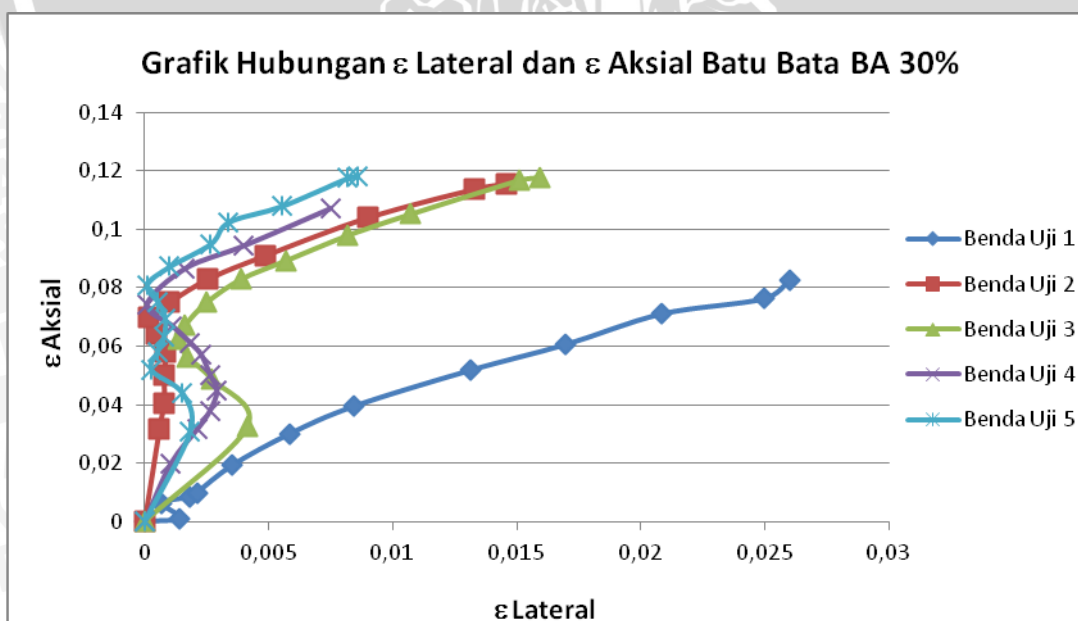




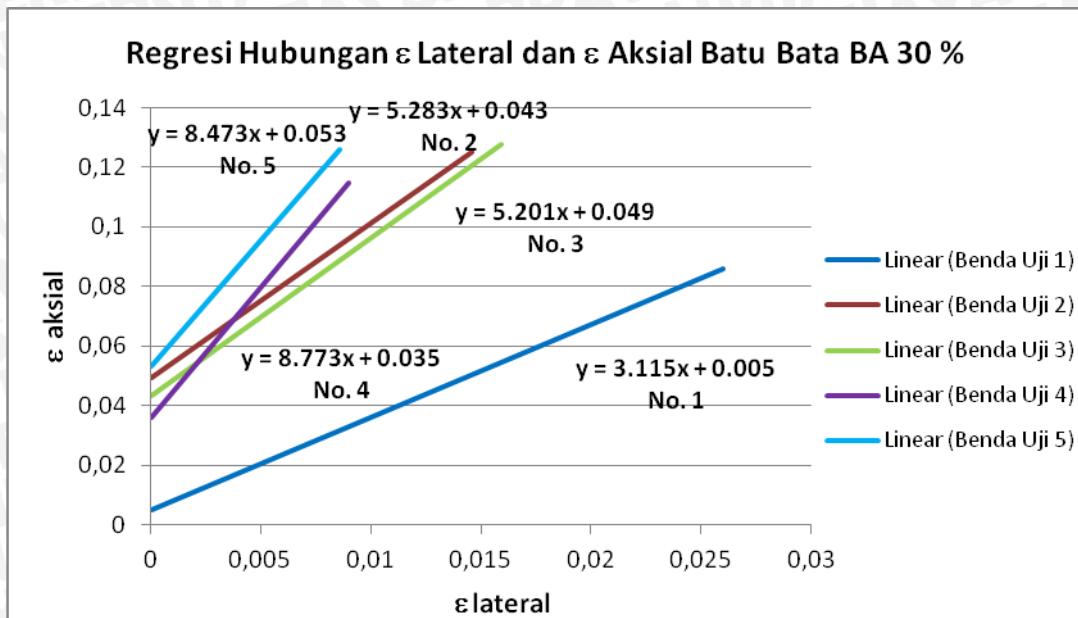
**Gambar 4.35** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 20%

**Tabel 4.37** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 20%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	11.0595	0.07
2	12.0109	0.13
3	15.7686	0.11
4	12.2898	0.10
5	14.6866	0.15



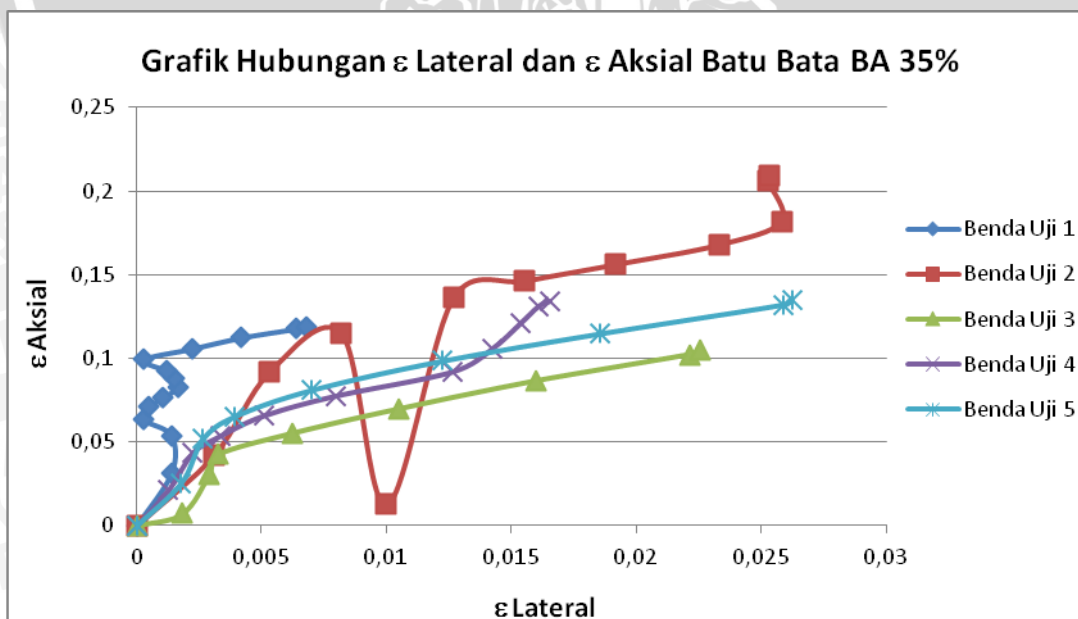
**Gambar 4.36** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 30%



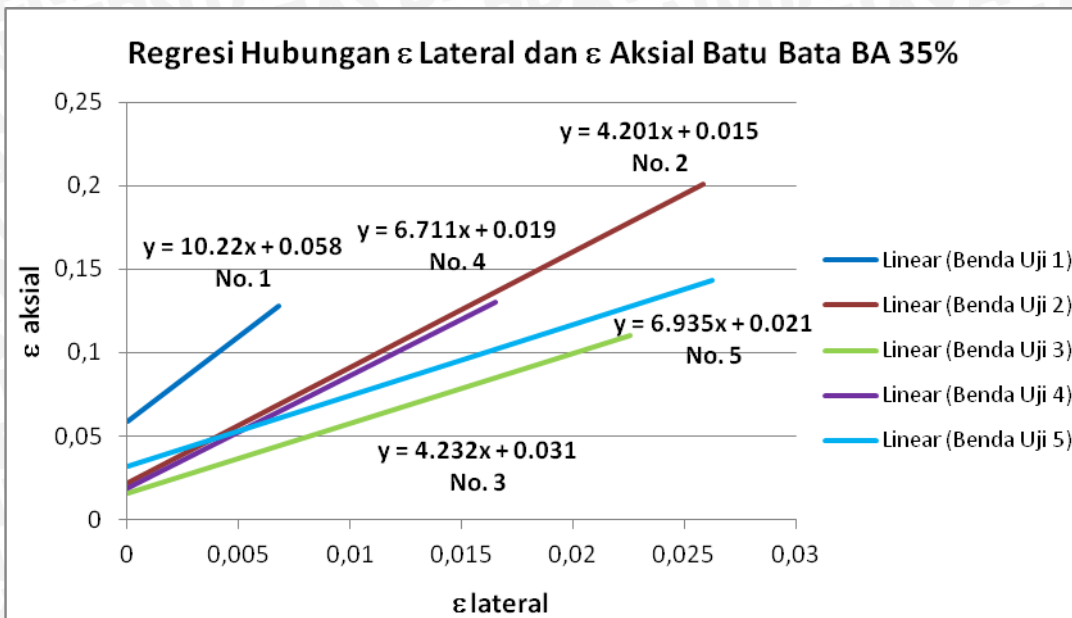
**Gambar 4.37** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 30%

**Tabel 4.38** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 30%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	15.1999	0.22
2	15.6712	0.04
3	15.1950	0.06
4	15.8567	0.04
5	18.6834	0.03



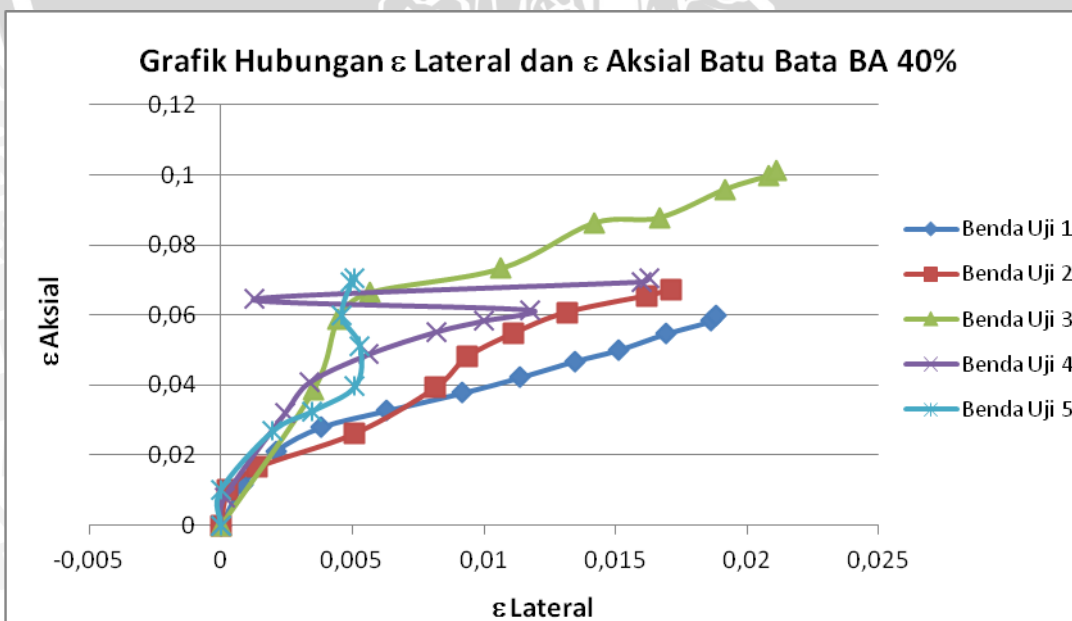
**Gambar 4.38** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 35%



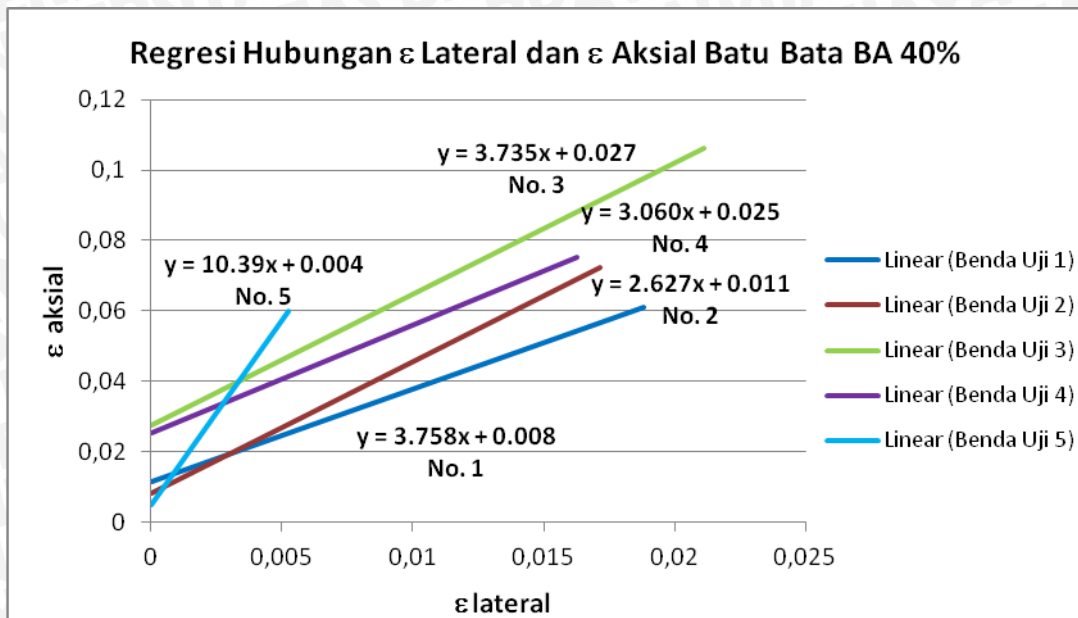
**Gambar 4.39** Regresi Hubungan ε Lateral dan ε Aksial Batu Bata *Bottom ash* 35%

**Tabel 4.39** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 35%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	16.6219	0.02
2	13.5418	0.10
3	9.7225	0.14
4	12.7053	0.09
5	10.1016	0.11



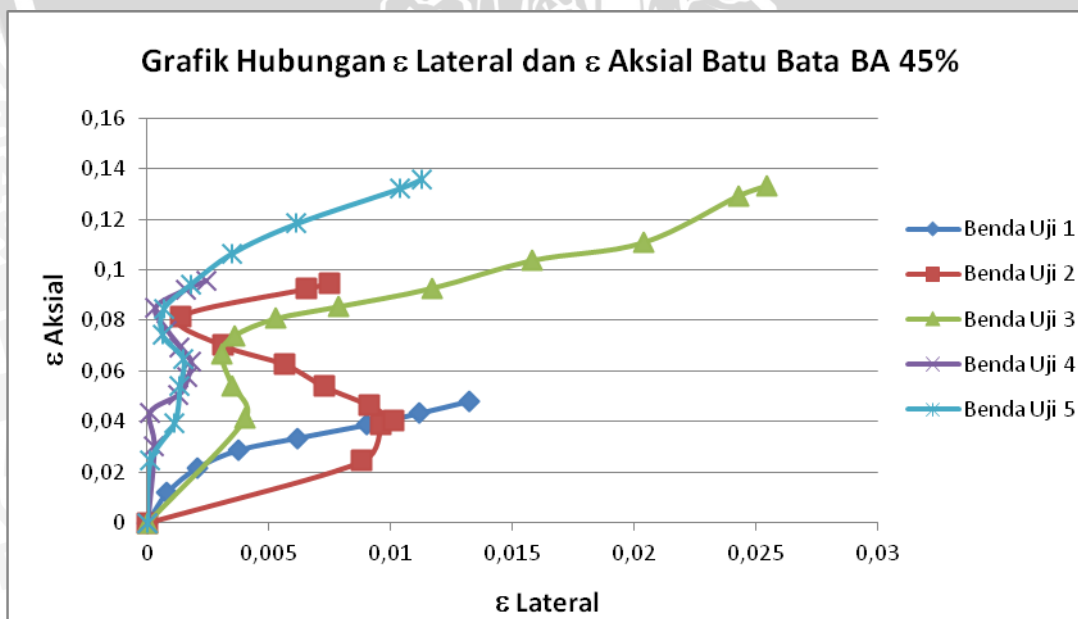
**Gambar 4.40** Grafik Hubungan ε Lateral dan ε Aksial Batu Bata *Bottom ash* 40%



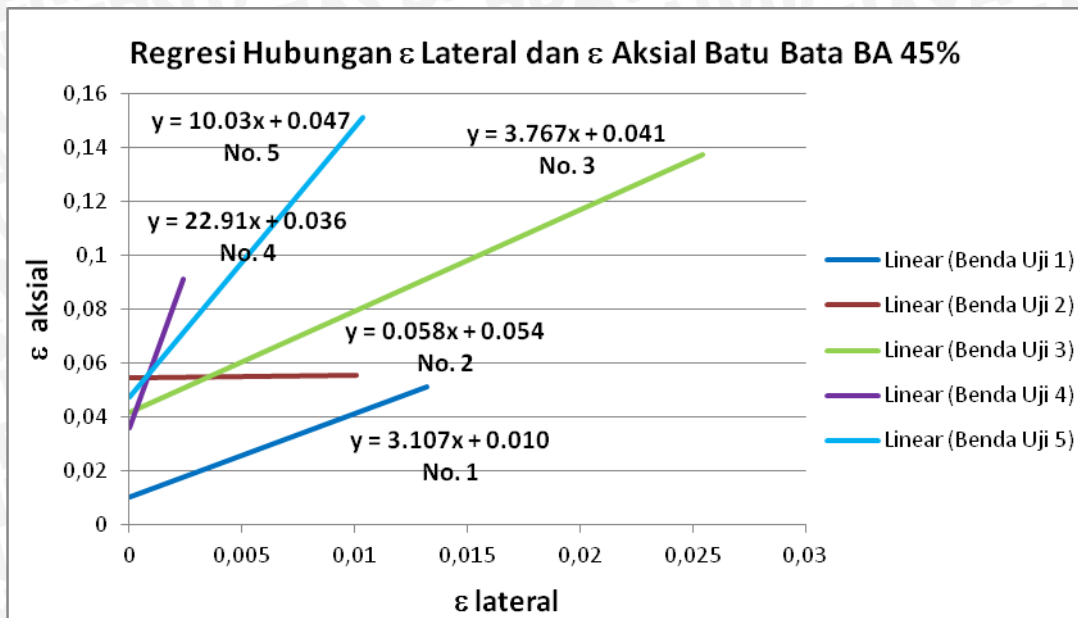
**Gambar 4.41** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 40%

**Tabel 4.40** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 40%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	13.9046	0.22
2	11.5668	0.17
3	11.5668	0.14
4	12.1529	0.12
5	10.6706	0.07



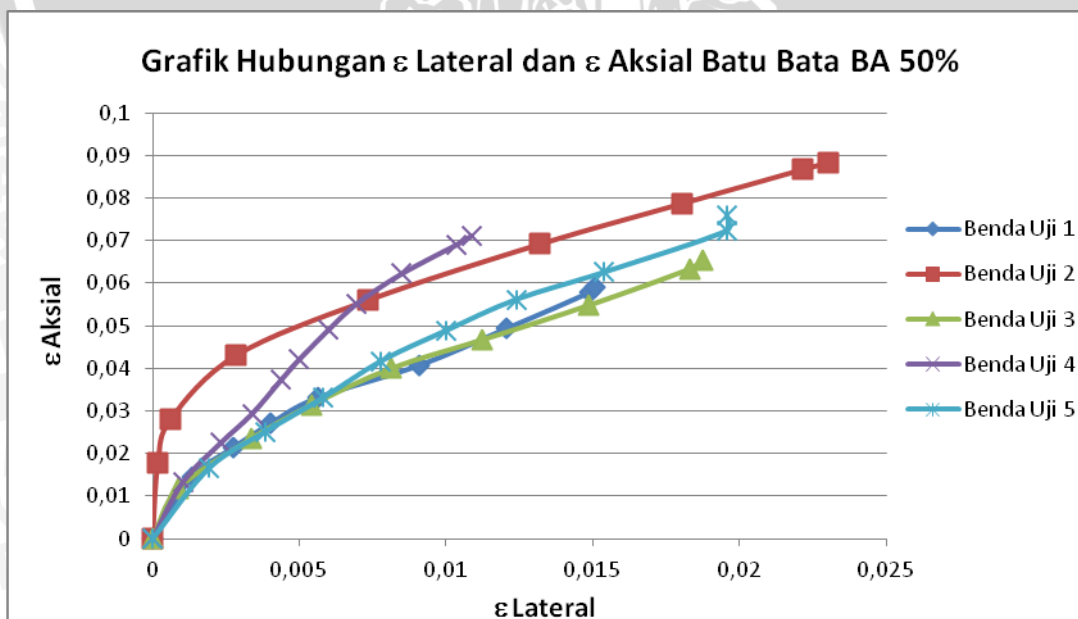
**Gambar 4.42** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 45%



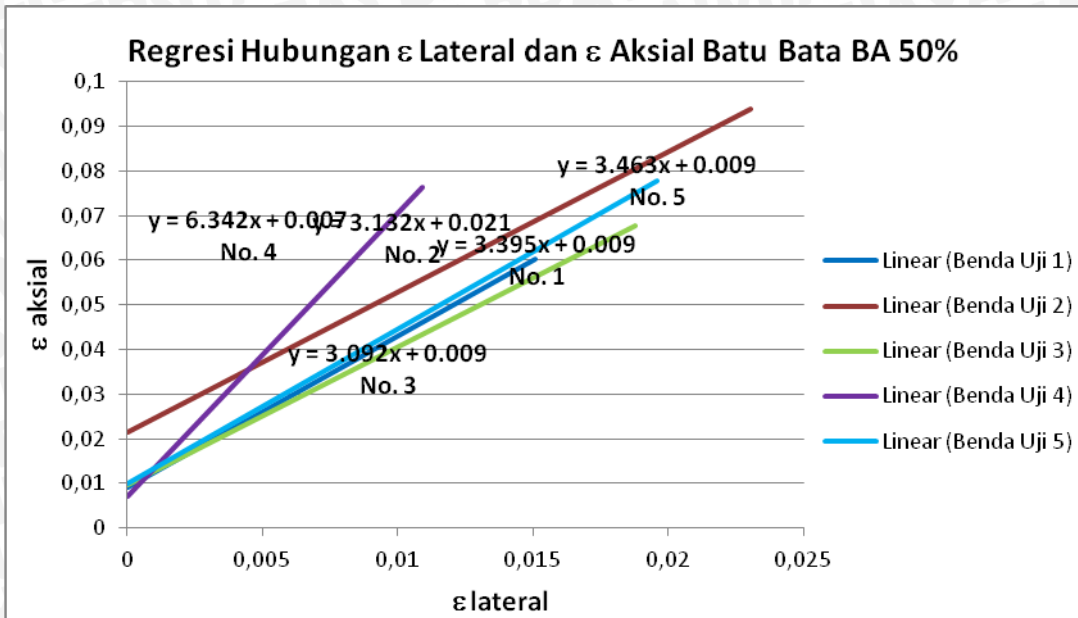
**Gambar 4.43** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 45%

**Tabel 4.41** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 45%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	13.0727	0.17
2	12.9538	0.12
3	12.8453	0.11
4	12.7225	0.01
5	13.6563	0.03



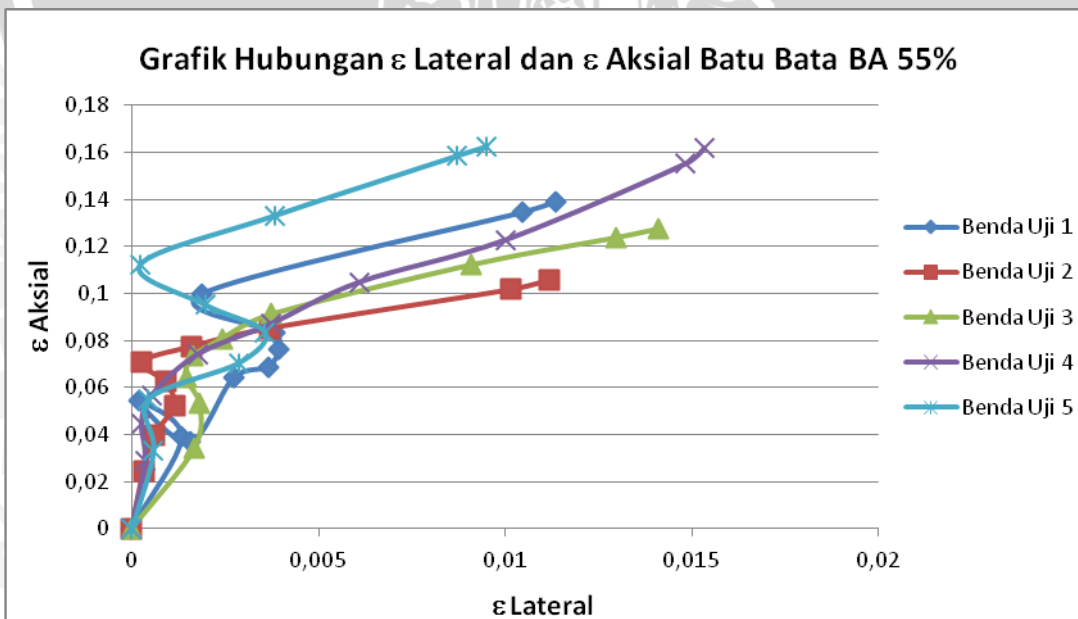
**Gambar 4.44** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 50%



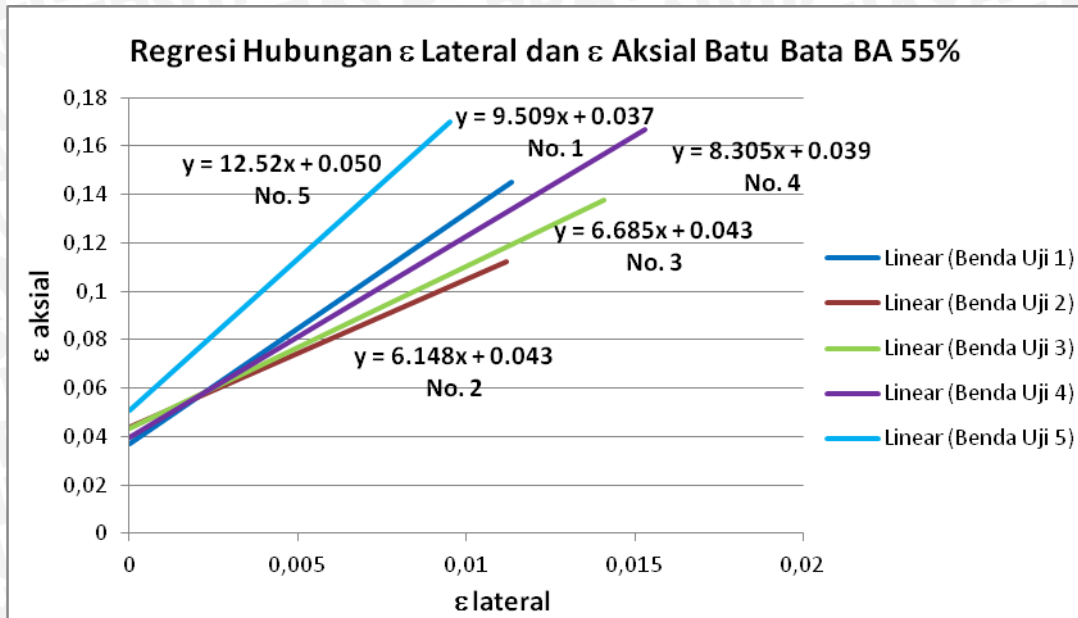
Gambar 4.45 Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 50%

Tabel 4.42 Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 50%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	8.9874	0.18
2	9.9212	0.14
3	9.7464	0.20
4	11.9741	0.11
5	10.3748	0.19



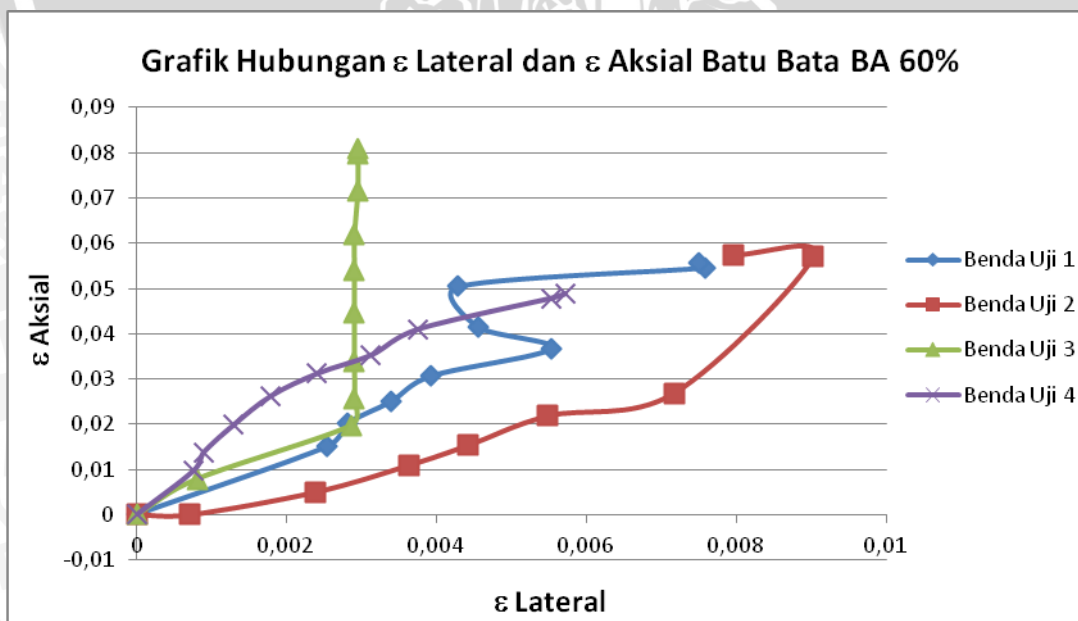
Gambar 4.46 Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 55%



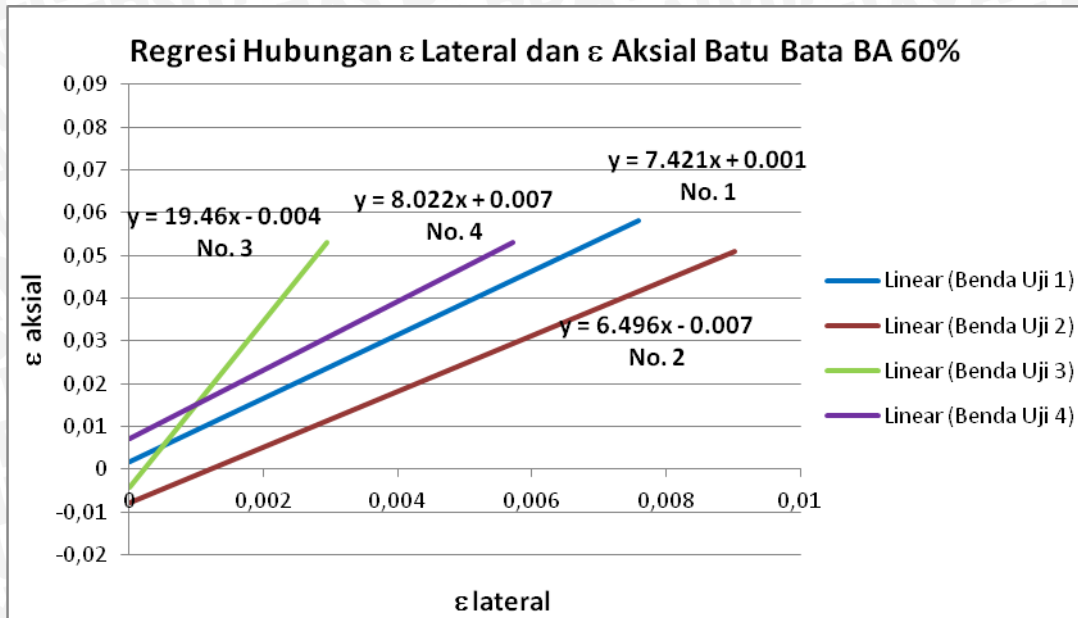
**Gambar 4.47** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 55%

**Tabel 4.43** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 55%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Ratio
1	11.9359	0.04
2	11.2270	0.03
3	10.7640	0.05
4	10.8558	0.04
5	11.3218	0.03



**Gambar 4.48** Grafik Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 60%



**Gambar 4.49** Regresi Hubungan  $\epsilon$  Lateral dan  $\epsilon$  Aksial Batu Bata *Bottom ash* 60%

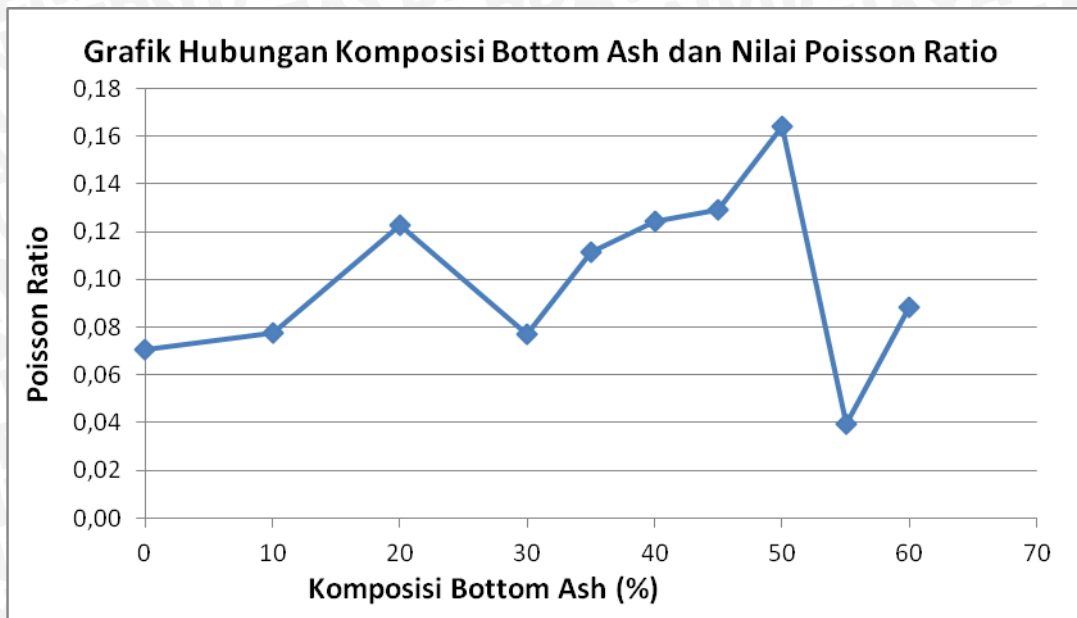
**Tabel 4.44** Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata *Bottom ash* 60%

Benda Uji No.	Kuat Tekan Maksimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	Poisson Ratio
1	10.1171	0.12
2	9.4132	0.11
3	11.7319	0.05
4	11.0265	0.08

**Tabel 4.45** Nilai Poisson Ratio Rata-Rata Setengah Batu Bata

Perbandingan		Poisson Ratio
Tanah Liat (%)	<i>Bottom ash</i> (%)	
100	0	0.07
90	10	0.08
80	20	0.12
70	30	0.08
65	35	0.11
60	40	0.12
55	45	0.13
50	50	0.16
45	55	0.04
40	60	0.09





**Gambar 4.50** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Nilai Poisson Ratio

### 4.3 Analisis Data

#### 4.3.1 Pengujian Kubus Batu Bata

##### 4.3.1.1 Kuat Tekan Batu Bata

##### 4.3.1.1.1 Analisis Varian Satu Arah (ANOVA)

Dari data percobaan 10 jenis komposisi *bottom ash* serta 5 perlakuan tiap-tiap komposisinya, diperoleh nilai kuat tekan batu bata. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata, maka diperlakukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (one way anova).

Berikut analisis pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan setengah batu bata dengan analisis varian satu arah.

#### a. Menguji Hipotesis

- A1 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 0%
- A2 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 10%
- A3 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 20%
- A4 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 30%
- A5 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 35%
- A6 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 40%
- A7 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 45%
- A8 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 50%

A9 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 55%

A10 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 60%

Ha = Ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata

Ho = Tidak ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata

b. Hipotesis dalam bentuk statistik

Ha : A1 ≠ A2 ≠ A3 ≠ A4 ≠ A5 ≠ A6 ≠ A7 ≠ A8 ≠ A9 ≠ A10

Ho : A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = A7 = A8 = A9 = A10

c. Daftar statistik induk

**Tabel 4.46** Tabel Statistik Induk

benda uji	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10		
1	9.60	5.94	9.67	10.15	12.41	12.99	8.12	5.62	6.45	12.19		
2	6.43	6.28	11.06	13.78	10.09	16.39	5.88	6.89	6.96	14.80		
3	10.49	7.09	14.20	11.00	16.51	9.54	12.41	10.78	7.50	11.87		
4	5.52	6.00	9.98	9.91	6.02	11.46	-	8.73	8.19	8.40		
statistik	5	11.29	16.46	23.08	11.65	9.70	14.18	-	6.40	9.73	-	total
n	5	5	5	5	5	5	3	5	5	4	47	
SX	43.33	41.77	67.99	56.48	54.73	64.56	26.40	38.42	38.82	47.26	479.78	
SX <sup>2</sup>	401.49	431.90	1049.89	647.70	658.77	860.87	254.35	312.50	307.92	579.05	5504.45	
SX <sup>2</sup> /n	375.50	348.89	924.60	638.10	599.15	833.70	232.33	295.25	301.43	558.37	5107.31	

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Antar Group (JK<sub>A</sub>)

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N} \\
 &= \left( \frac{43,33^2}{5} + \frac{41,77^2}{5} + \frac{67,99^2}{5} + \dots + \frac{47,26^2}{4} \right) - \frac{479,78^2}{47} \\
 &= 209,77
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Derajat Bebas Antar Group (db<sub>A</sub>)

$$db_A = A - 1 = 10 - 1 = 9$$

A = jumlah group (variasi komposisi *bottom ash*)

- f. Menghitung Kuadrat Rerata Antar Group ( $KR_A$ )

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{209,77}{9} = 23,4083$$

- g. Menghitung Jumlah Kuadrat Dalam Antar Group ( $JK_D$ )

$$\begin{aligned} JK_D &= \sum X_{Total}^2 - \frac{(\sum X_{An})^2}{n} \\ &= 5504,45 - \left( \frac{43,33^2}{5} + \frac{41,77^2}{5} + \frac{67,99^2}{5} + \dots + \frac{47,26^2}{4} \right) \\ &= 397,14 \end{aligned}$$

- h. Menghitung Derajat Bebas Dalam Group ( $db_D$ )

$$db_D = N - A = 47 - 10 = 37$$

N = jumlah keseluruhan sampel

- i. Menghitung Kuadrat Rerata Dalam Group ( $KR_D$ )

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{397,14}{37} = 10,7334$$

- j.  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{23,3084}{10,7334} = 2,17$$

- k. Menentukan level of significant  $\alpha = 0,05$

1. Menentukan  $F_{tabel}$

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dbA,dbD)} \\ &= F_{(1-0,05)(9,37)} \\ &= F_{(0,95)(9,37)} \\ &= 2,13 \end{aligned}$$

m. Tabel ringkasan anova satu arah

**Tabel 4.47** Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah Untuk Kuat Tekan

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	$F_{Hitung}$	Taraf Signifikasi ( $\rho$ )
Antar Group (A)	209,77	9	23,4083	2,17	<0,05 $F_{tabel} = 2,13$
Dalam Group (D)	397,14	37	10,7334	-	-
Total	606,91	46	-	-	-

n. Kriteria pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga  $F_{tabel}$  yang akan dibandingkan dengan harga  $F_{hitung}$ . Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka tolak  $H_0$  berarti berpengaruh. Setelah dicocokkan dengan tabel F dan kemudian dibandingkan antara  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ . Ternyata  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan.

#### 4.3.1.1.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata. Rincian perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 4.46** sebagai berikut:

**Tabel 4.48** Analisis Regresi Kuat Tekan

no	bottom ash x	kuat tekan y	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	x.y	x <sup>2</sup> .y
1	0	9.4526	0	0	0	0	0
2	10	8.3533	100	1000	10000	83.53335	835.3335
3	20	11.2270	400	8000	160000	224.5409	4490.819
4	30	11.2969	900	27000	810000	338.9071	10167.21
5	35	12.1777	1225	42875	1500625	426.2191	14917.67
6	40	12.9128	1600	64000	2560000	516.5108	20660.43
7	45	8.8002	2025	91125	4100625	396.0081	17820.36
8	50	7.6845	2500	125000	6250000	384.2227	19211.13
9	55	7.7644	3025	166375	9150625	427.0405	23487.23
10	60	9.4519	3600	216000	12960000	567.1157	34026.94
jumlah	345	99.1213	15375	741375	37501875	3364.098	145617.1

Persamaan simultan:

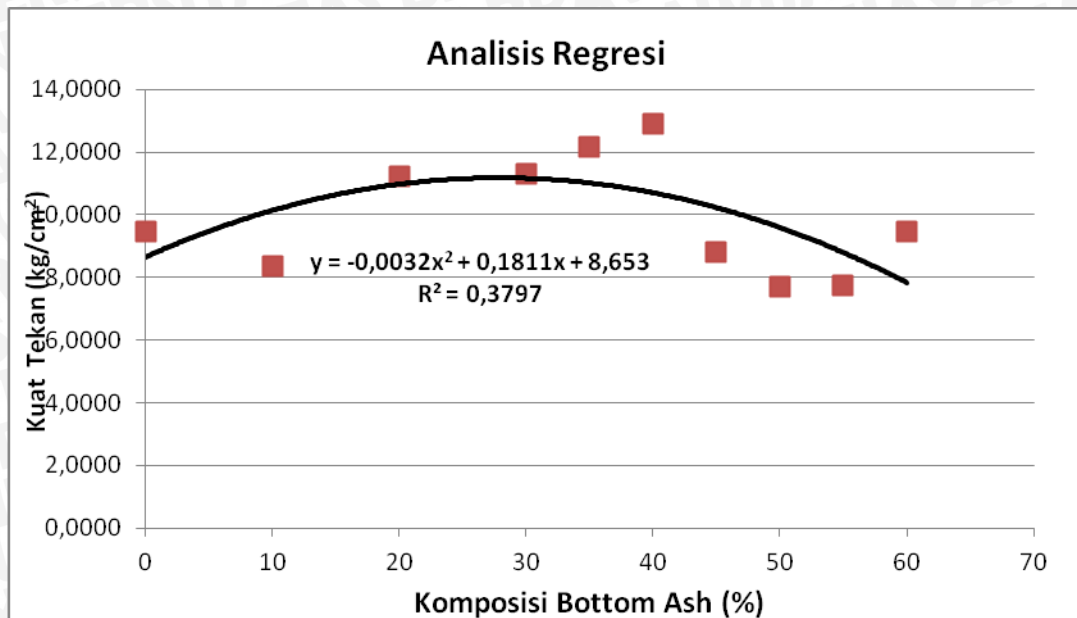
$$\begin{bmatrix} 10 & 345 & 15375 \\ 345 & 15375 & 741375 \\ 15375 & 741375 & 37501875 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 99,1213 \\ 3364,098 \\ 125617,1 \end{pmatrix}$$

Solusi dari persamaan di atas adalah

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8,653 \\ 0,181 \\ -0,003 \end{pmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,003x^2 + 0,181x + 8,653$$



**Gambar 4.51** Grafik Regresi Polinomial Kuat Tekan

Dari regresi polinomial kuat tekan kubus batu bata, untuk mendapatkan persentase komposisi campuran bottom ash optimum dihitung dengan turunan dari persamaan regresi polinomial kuat tekan.

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$\frac{d(-0,003x^2 + 0,181x + 8,653)}{dx} = 0$$

$$-0,006x + 0,181 = 0$$

$$0,006x = 0,181$$

$$x = 30,167$$

dari hasil penurunan di atas didapatkan presentase optimum untuk kuat tekan kubus batu bata adalah sebesar 30,167% dengan nilai kuat tekan optimum 11,3831 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.1.2 Poisson Ratio Batu Bata

##### 4.3.1.2.1 Analisis Varian Satu Arah (ANOVA)

Dari data percobaan 10 jenis komposisi *bottom ash* serta 5 perlakuan tiap-tiap komposisinya, diperoleh nilai poisson ratio batu bata. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap poisson ratio batu bata, maka diperlakukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (one way anova).

Berikut analisis pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap poisson ratio batu bata dengan analisis varian satu arah.

a. Menguji Hipotesis

A1 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 0%

A2 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 10%

A3 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 20%

A4 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 30%

A5 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 35%

A6 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 40%

A7 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 45%

A8 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 50%

A9 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 55%

A10 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 60%

Ha = Ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata

Ho = Tidak ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata

b. Hipotesis dalam bentuk statistik

Ha : A1 ≠ A2 ≠ A3 ≠ A4 ≠ A5 ≠ A6 ≠ A7 ≠ A8 ≠ A9 ≠ A10

Ho : A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = A7 = A8 = A9 = A10

c. Daftar statistik induk

**Tabel 4.49** Tabel Statistik Induk

benda uji	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10		
1	0.32	0.07	0.13	0.25	0.07	0.04	0.24	0.07	0.01	0.04		
2	0.34	0.25	0.11	0.02	0.30	0.22	0.08	0.31	0.19	0.17		
3	0.33	0.15	0.02	0.09	0.15	0.24	0.32	0.08	0.23	0.21		
4	0.17	0.12	0.09	0.14	0.22	0.11	-	0.10	0.04	0.26		
statistik	5	0.23	0.04	0.14	0.03	0.06	0.08	-	0.20	0.45	-	total
n	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	4	47
SX	1.38	0.62	0.49	0.54	0.80	0.69	0.65	0.76	0.92	0.68	0.68	7.53
SX <sup>2</sup>	0.41	0.10	0.06	0.09	0.17	0.13	0.17	0.16	0.29	0.14	0.14	1.72
SX <sup>2</sup> /n	0.38	0.08	0.05	0.06	0.13	0.10	0.14	0.11	0.17	0.12	0.12	1.33

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Antar Group ( $JK_A$ )

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

$$= \left( \frac{1,38^2}{5} + \frac{0,62^2}{5} + \frac{0,49^2}{5} + \dots + \frac{0,68^2}{4} \right) - \frac{7,53^2}{47}$$

$$= 0,12$$

e. Menghitung Derajat Bebas Antar Group ( $db_A$ )

$$db_A = A - 1 = 10 - 1 = 9$$

A = jumlah group (variasi komposisi *bottom ash*)

f. Menghitung Kuadrat Rerata Antar Group ( $KR_A$ )

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{0,12}{9} = 0,01358$$

g. Menghitung Jumlah Kuadrat Dalam Antar Group ( $JK_D$ )

$$JK_D = \sum X_{Total}^2 - \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n}$$

$$= 1,72 - \left( \frac{1,38^2}{5} + \frac{0,62^2}{5} + \frac{0,49^2}{5} + \dots + \frac{0,68^2}{4} \right)$$

$$= 0,39$$

h. Menghitung Derajat Bebas Dalam Group ( $db_D$ )

$$db_D = N - A = 47 - 10 = 37$$

N = jumlah keseluruhan sampel

i. Menghitung Kuadrat Rerata Dalam Group ( $KR_D$ )

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{0,39}{37} = 0,01059$$

j.  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0,01358}{0,01059} = 1,28$$



k. Menentukan level of significant  $\alpha = 0,05$

l. Menentukan  $F_{\text{tabel}}$

$$\begin{aligned} F_{\text{tabel}} &= F_{(1-\alpha)(dbA,dbD)} \\ &= F_{(1-0,05)(9,37)} \\ &= F_{(0,95)(9,37)} \\ &= 2,14 \end{aligned}$$

m. Tabel ringkasan anova satu arah

**Tabel 4.50** Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah Untuk Poisson Ratio

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	$F_{\text{Hitung}}$	Taraf Signifikasi ( $\rho$ )
Antar Group (A)	0,12	9	0,01358	1,28	<0,05 $F_{\text{tabel}} = 2,14$
Dalam Group (D)	0,39	37	0,01059	-	-
Total	0,51	46	-	-	-

n. Kriteria pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga  $F_{\text{tabel}}$  yang akan dibandingkan dengan harga  $F_{\text{hitung}}$ . Jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , maka tolak  $H_0$  berarti berpengaruh. Setelah dicocokkan dengan tabel F dan kemudian dibandingkan antara  $F_{\text{hitung}}$  dengan  $F_{\text{tabel}}$ . Ternyata  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ , maka  $H_0$  diterima sehingga tidak terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap nilai poisson ratio kubus batu bata.

#### 4.3.1.2.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat tiga, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio kubus batu bata. Rincian perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 4.49** sebagai berikut:

Tabel 4.51 Analisis Regresi

no	bottom ash x	poisson ratio y	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>6</sup>	x.y	x <sup>2</sup> .y	x <sup>3</sup> .y
1	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0,17	100	1000	10000	100000	1000000	1.731206	17.31206	173.1206
3	20	0,12	400	8000	160000	3200000	64000000	2.369013	47.38027	947.6054
4	30	0,17	900	27000	810000	24300000	7.29E+08	5.233729	157.0119	4710.356
5	35	0,22	1225	42875	1500625	52521875	1.84E+09	7.778144	272.2351	9528.227
6	40	0,19	1600	64000	2560000	1.02E+08	4.1E+09	7.627936	305.1174	12204.7
7	45	0,16	2025	91125	4100625	1.85E+08	8.3E+09	7.359856	331.1935	14903.71
8	50	0,11	2500	125000	6250000	3.13E+08	1.56E+10	5.557597	277.8798	13893.99
9	55	0,15	3025	166375	9150625	5.03E+08	2.77E+10	8.464973	465.5735	25606.54
10	60	0,21	3600	216000	12960000	7.78E+08	4.67E+10	12.86145	771.6871	46301.23
jumlah	345	1,80	15375	741375	37501875	1,96E+09	1,05E+11	58.98391	2645.391	128269.5

Persamaan simultan :

$$\begin{bmatrix} \sum x^6 & \sum x^5 & \sum x^4 & \sum x^3 \\ \sum x^5 & \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 \\ \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x \\ \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x & N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x^3 y \\ \sum x^2 y \\ \sum xy \\ \sum y \end{bmatrix}$$

Dengan memasukkan nilai yang dibutuhkan maka :

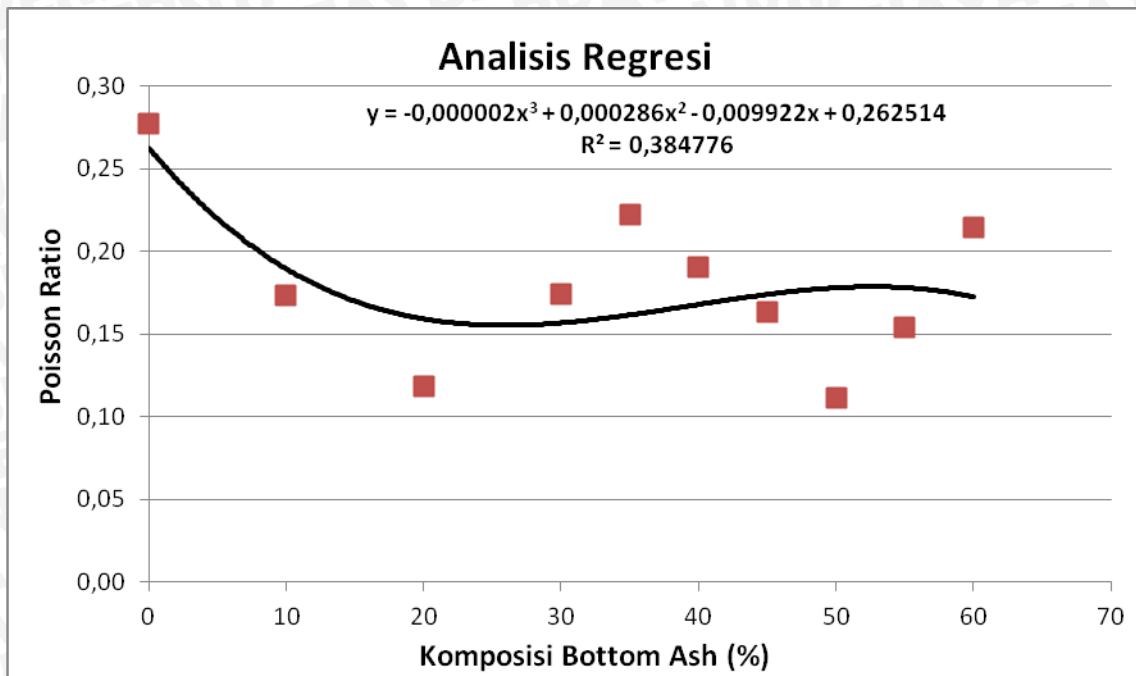
$$\begin{bmatrix} 1,05E+11 & 1,96E+09 & 3751875 & 741375 \\ 1960434375 & 37501875 & 741375 & 15375 \\ 37501875 & 741375 & 15375 & 345 \\ 741375 & 15375 & 345 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 128269,5 \\ 2645,391 \\ 58,98391 \\ 1,798926 \end{bmatrix}$$

Solusi dari persamaan diatas adalah :

$$\begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,000002 \\ 0,000286 \\ -0,009922 \\ 0,262514 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,000002x^3 + 0,000286x^2 - 0,009922x + 0,262514$$



**Gambar 4.52** Grafik Regresi Polinomial Poisson Ratio

### 4.3.2 Pengujian Setengah Batu Bata

#### 4.3.2.1 Kuat Tekan Batu Bata

##### 4.3.2.1.1 Analisis Varian Satu Arah (ANOVA)

Dari data percobaan 10 jenis komposisi *bottom ash* serta 5 perlakuan tiap-tiap komposisinya, diperoleh nilai kuat tekan batu bata. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata, maka diperlakukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (one way anova).

Berikut analisis pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata dengan analisis varian satu arah.

#### a. Menguji Hipotesis

- A1 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 0%
- A2 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 10%
- A3 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 20%
- A4 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 30%
- A5 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 35%
- A6 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 40%
- A7 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 45%

A8 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 50%

A9 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 55%

A10 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 60%

Ha = Ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata

Ho = Tidak ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata

b. Hipotesis dalam bentuk statistik

Ha : A1 ≠ A2 ≠ A3 ≠ A4 ≠ A5 ≠ A6 ≠ A7 ≠ A8 ≠ A9 ≠ A10

Ho : A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = A7 = A8 = A9 = A10

c. Daftar statistik induk

**Tabel 4.52** Tabel Statistik Induk

benda uji	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10		
1	16.56	18.55	11.06	15.20	16.62	13.90	13.07	8.99	11.94	10.12		
2	11.98	13.82	12.01	15.67	13.54	11.57	12.95	9.92	11.23	9.41		
3	10.40	14.66	15.77	15.20	9.72	11.57	12.85	9.75	10.76	11.73		
4	15.25	15.99	12.29	15.86	12.71	12.15	12.72	11.97	10.86	11.03		
statistik	5	13.07	14.69	14.69	18.68	10.10	10.67	13.66	10.37	11.32	-	total
n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	49
SX	67.25	77.71	65.82	80.61	62.69	59.86	65.25	51.00	56.10	42.29		628.59
SX <sup>2</sup>	929.16	1221.59	881.96	1308.01	817.66	722.47	852.05	525.21	630.41	450.18		8338.70
SX <sup>2</sup> /n	904.63	1207.85	866.33	1299.47	786.08	716.68	851.53	520.28	629.54	447.08		8229.49

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Antar Group (JK<sub>A</sub>)

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N} \\
 &= \left( \frac{67,25^2}{5} + \frac{77,71^2}{5} + \frac{65,82^2}{5} + \dots + \frac{42,29^2}{4} \right) - \frac{628,59^2}{49} \\
 &= 165,68
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Derajat Bebas Antar Group (db<sub>A</sub>)

$$db_A = A - 1 = 10 - 1 = 9$$

A = jumlah group (variasi komposisi *bottom ash*)

- f. Menghitung Kuadrat Rerata Antar Group ( $KR_A$ )

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{165,68}{9} = 18,4087$$

- g. Menghitung Jumlah Kuadrat Dalam Antar Group ( $JK_D$ )

$$\begin{aligned} JK_D &= \sum X_{Total}^2 - \frac{(\sum X_{An})^2}{n} \\ &= 8338,70 - \left( \frac{67,25^2}{5} + \frac{77,71^2}{5} + \frac{65,82^2}{5} + \dots + \frac{42,29^2}{4} \right) \\ &= 109,2165 \end{aligned}$$

- h. Menghitung Derajat Bebas Dalam Group ( $db_D$ )

$$db_D = N - A = 49 - 10 = 39$$

$N$  = jumlah keseluruhan sampel

- i. Menghitung Kuadrat Rerata Dalam Group ( $KR_D$ )

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{109,2165}{39} = 2,8004$$

- j.  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{18,4087}{2,8004} = 6,57$$

- k. Menentukan level of significant  $\alpha = 0,05$

- l. Menentukan  $F_{tabel}$

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dbA,dbD)} \\ &= F_{(1-0,05)(9,39)} \\ &= F_{(0,95)(9,39)} \\ &= 2,13 \end{aligned}$$

m. Tabel ringkasan anova satu arah

**Tabel 4.53** Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah Untuk Kuat Tekan

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	$F_{Hitung}$	Taraf Signifikansi ( $\rho$ )
Antar Group (A)	802,5421	9	89,17134	6,57	<0,05 $F_{tabel} = 2,13$
Dalam Group (D)	529,79	39	18,2263	-	-
Total	1332,34	48	-	-	-

n. Kriteria pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga  $F_{tabel}$  yang akan dibandingkan dengan harga  $F_{hitung}$ . Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka tolak  $H_0$  berarti berpengaruh. Setelah dicocokkan dengan tabel F dan kemudian dibandingkan antara  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ . Ternyata  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan.

#### 4.3.2.1.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata. Rincian perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 4.46** sebagai berikut:

**Tabel 4.54** Analisis Regresi Kuat Tekan

no	bottom ash x	kuat tekan y	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	x.y	x <sup>2</sup> .y
1	0	13.4509	0	0	0	0	0
2	10	15.5425	100	1000	10000	155.4253	1554.253
3	20	13.1631	400	8000	160000	263.2615	5265.231
4	30	16.1212	900	27000	810000	483.637	14509.11
5	35	12.5386	1225	42875	1500625	438.8514	15359.8
6	40	11.9723	1600	64000	2560000	478.8936	19155.74
7	45	13.0501	2025	91125	4100625	587.2547	26426.46
8	50	10.2008	2500	125000	6250000	510.039	25501.95
9	55	11.2209	3025	166375	9150625	617.1496	33943.23
10	60	10.5721	3600	216000	12960000	634.3286	38059.72
jumlah	345	127.8326	15375	741375	37501875	4168.841	179775.5

Persamaan simultan:

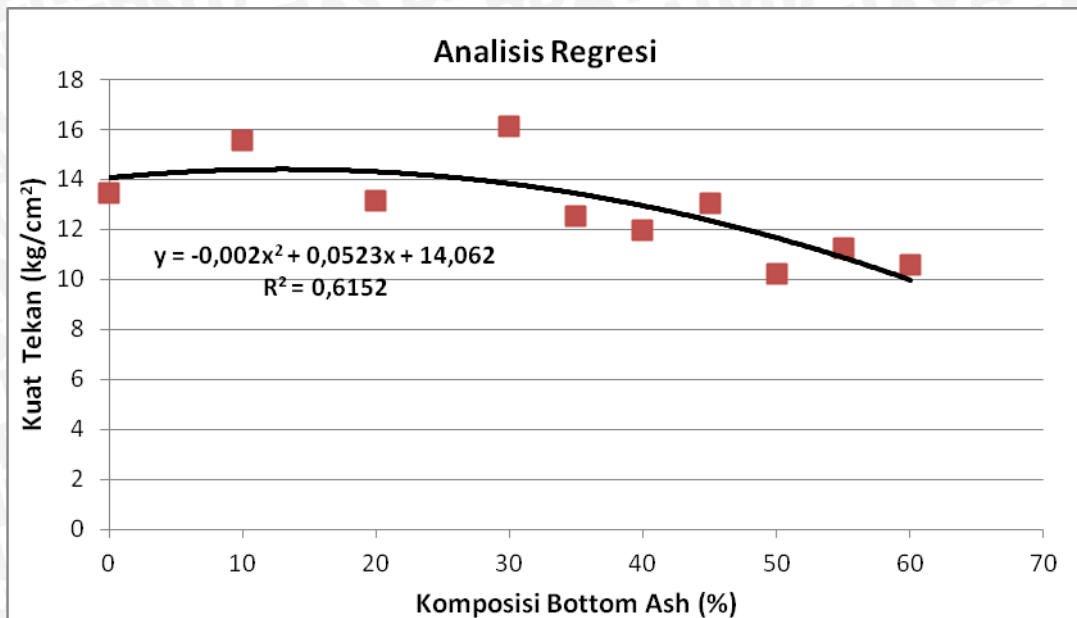
$$\begin{bmatrix} 10 & 345 & 15375 \\ 345 & 15375 & 741375 \\ 15375 & 741375 & 37501875 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 127,8326 \\ 4168,841 \\ 179775,5 \end{pmatrix}$$

Solusi dari persamaan di atas adalah

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14,06 \\ 0,052 \\ -0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,002x^2 + 0,052x + 14,06$$



**Gambar 4.53** Grafik Regresi Polinomial Kuat Tekan

Dari regresi polinomial kuat tekan kubus batu bata, untuk mendapatkan persentase komposisi campuran bottom ash optimum dihitung dengan turunan dari persamaan regresi polinomial kuat tekan.

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= 0 \\ \frac{d(-0,002x^2 + 0,052x + 814,06)}{dx} &= 0 \\ -0,004x + 0,052 &= 0 \\ 0,004x &= 0,052 \\ x &= 13 \end{aligned}$$

dari hasil penurunan di atas didapatkan presentase optimum untuk kuat tekan setengah batu bata adalah sebesar 13% dengan nilai kuat tekan optimum 14,389 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.2 Poisson Ratio Batu Bata

##### 4.3.2.2.1 Analisis Varian Satu Arah (ANOVA)

Dari data percobaan 10 jenis komposisi *bottom ash* serta 5 perlakuan tiap-tiap komposisinya, diperoleh nilai poisson ratio batu bata. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap poisson ratio batu bata, maka diperlakukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (one way anova).



Berikut analisis pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap poisson ratio batu bata dengan analisis varian satu arah.

a. Menguji Hipotesis

A1 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 0%

A2 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 10%

A3 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 20%

A4 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 30%

A5 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 35%

A6 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 40%

A7 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 45%

A8 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 50%

A9 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 55%

A10 = Variasi Komposisi *Bottom ash* 60%

Ha = Ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata

Ho = Tidak ada pengaruh komposisi *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata

b. Hipotesis dalam bentuk statistik

Ha : A1 ≠ A2 ≠ A3 ≠ A4 ≠ A5 ≠ A6 ≠ A7 ≠ A8 ≠ A9 ≠ A10

Ho : A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = A7 = A8 = A9 = A10

c. Daftar statistik induk

**Tabel 4.55** Tabel Statistik Induk

benda uji	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10		
1	0.08	0.07	0.07	0.22	0.02	0.22	0.17	0.18	0.04	0.12		
2	0.07	0.08	0.13	0.04	0.10	0.17	0.12	0.14	0.03	0.11		
3	0.05	0.05	0.11	0.06	0.14	0.14	0.11	0.20	0.05	0.05		
4	0.07	0.17	0.10	0.04	0.09	0.12	0.01	0.11	0.04	0.08		
statistik	5	0.08	0.10	0.15	0.03	0.11	0.07	0.03	0.19	0.03	-	total
n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	49
SX	0.35	0.48	0.57	0.39	0.47	0.72	0.43	0.82	0.20	0.35	0.35	4.78
SX <sup>2</sup>	0.03	0.05	0.07	0.06	0.05	0.12	0.05	0.14	0.01	0.03	0.03	0.61
SX <sup>2</sup> /n	0.02	0.05	0.06	0.03	0.04	0.10	0.04	0.13	0.01	0.03	0.03	0.52

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Antar Group ( $JK_A$ )

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

$$= \left( \frac{0,35^2}{5} + \frac{0,48^2}{5} + \frac{0,57^2}{5} + \dots + \frac{0,35^2}{4} \right) - \frac{4,78^2}{49}$$

$$= 0,06$$

e. Menghitung Derajat Bebas Antar Group ( $db_A$ )

$$db_A = A - 1 = 10 - 1 = 9$$

A = jumlah group (variasi komposisi *bottom ash*)

f. Menghitung Kuadrat Rerata Antar Group ( $KR_A$ )

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{0,06}{9} = 0,01$$

g. Menghitung Jumlah Kuadrat Dalam Antar Group ( $JK_D$ )

$$JK_D = \sum X_{Total}^2 - \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n}$$

$$= 0,61 - \left( \frac{0,35^2}{5} + \frac{0,48^2}{5} + \frac{0,57^2}{5} + \dots + \frac{0,35^2}{4} \right)$$

$$= 0,08$$

h. Menghitung Derajat Bebas Dalam Group ( $db_D$ )

$$db_D = N - A = 49 - 10 = 39$$

N = jumlah keseluruhan sampel

i. Menghitung Kuadrat Rerata Dalam Group ( $KR_D$ )

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{0,08}{39} = 0,002115$$

j.  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0,01}{0,002115} = 3,022$$

k. Menentukan level of significant  $\alpha = 0,05$

l. Menentukan  $F_{tabel}$

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dbA,dbD)} \\ &= F_{(1-0,05)(9,39)} \\ &= F_{(0,95)(9,39)} \\ &= 2,13 \end{aligned}$$

m. Tabel ringkasan anova satu arah

**Tabel 4.56** Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah Untuk Poisson Ratio

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	$F_{Hitung}$	Taraf Signifikansi ( $\rho$ )
Antar Group (A)	0,06	9	0,01	3,022	<0,05 $F_{tabel} = 2,13$
Dalam Group (D)	0,08	39	0,002115	-	-
Total	0,14	48	-	-	-

n. Kriteria pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga  $F_{tabel}$  yang akan dibandingkan dengan harga  $F_{hitung}$ . Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka tolak  $H_0$  berarti berpengaruh. Setelah dicocokkan dengan tabel F dan kemudian dibandingkan antara  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ . Ternyata  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap nilai poisson ratio.

#### 4.3.2.2.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata. Rincian

perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 4.49** sebagai berikut:

**Tabel 4.57** Analisis Regresi

no	bottom ash x	poisson ratio y	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>6</sup>	x.y	x <sup>2</sup> .y	x <sup>3</sup> .y
1	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.1	100	1000	10000	100000	1000000	1	10	100
3	20	0.11	400	8000	160000	3200000	64000000	2.2	44	880
4	30	0.08	900	27000	810000	24300000	7.29E+08	2.4	72	2160
5	35	0.09	1225	42875	1500625	52521875	1.84E+09	3.15	110.25	3858.75
6	40	0.14	1600	64000	2560000	1.02E+08	4.1E+09	5.6	224	8960
7	45	0.09	2025	91125	4100625	1.85E+08	8.3E+09	4.05	182.25	8201.25
8	50	0.16	2500	125000	6250000	3.13E+08	1.56E+10	8	400	20000
9	55	0.04	3025	166375	9150625	5.03E+08	2.77E+10	2.2	121	6655
10	60	0.09	3600	216000	12960000	7.78E+08	4.67E+10	5.4	324	19440
jumlah	345	0.97	15375	741375	37501875	1.96E+09	1.05E+11	34	50	70255

Persamaan simultan :

$$\begin{bmatrix} \sum x^6 & \sum x^5 & \sum x^4 & \sum x^3 \\ \sum x^5 & \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 \\ \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x \\ \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x & N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x^3 y \\ \sum x^2 y \\ \sum xy \\ \sum y \end{bmatrix}$$

Dengan memasukkan nilai yang dibutuhkan maka :

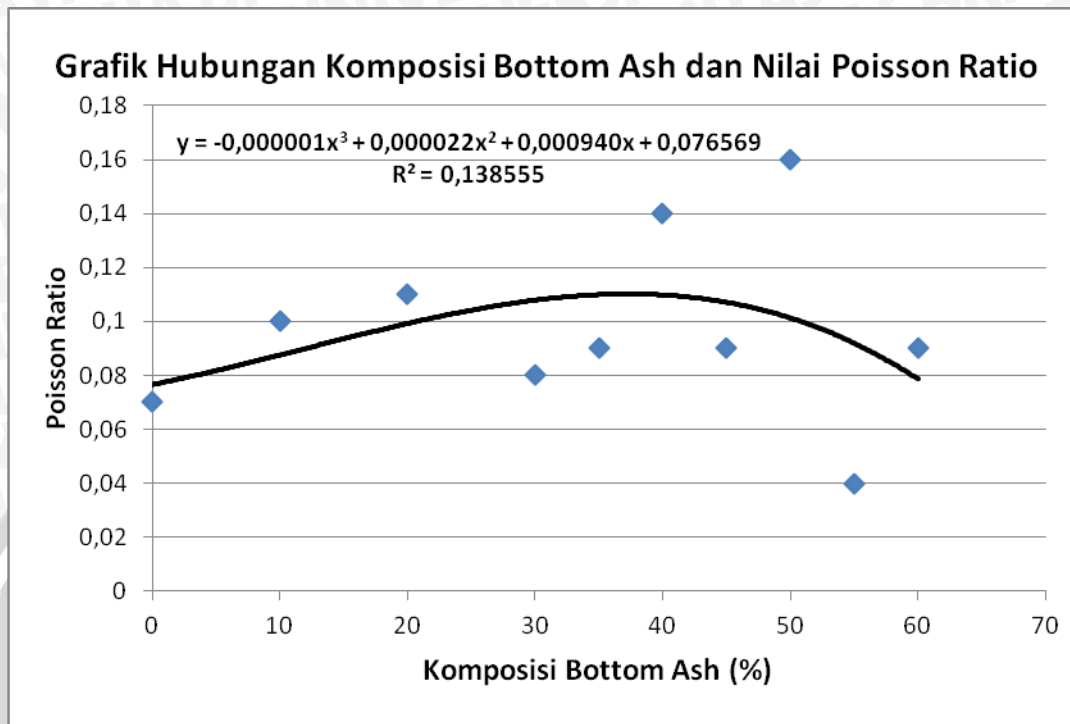
$$\begin{bmatrix} 1,04994E + 11 & 1,96E + 09 & 3751875 & 741375 \\ 1960434375 & 37501875 & 741375 & 15375 \\ 37501875 & 741375 & 15375 & 345 \\ 741375 & 15375 & 345 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 70255 \\ 1487,5 \\ 34 \\ 0,97 \end{bmatrix}$$

Solusi dari persamaan diatas adalah :

$$\begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,000001 \\ 0,000022 \\ 0,000940 \\ 0,076569 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,000001x^3 + 0,000022x^2 + 0,000940x + 0,076569$$



**Gambar 4.54** Grafik Regresi Polinomial Poisson Ratio

### 4.3.3 Analisis Distribusi T

#### 4.3.3.1 Kuat Tekan Batu Bata

Pada penelitian ini dilakukan dua metode pengujian kuat tekan batu bata, yaitu benda uji dibentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm (sesuai jurnal yang beredar) dan benda uji setengah bata (sesuai ASTM C-67). Kedua metode tersebut mendapatkan hasil rata-rata kuat tekan dengan nilai yang tidak terlalu jauh jaraknya. Untuk membuktikan apakah dari kedua hasil metode pengujian itu tidak terdapat perbedaan, maka dilakukan analisis statistic dengan menggunakan uji distribusi T dua sampel independen. Di bawah ini adalah tabel hasil kuat tekan rata-rata dari kedua metode pengujian.

**Tabel 4.58** Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Batu Bata

Perbandingan		Kuat Tekan Rata-rata Kubus Batu Bata (U1) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-rata Setengah Batu Bata (U2) (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanah Liat (%)	Bottom ash (%)		
100	0	9.4526	13.4509
90	10	8.3533	15.5425
80	20	11.2270	13.1631
70	30	11.2969	16.1212
65	35	12.1777	12.5386
60	40	12.9128	11.9723
55	45	8.8002	13.0501
50	50	7.6845	10.2008
45	55	7.7644	11.2209
40	60	9.4519	10.5721

Hipotesis:

H<sub>0</sub> : U<sub>1</sub> = U<sub>2</sub>

H<sub>1</sub> : U<sub>1</sub> ≠ U<sub>2</sub>

Rata-rata U<sub>1</sub> = 9,9121

Standart Deviasi U<sub>1</sub> = 1,8693

Rata-rata U<sub>2</sub> = 12,7833

Standart Deviasi U<sub>2</sub> = 1,9745

$$S^2_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{(10 - 1)1,8693^2 + (10 - 1)1,9745^2}{10 + 10 - 2} = 3,2789$$

$$\sqrt{S^2_p} = \sqrt{3,2789} = 1,81077$$

$$t \text{ hitung} = \frac{U_1 - U_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$= \frac{9,9121 - 12,7833}{1,81077 \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}} = -3,5455$$

$\alpha = 0.05$ ,  $t$  tabel = 2,262

$|t \text{ hitung}| > t \text{ tabel}$ , tolak  $H_0$ . Berarti hasil metode pertama tidak sama dengan hasil metode kedua. Lebih lanjut dapat dilihat bahwa hasil rata-rata kuat tekan kubus batu bata dengan metode kedua, yaitu benda uji adalah setengah batu bata mempunyai nilai lebih besar daripada hasil metode pertama, yaitu benda uji dibentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

#### 4.3.3.2 Poisson Ratio Batu Bata

Sama seperti pengujian kuat tekan, pengujian untuk mendapatkan nilai poisson ratio juga dilakukan dengan dua metode, yaitu benda uji dibentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm (sesuai jurnal yang beredar) dan benda uji setengah bata (sesuai ASTM C-67). Kedua metode tersebut mendapatkan hasil rata-rata angka poisson ratio dengan nilai yang tidak terlalu jauh jaraknya. Untuk membuktikan apakah dari kedua hasil metode pengujian itu tidak terdapat perbedaan, maka dilakukan analisis statistik dengan menggunakan uji distribusi T dua sampel independen. Di bawah ini adalah tabel hasil nilai poisson ratio rata-rata dari kedua metode pengujian.

**Tabel 4.59** Nilai Poisson Ratio Rata-Rata Batu Bata

Perbandingan		Poisson Ratio Rata-rata Kubus Batu Bata (U1)	Poisson Ratio Rata-rata Setengah Batu Bata (U2)
Tanah Liat (%)	Bottom ash (%)		
100	0	0.28	0.07
90	10	0.17	0.08
80	20	0.12	0.12
70	30	0.17	0.08
65	35	0.22	0.11
60	40	0.19	0.12
55	45	0.16	0.13
50	50	0.11	0.16
45	55	0.15	0.04
40	60	0.21	0.09

Hipotesis:

$$H_0 : U_1 = U_2$$

$$H_1 : U_1 \neq U_2$$

$$\text{Rata-rata } U_1 = 0,17989$$

$$\text{Standart Deviasi } U_1 = 0,04949$$

$$\text{Rata-rata } U_2 = 0,09700$$

$$\text{Standart Deviasi } U_2 = 0,03401$$

$$S^2_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{(10 - 1)0,04949^2 + (10 - 1)0,03401^2}{10 + 10 - 2} = 0,0018$$

$$\sqrt{S^2_p} = \sqrt{0,0018} = 0,04246$$

$$t \text{ hitung} = \frac{U_1 - U_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$= \frac{0,17989 - 0,09700}{0,04246 \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}} = 4,365$$

$$\alpha = 0.05$$

$$t \text{ tabel} = 2,262$$

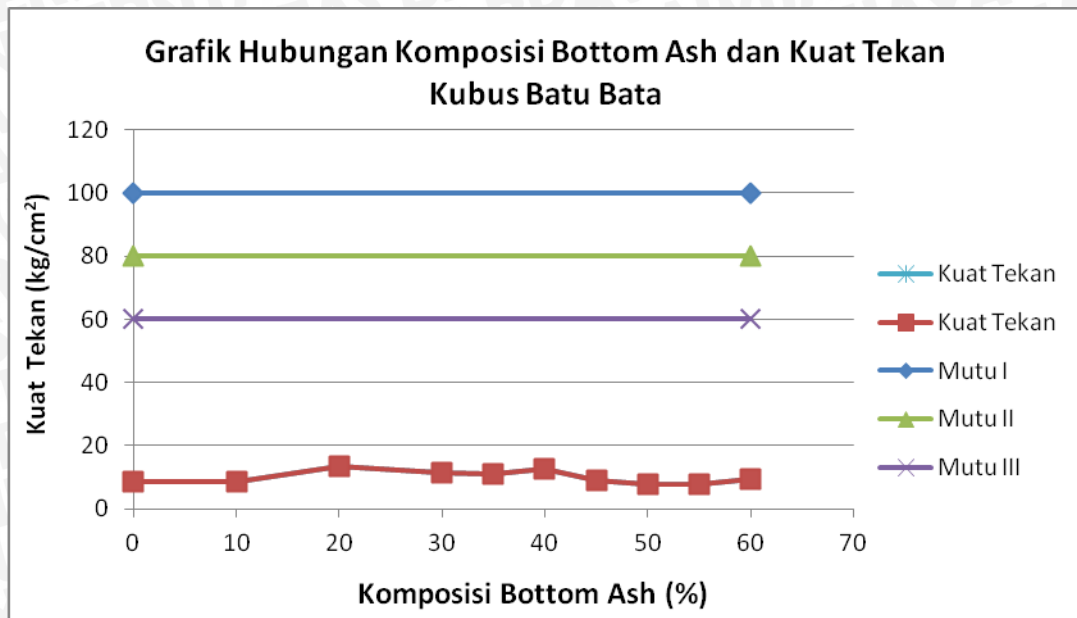
$|t \text{ hitung}| > t \text{ tabel}$ , tolak  $H_0$ . Berarti hasil metode pertama tidak sama dengan hasil metode kedua.

#### 4.4 Pembahasan

##### 4.4.1 Kuat Tekan Batu Bata

Kuat tekan batu bata dibagi menjadi 3 mutu, yaitu mutu I ( $f'c > 100 \text{ kg/cm}^2$ ), mutu II ( $100 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 80 \text{ kg/cm}^2$ ), dan mutu III ( $80 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 60 \text{ kg/cm}^2$ ). Dalam persyaratan peraturan tahan gempa Indonesia, disyaratkan kekuatan tekan bata merah minimal adalah sebesar  $30 \text{ kg/cm}^2$ , dan dalam Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia tahun 1982 kekuatan tekan bata merah untuk dinding pasangan adalah  $25 \text{ kg/cm}^2$ .

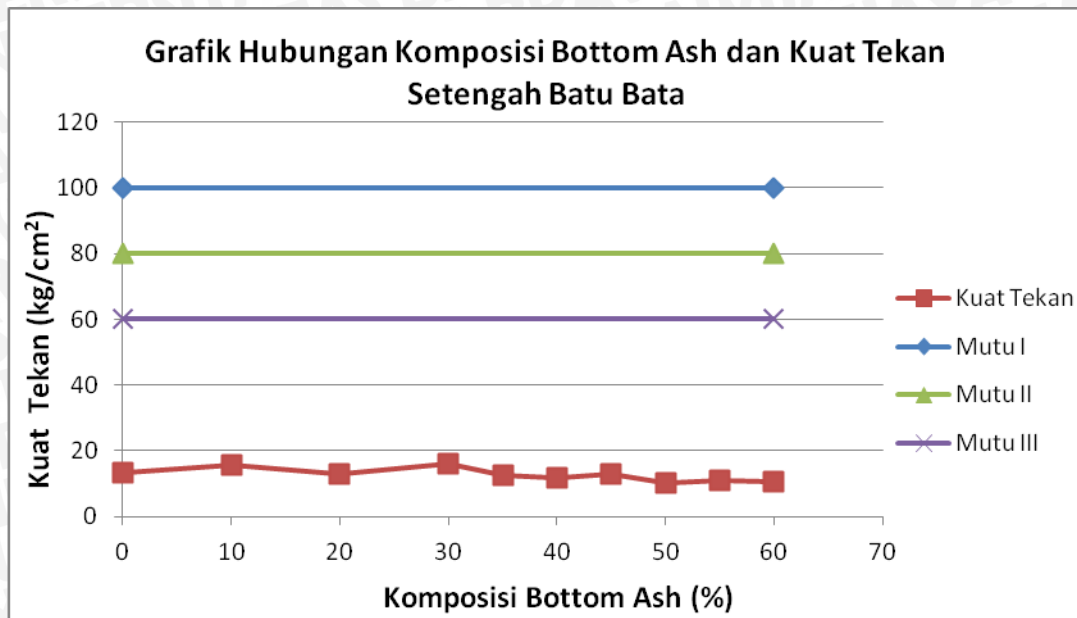




**Gambar 4.55** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Kuat Tekan Kubus Batu Bata

Pada pengujian kuat tekan kubus batu bata, dapat dilihat dari **Grafik 4.53** bahwa semua variasi batu bata *bottom ash* tidak ada yang masuk ke dalam mutu I, mutu II, ataupun mutu III. Selain itu juga tidak memenuhi syarat kekuatan tekan batu bata di dalam peraturan tahanan gempa Indonesia dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia tahun 1982. Kuat tekan paling tinggi adalah kuat tekan kubus batu bata dengan komposisi *bottom ash* 40%, yaitu 12,91 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan paling kecil adalah kuat tekan kubus batu bata dengan komposisi *bottom ash* 50%, yaitu 7,68 kg/cm<sup>2</sup>.

Sama seperti pengujian kuat tekan kubus batu bata, pada pengujian kuat tekan setengah batu bata dapat dilihat dari **Grafik 4.54** bahwa semua variasi batu bata *bottom ash* tidak ada yang masuk ke dalam mutu I, mutu II, ataupun mutu III. Selain itu juga tidak ada variasi yang memenuhi syarat kekuatan tekan batu bata di dalam peraturan tahanan gempa Indonesia dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia tahun 1982. Kuat tekan paling tinggi adalah kuat tekan kubus batu bata dengan komposisi *bottom ash* 30%, yaitu 16,1212 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan paling kecil adalah kuat tekan kubus batu bata dengan komposisi *bottom ash* 50%, yaitu 10,2008 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gambar 4.56** Grafik Hubungan Komposisi *Bottom ash* dan Kuat Tekan Setengah Batu Bata

Dari kedua metode yang digunakan, dapat diketahui bahwa batu bata bottom ash dari semua variasi komposisi bottom ash tidak ada yang memenuhi standart kuat tekan. Hal ini dikarenakan memang kuat tekan batu bata di Negara Indonesia masih jauh dari kuat tekan yang distandartkan. Selain itu menurut studi litelatur sebelumnya menyebutkan bahwa daerah tempat batu bata ini dibuat, yaitu Pakis, adalah daerah dengan kualitas batu bata yang tergolong rendah.

Untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh penambahan komposisi *bottom ash* terhadap kuat tekan batu bata dilakukan analisis dengan metode anova satu arah. Pada pengujian kubus batu bata, berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapat  $F_{tabel} = 2,13$  lebih kecil daripada  $F_{hitung} = 2,17$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan. Untuk uji statistik regresi didapatkan kurva dengan persamaan  $y = -0,003x^2 + 0,181x + 8,653$ . Dari kurva tersebut dapat diketahui nilai optimum komposisi campuran bottom ash dengan menurunkan persamaan regresi polinomial kuat tekan kubus batu bata, yaitu pada komposisi campuran bottom ash 30,167% dengan kuat tekannya sebesar 11,3831 kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan bottom ash ini berpengaruh terhadap kuat tekan kubus batu bata dapat juga dilihat dari kuat tekan kubus batu bata pada komposisi variasi bottom ash 0% (9,45 kg/cm<sup>2</sup>) yang naik sampai ke kuat tekan optimum kubus batu bata pada komposisi variasi bottom ash 30,167% (11,3831

kg/cm<sup>2</sup>) dan kekuatan batu bata akan semakin menurun jika komposisi *bottom ash* melebihi 30,167%.

Sedangkan pada pengujian setengah batu bata, berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapat  $F_{\text{tabel}} = 2,13$  lebih kecil daripada  $F_{\text{hitung}} = 6,56$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan. Untuk uji statistik regresi didapatkan kurva dengan persamaan  $y = -0,002x^2 + 0,052x + 14,61$ . Dari kurva tersebut dapat diketahui nilai maksimum komposisi campuran *bottom ash* dengan menurunkan persamaan regresi polinomial kuat tekan setengah batu bata, yaitu pada komposisi campuran *bottom ash* 13% dengan kuat tekannya sebesar 14,398 kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan *bottom ash* ini berpengaruh terhadap kuat tekan setengah batu bata dapat juga dilihat dari kuat tekan kubus batu bata pada komposisi variasi *bottom ash* 0% (13,4509 kg/cm<sup>2</sup>) yang naik sampai ke kuat tekan optimum kubus batu bata pada komposisi variasi *bottom ash* 13% (14,398 kg/cm<sup>2</sup>) dan kekuatan batu bata akan semakin menurun jika komposisi *bottom ash* melebihi 13%. Hal ini disebabkan karena komposisi tanah liat yang terkandung semakin sedikit pada campuran bahan pembuat batu bata.

#### 4.4.2 Poisson Ratio Batu Bata

Selain mendapatkan nilai beban maksimum, pengujian pada batu bata juga menghasilkan nilai deformasi aksial dan deformasi lateral. Regresi terhadap hubungan antara  $\epsilon_{\text{aksial}}$  dan  $\epsilon_{\text{lateral}}$  menghasilkan persamaan linear tertentu. Persamaan tersebut yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai poisson ratio batu bata yang diuji.

Pada pengujian kubus batu bata, nilai poisson ratio tertinggi dihasilkan oleh batu bata dengan komposisi *bottom ash* sebesar 0% (0,28) sedangkan nilai poisson ratio terendah dihasilkan dari batu bata dengan komposisi *bottom ash* 50% (0,11). Dan semua nilai poisson ratio yang dihasilkan dari pengujian kubus batu bata adalah di atas 0,1 yang artinya bahwa nilai poisson ratio yang dihasilkan sudah dapat mewakili keadaan batu bata yang sesungguhnya. Batasan nilai poisson ratio yang diharapkan  $> 0,10$ .

Sedangkan pada pengujian setengah batu bata, nilai poisson ratio tertinggi dihasilkan oleh batu bata dengan komposisi *bottom ash* 50% (0,16) dan nilai poisson ratio terendah dihasilkan oleh batu bata dengan komposisi *bottom ash* 45% (0,04).

Untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh penambahan komposisi *bottom ash* terhadap nilai poisson ratio batu bata dilakukan analisis dengan metode anova satu arah. Pada pengujian kubus batu bata, berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapat

$F_{\text{tabel}} = 2,13$  lebih besar daripada  $F_{\text{hitung}} = 1,28$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak sehingga tidak terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap nilai poisson ratio. Untuk uji statistik regresi didapatkan kurva polynomial pangkat 3 dengan persamaan  $y = -0,000002x^3 + 0,000286x^2 + 0,009922x + 0,262514$ . Sedangkan pada pengujian setengah batu bata, berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapat  $F_{\text{tabel}} = 2,13$  lebih kecil daripada  $F_{\text{hitung}} = 3,022$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap nilai poisson ratio. Untuk uji statistik regresi didapatkan kurva polynomial pangkat 3 dengan persamaan  $y = -0,000001x^3 + 0,000022x^2 + 0,0000940x + 0,076569$ . Semakin bertambah komposisi *bottom ash* pada campuran batu bata akan semakin besar nilai poisson rasionya karena poisson ratio juga bergantung dengan nilai kuat tekan pada batu bata itu sendiri.

#### 4.4.3 Uji Statistik Distribusi T

Penelitian ini menggunakan dua metode untuk pengujian kuat tekan dan uji poisson ratio batu bata, yaitu 1) benda uji dibentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, 2) benda uji adalah setengah batu bata.

Dari hasil analisis didapatkan masing-masing nilai untuk kuat tekan kubus batu bata dan setengah batu bata serta poisson ratio kubus batu bata dan setengah batu bata. Untuk dapat lebih melihat apakah nilai-nilai yang dihasilkan terdapat persamaan atau berbeda, dilakukan uji statistik distribusi T.

Hasil analisis uji statistik distribusi T untuk kuat tekan dari kedua metode, diperoleh  $|t_{\text{hitung}}| = 3,5455$  lebih besar dari  $t_{\text{tabel}} = 2,62$ , maka tolak  $H_0$  berarti hasil dari metode pertama (kubus batu bata) tidak sama dengan hasil dari metode kedua (setengah batu bata). Lebih lanjut dapat dilihat bahwa hasil rata-rata kuat tekan kubus batu bata dengan metode kedua, yaitu benda uji adalah setengah batu bata mempunyai nilai lebih besar daripada hasil metode pertama, yaitu benda uji dibentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Jika dilihat dengan kasat mata bahwa nilai kuat tekan rata-rata kubus batu bata dan kuat tekan rata-rata setengah batu bata tidak memiliki perbedaan yang cukup jauh karena rentang angka yang dihasilkan juga tidak terlalu lebar tapi jika dilakukan uji statistik distribusi T dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara nilai kuat tekan rata-rata kubus batu bata dan kuat tekan rata-rata setengah batu bata. Terjadinya perbedaan dalam kedua metode ini bisa dikarenakan kondisi benda uji itu sendiri.

Pencampuran bottom ash ke dalam bahan pembuat batu bata menyebabkan batu bata menjadi lebih rapuh dan rentan sekali retak. Oleh karena itu nilai kuat tekan rata-rata kubus batu bata yang dihasilkan lebih rendah dari nilai kuat tekan rata-rata setengah batu bata.

Metode pengujian dengan membentuk benda uji batu bata menjadi kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm juga belum distandarkan oleh pemerintah karena metode pengujian tersebut banyak yang menggunakannya saat pengujian. Sedangkan metode setengah batu bata sudah tercantum di dalam ASTM C-67. Lebih lanjut dapat dilihat bahwa hasil rata-rata kuat tekan kubus batu bata dengan metode kedua, yaitu benda uji adalah setengah batu bata mempunyai nilai lebih besar daripada hasil metode pertama, yaitu benda uji dibentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Sama halnya dengan hasil analisis uji statistik distribusi T untuk nilai poisson ratio dari kedua metode, diperoleh  $|t \text{ hitung}| = 4,365$  lebih besar dari  $t \text{ tabel} = 2,62$ , maka tolak  $H_0$  berarti hasil dari metode pertama (kubus batu bata) tidak sama dengan hasil dari metode kedua (setengah batu bata).

#### **4.4.4 Uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) Batu Bata**

Bottom ash yang digunakan untuk bahan campuran batu bata ini adalah limbah dari hasil pembakaran bahan bakar pembangkit tenaga listrik. Banyak zat-zat yang berbahaya untuk lingkungan, karena itu bottom ash dimasukkan ke dalam kategori limbah B3. Untuk mengetahui apakah batu bata hasil pencampuran antara tanah liat dan bottom ash pada penelitian ini, dilakukan uji TCLP pada batu bata yang sudah jadi. Batu bata yang digunakan untuk uji TCLP adalah batu bata dengan variasi komposisi bottom ash paling besar pada penelitian ini, yaitu batu bata dengan variasi komposisi bottom ash 60%. Uji TCLP ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya. Parameter yang dipakai untuk uji TCLP ini adalah Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Total Kromium (Cr), dan Seng (Zn). Tabel di bawah ini adalah table hasil uji TCLP batu bata bottom ash dengan variasi komposisi bottom ash 60%:

**Tabel 4.60** Hasil Uji TCLP Batu Bata Bottom Ash 60%

No.	Parameter	Konsentrasi dalam ekstraksi (mg/L)	Hasil Analisa (mg/L)	Metode Analisa
1	Tembaga (Cu)	10,00	0,250	Agitasi/AAS
2	Kadmium (Cd)	1,00	0,000	Agitasi/AAS
3	Timbal (Pb)	5,00	0,000	Agitasi/AAS
4	Total Kromium (Cr)	5,00	1,100	Agitasi/AAS
5	Seng (Zn)	50,00	0,620	Agitasi/AAS

Dari hasil analisis ekstraksi, batu bata dengan campuran *bottom ash* 60 % dinyatakan aman untuk lingkungan.

