

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Benda Uji

4.1.1 Tahap Persiapan

Bottom Ash dan tanah liat ditimbang di laboratorium sesuai dengan persentasenya. Diasumsikan satu batu bata mempunyai berat tanah liat 1,5 kg. *Bottom ash* yang dipakai yaitu *bottom ash* yang lolos saringan no. 200. Berikut adalah tabel persentase *bottom ash* dan tanah liat beserta berat yang dibutuhkan.

Tabel 4.1 Persentase *Bottom Ash* dan Tanah Liat beserta Beratnya

No.	Persentase (%)		Berat (Kg)		Jumlah Benda Uji
	Tanah Liat	<i>Bottom Ash</i>	Tanah Liat	<i>Bottom Ash</i>	
1.	100	0	54,0	0	36
2.	90	10	48,6	5,4	36
3.	80	20	43,2	10,8	36
4.	70	30	37,8	16,2	36
5.	65	35	35,1	18,9	36
6.	60	40	32,4	21,6	36
7.	55	45	29,7	24,3	36
8.	50	50	27,0	27,0	36
9.	45	55	24,3	29,7	36
10,	40	60	21,6	32,4	36
Jumlah			353,7	170,1	360

Dari tabel diatas didapatkan total kebutuhan *bottom ash* sebesar 170,1 kg dan total kebutuhan tanah liat sebesar 353,7 kg. Gambar 4.1 menunjukkan *bottom ash* dan tanah liat yang sudah ditimbang menurut beratnya masing-masing di tiap komposisi, dan dimasukkan ke dalam karung yang terpisah.



Gambar 4.1 *Bottom Ash* dan Tanah Liat

4.1.2 Tahap Pembuatan

Proses pembuatan batu bata diawali dengan pencampuran tanah liat, *bottom ash*, sekam, dan air sampai keadaan plastis. Setelah pada keadaan plastis, campuran tersebut dicetak pada cetakan yang telah disiapkan, kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Proses penjemuran ini dilakukan selama 4 hari.



Gambar 4.2 Proses Pencampuran Bahan



Gambar 4.3 Pencetakan Batu Bata



Gambar 4.4 Penjemuran Batu Bata

4.1.3 Tahap Pembakaran

Batu bata akan kering setelah dijemur selama 4 hari. Namun, bila sedang musim hujan, penjemuran bisa berlangsung lebih dari seminggu untuk selanjutnya dibakar. Proses pembakaran ini memerlukan waktu sehari, tergantung pada banyaknya batu bata yang akan dibakar. Awalnya menyusun batu bata sedemikian rupa agar panasnya dapat merata. Lalu ditutupi sekam padi yang berfungsi agar api merata ke seluruh sisi tumpukan bata. Pembakaran dirasa cukup apabila api sudah naik ke atas dan warna bata berubah menjadi kemerahan.



Gambar 4.5 Proses pembakaran batu bata

4.2 Pengujian Batu Bata

Batu bata yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari produksi rumah tangga di daerah Pakis, Kabupaten Malang. Pengujian fisik meliputi pengujian absorpsi, sedangkan untuk pengujian mekanis meliputi pengujian kuat geser batu bata.

4.2.1 Pengujian Absorpsi Batu Bata

Pengujian absorpsi ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan batu bata dalam menyerap air yang dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam air suhu kamar untuk jangka waktu 24 jam.



Gambar 4.6 Perendaman Batu Bata

Hasil pengujian disajikan dalam tabel-tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 0% *bottom ash*

No.	BA 0%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1680	1240	440	35,484
2	1680	1440	240	16,667
3	1560	1200	360	30,000
Jumlah				82,15
Rata-rata				27,38

Tabel 4.3 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 10% *bottom ash*

No.	BA 10%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1760	1400	360	25,714
2	1740	1380	360	26,087
3	1720	1320	400	30,303
Jumlah				82,10
Rata-rata				27,37

Tabel 4.4 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 20% *bottom ash*

No.	BA 20%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1840	1520	320	21,053
2	1840	1520	320	21,053
3	1840	1480	360	24,324
Jumlah				66,43
Rata-rata				22,14

Tabel 4.5 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 30% *bottom ash*

No.	BA 30%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1900	1520	380	25,000
2	1860	1420	440	30,986
3	1840	1500	340	22,667
Jumlah				78,65
Rata-rata				26,22

Tabel 4.6 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 35% *bottom ash*

No.	BA 35%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1860	1440	420	29,167
2	1840	1440	400	27,778
3	1900	1500	400	26,667
Jumlah				83,61
Rata-rata				27,87

Tabel 4.7 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 40% *bottom ash*

No.	BA 40%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1840	1460	380	26,027
2	1880	1420	460	32,394
3	1860	1500	360	24,000
Jumlah				82,42
Rata-rata				27,47

Tabel 4.8 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 45% *bottom ash*

No.	BA 45%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1920	1540	380	24,675
2	1880	1400	480	34,286
3	1940	1460	480	32,877
Jumlah				91,84
Rata-rata				30,61

Tabel 4.9 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 50% *bottom ash*

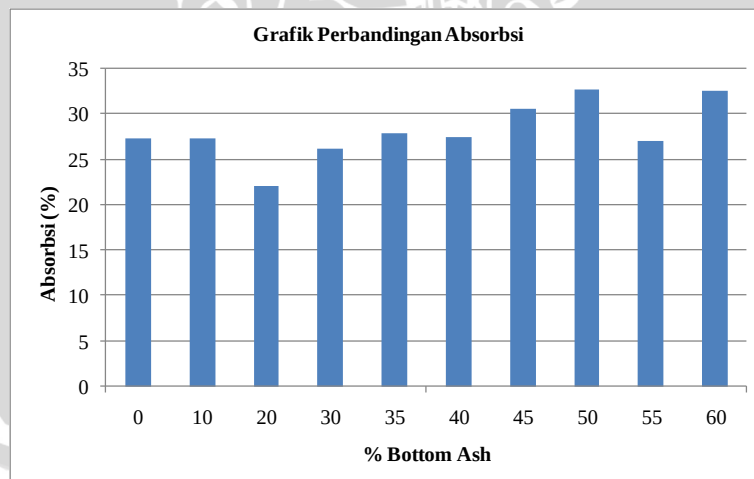
No.	BA 50%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1880	1380	500	36,232
2	1920	1460	460	31,507
3	1980	1520	460	30,263
Jumlah				98,00
Rata-rata				32,67

Tabel 4.10 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 55% *bottom ash*

No.	BA 55%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	1980	1620	360	22,222
2	1840	1420	420	29,577
3	2020	1560	460	29,487
Jumlah				81,29
Rata-rata				27,10

Tabel 4.11 Hasil analisis absorpsi batu bata dengan 60% *bottom ash*

No.	BA 60%			
	Wb (kg)	Wk (kg)	Wb - Wk (kg)	Absorpsi (%)
1	2060	1540	520	33,766
2	2000	1500	500	33,333
3	1960	1500	460	30,667
Jumlah				97,77
Rata-rata				32,59



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Komposisi *Bottom Ash* dan Absorpsi

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata absorpsi batu-bata berbeda-beda pada tiap komposisi *bottom ash*. Nilai absorpsi terkecil adalah sebesar 22,14% pada komposisi *bottom ash* 20%.

4.2.2 Pengujian Kuat Geser

Pengujian kuat geser ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser antara batu bata dengan mortar. Komposisi mortar adalah 1:3. Pengujian ini dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari.

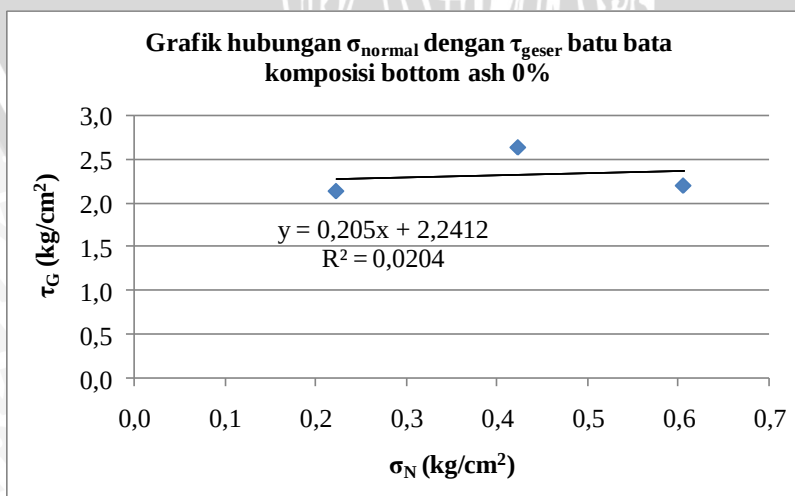


Gambar 4.8 Pengujian Kuat Geser Batu Bata

Hasil pengujian disajikan dalam tabel-tabel berikut:

Tabel 4.12 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 0% bottom ash

No.	Komposisi Bottom Ash 0%						τ_G (kg/cm ²)
	P_{normal} (kg)	$P_{geser maks}$ (kg)	$0,5 P_{geser maks}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)	
1.	50	512,8131	256,40655	120	225	0,2222	2,1367
2.	100	666,0684	333,0342	126	236,25	0,4233	2,6431
3.	150	556,7041	278,35205	126,5	247,5	0,6061	2,2004
Jumlah Rata-rata							6,9803 2,3268



Gambar 4.9 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi Bottom Ash 0%

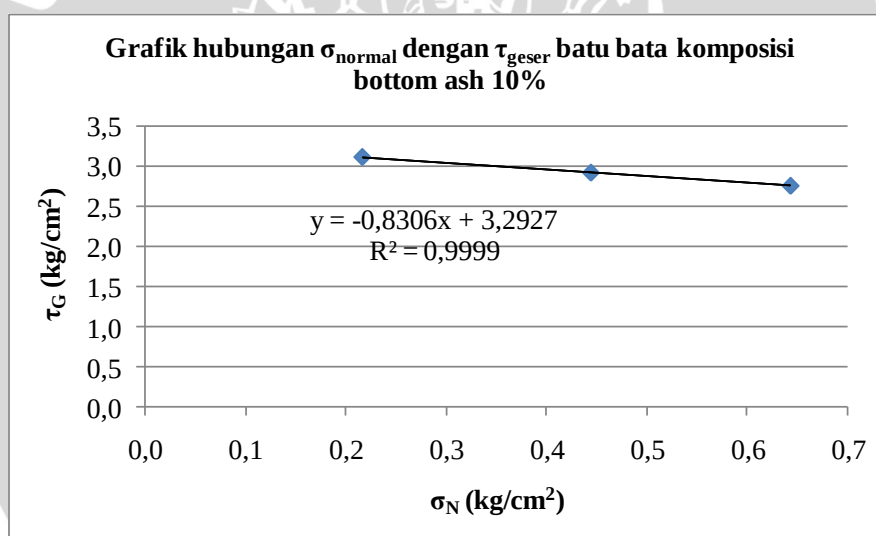
Dari grafik 4.9 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.13 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 0%

Persamaan Regresi	$\tan \phi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = 0,205x + 2,2412$	0,205	2,2412	0,2222	2,2868
	0,205	2,2412	0,4233	2,3280
	0,205	2,2412	0,6061	2,3654

Tabel 4.14 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 10% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 10%						τ_G (kg/cm ²)
	P_{normal} (kg)	$P_{geser maks}$ (kg)	0,5 $P_{geser maks}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)	
1.	50	752,005	376,0025	120,75	231	0,2165	3,1139
2.	100	642,6923	321,34615	110	225	0,4444	2,9213
3.	150	695,3493	347,67465	126	233,1	0,6435	2,7593
Jumlah Rata-rata							8,7945 2,9315



Gambar 4.10 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 10%

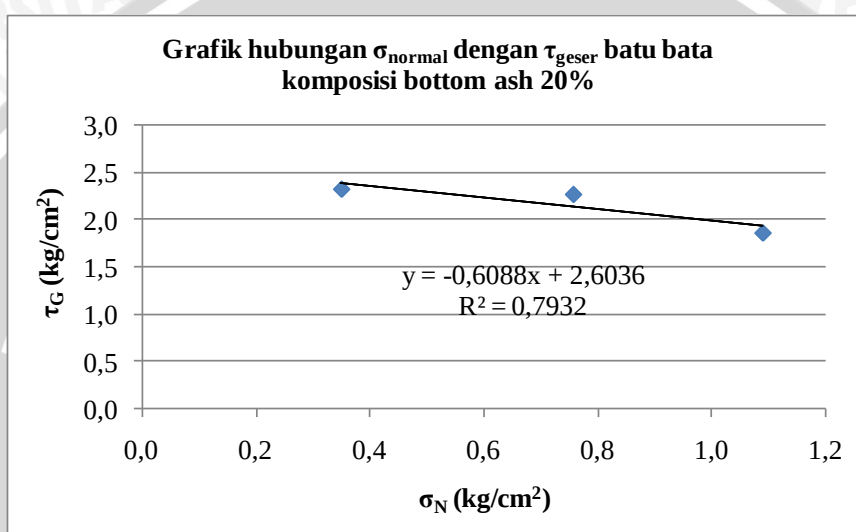
Dari grafik 4.10 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.15 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 10%

Persamaan Regresi	$\tan \phi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = -0,8306x + 3,2927$	-0,8306	3,2927	0,2165	3,1129
	-0,8306	3,2927	0,4444	2,9235
	-0,8306	3,2927	0,6435	2,7582

Tabel 4.16 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 20% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 20%						
	P _{normal} (kg)	P _{geser maks} (kg)	0,5 P _{geser maks} (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ _N (kg/cm ²)	τ _G (kg/cm ²)
1.	50	666,6372	333,3186	143	255,2	0,3497	2,3309
2.	100	600,7093	300,35465	132	255,2	0,7576	2,2754
3.	150	513,2125	256,60625	137,5	250,8	1,0909	1,8662
Jumlah							6,4725
Rata-rata							2,1575



Gambar 4.11 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 20%

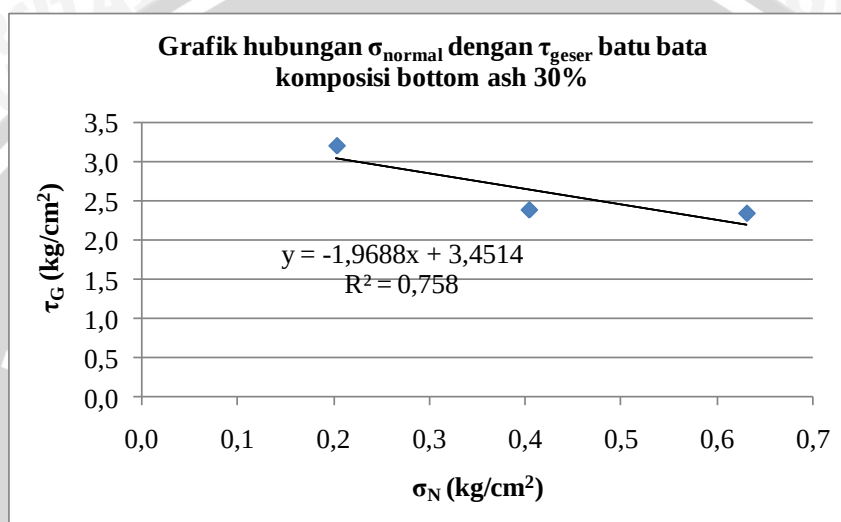
Dari grafik 4.11 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.17 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 20%

Persamaan Regresi	tan φ	c	σ _N (kg/cm ²)	τ _u (kg/cm ²)
y = -0,6088x + 2,6036	-0,6088	2,6036	0,3497	2,3907
	-0,6088	2,6036	0,7576	2,1424
	-0,6088	2,6036	1,0909	1,9395

Tabel 4.18 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 30% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 30%						τ_G (kg/cm ²)
	P_{normal} (kg)	$P_{geser maks}$ (kg)	$0,5 P_{geser maks}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)	
1.	50	863,3699	431,68495	135	246,24	0,2031	3,1977
2.	100	644,2113	322,10565	135,3	247,5	0,4040	2,3807
3.	150	600,1923	300,09615	128,4	237,54	0,6315	2,3372
Jumlah							7,9155
Rata-rata							2,6385



Gambar 4.12 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 30%

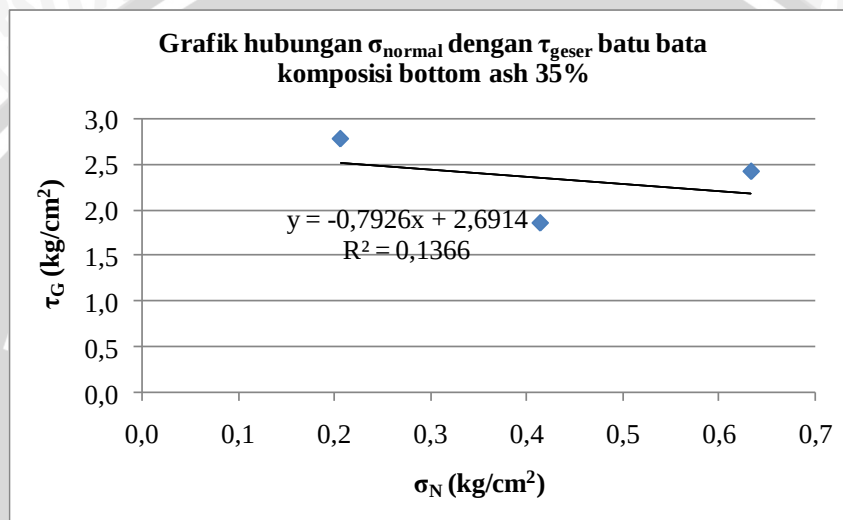
Dari grafik 4.12 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.19 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 30%

Persamaan Regresi	$\tan \phi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = -1,9688x + 3,4514$	-1,9688	3,4514	0,2031	3,0516
	-1,9688	3,4514	0,4040	2,6559
	-1,9688	3,4514	0,6315	2,2082

Tabel 4.20 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 35% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 35%						τ_G (kg/cm ²)
	P_{normal} (kg)	$P_{geser maks}$ (kg)	$0,5 P_{geser maks}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)	
1.	50	732,0515	366,02575	131,61	242,89	0,2059	2,7811
2.	100	491,0696	245,5348	131,25	241,5	0,4141	1,8707
3.	150	644,0547	322,02735	132,6	236,64	0,6339	2,4286
Jumlah							7,0804
Rata-rata							2,3601



Gambar 4.13 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 35%

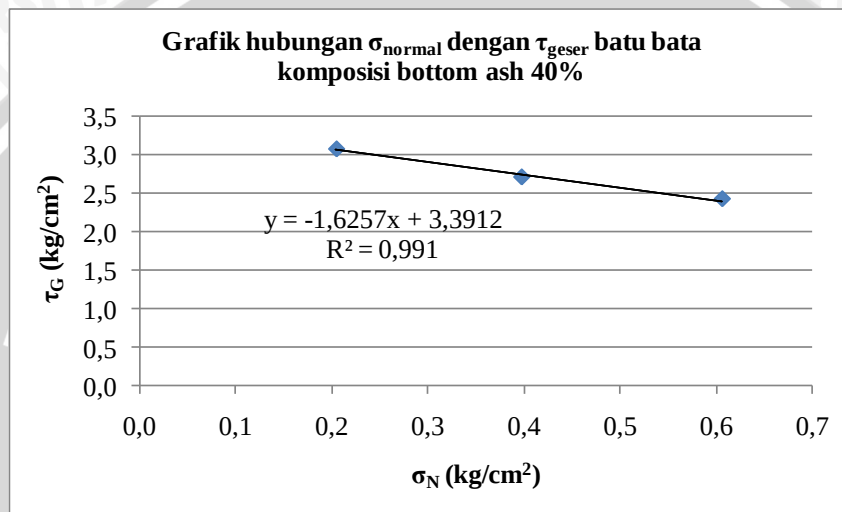
Dari grafik 4.13 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.21 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 35%

Persamaan Regresi	$\tan \phi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = -0,7926x + 2,6914$	-0,7926	2,6914	0,2059	2,5282
	-0,7926	2,6914	0,4141	2,3632
	-0,7926	2,6914	0,6339	2,1890

Tabel 4.22 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 40% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 40%						
	P _{normal} (kg)	P _{geser maks} (kg)	0,5 P _{geser maks} (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ _N (kg/cm ²)	τ _G (kg/cm ²)
1.	50	775,5739	387,78695	126	244,65	0,2044	3,0777
2.	100	679,2965	339,64825	125,35	251,79	0,3972	2,7096
3.	150	639,7224	319,8612	132	247,5	0,6061	2,4232
Jumlah							8,2105
Rata-rata							2,7368



Gambar 4.14 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 40%

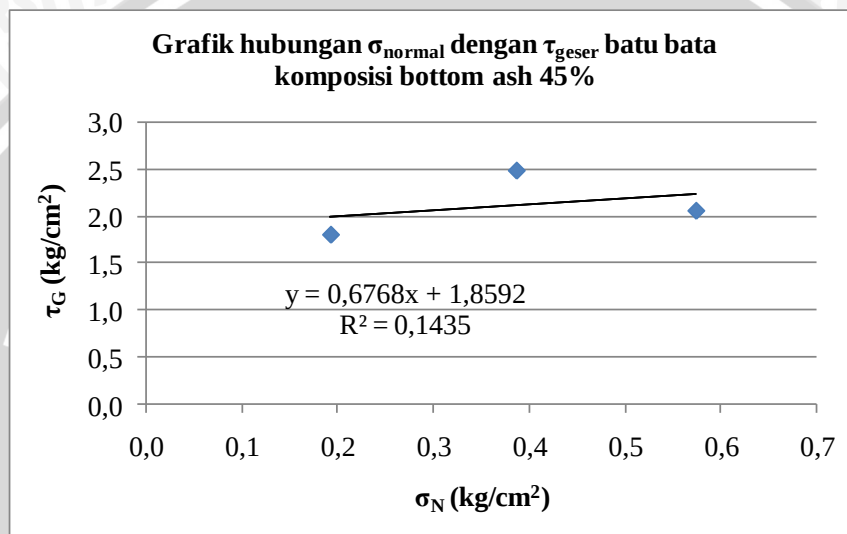
Dari grafik 4.14 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.23 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 40%

Persamaan Regresi	tan φ	c	σ _N (kg/cm ²)	τ _u (kg/cm ²)
y = -1,6257x + 3,3912	-1,6257	3,3912	0,2044	3,0589
	-1,6257	3,3912	0,3972	2,7455
	-1,6257	3,3912	0,6061	2,4059

Tabel 4.24 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 45% bottom ash

No.	Komposisi Bottom Ash 45%					
	P_{normal} (kg)	$P_{\text{geser maks}}$ (kg)	$0,5 P_{\text{geser maks}}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)
1.	50	490,8666	245,4333	135,6	259,9	0,1924
2.	100	574,3017	287,15085	115,5	258,5	0,3868
3.	150	600,6209	300,31045	145,6	260,96	0,5748
Jumlah						6,3587
Rata-rata						2,1196



Gambar 4.15 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi Bottom Ash 45%

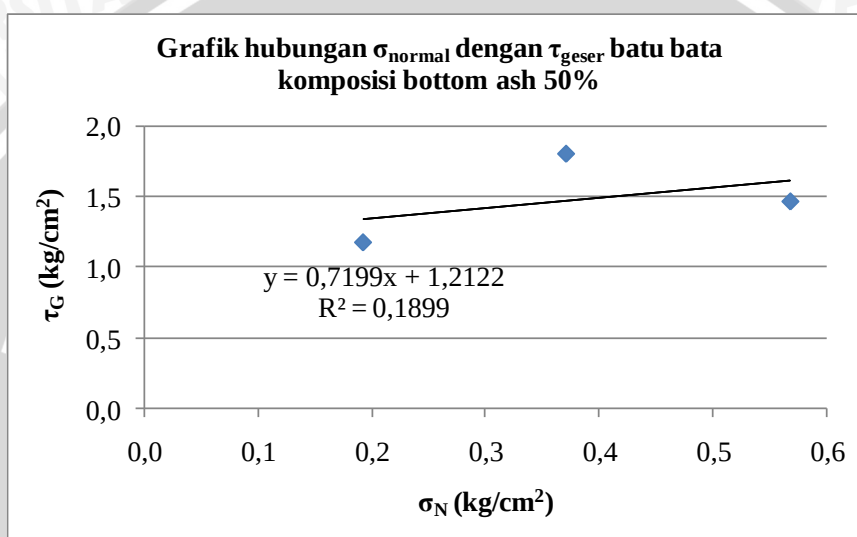
Dari grafik 4.15 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.25 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi Bottom Ash 45%

Persamaan Regresi	$\tan \varphi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = 0,6768x + 1,8592$	0,6768	1,8592	0,1924	1,9894
	0,6768	1,8592	0,3868	2,1210
	0,6768	1,8592	0,5748	2,2482

Tabel 4.26 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 50% bottom ash

No.	Komposisi Bottom Ash 50%					
	P_{normal} (kg)	$P_{\text{geser maks}}$ (kg)	$0,5 P_{\text{geser maks}}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)
1.	50	337,9575	168,97875	143	259,6	0,1926
2.	100	535,1116	267,5558	148,5	269,5	0,3711
3.	150	403,7188	201,8594	137,5	264	0,5682
Jumlah						4,4515
Rata-rata						1,4838



Gambar 4.16 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi Bottom Ash 50%

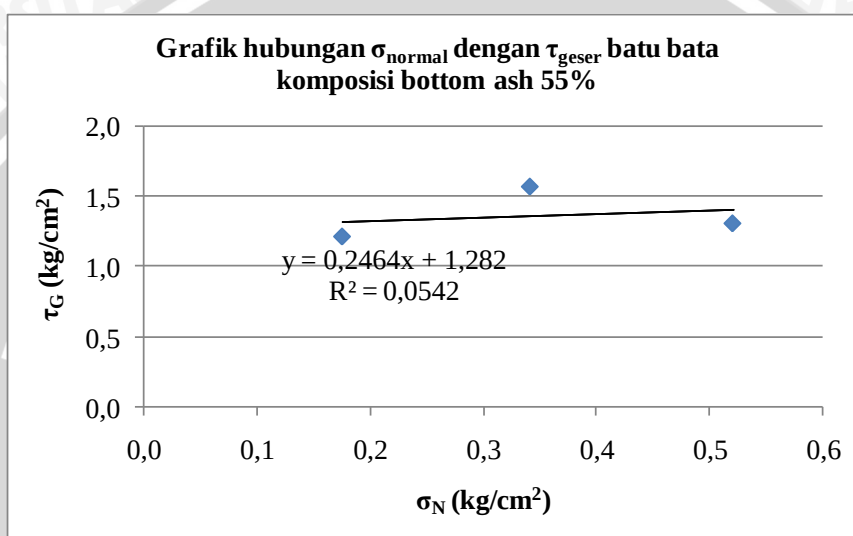
Dari grafik 4.16 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.27 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi Bottom Ash 50%

Persamaan Regresi	$\tan \varphi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = 0,7199x + 1,2122$	0,7199	1,2122	0,1926	1,3509
	0,7199	1,2122	0,3711	1,4793
	0,7199	1,2122	0,5682	1,6212

Tabel 4.28 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 55% *bottom ash*

No.	Komposisi Bottom Ash 55%						
	P _{normal} (kg)	P _{geser maks} (kg)	0,5 P _{geser maks} (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ _N (kg/cm ²)	τ _G (kg/cm ²)
1.	50	359,4402	179,7201	147,5	285,56	0,1751	1,2184
2.	100	460,1981	230,09905	146,4	292,8	0,3415	1,5717
3.	150	403,3012	201,6506	153,75	287,82	0,5212	1,3115
Jumlah							4,1017
Rata-rata							1,3672



Gambar 4.17 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi *Bottom Ash* 55%

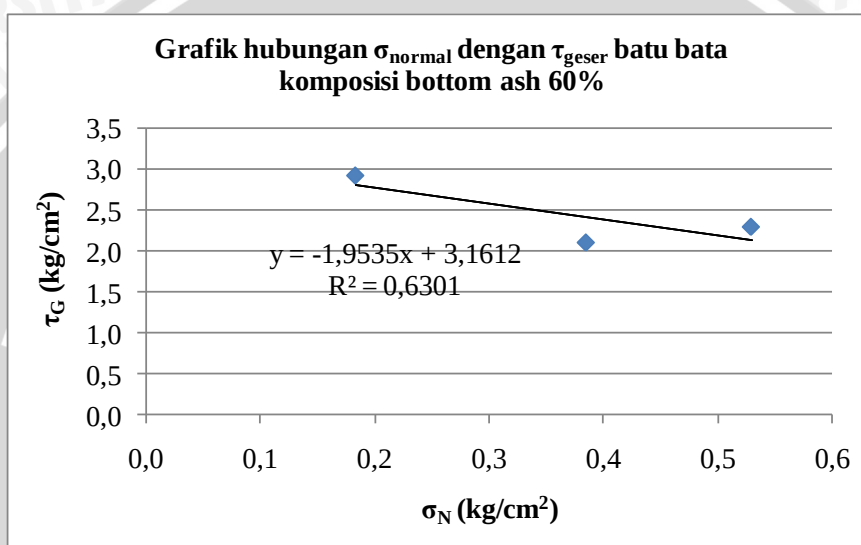
Dari grafik 4.17 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.29 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi *Bottom Ash* 55%

Persamaan Regresi	tan φ	c	σ _N (kg/cm ²)	τ _u (kg/cm ²)
y = 0,2464x + 1,282	0,2464	1,282	0,1751	1,3251
	0,2464	1,282	0,3415	1,3662
	0,2464	1,282	0,5212	1,4104

Tabel 4.30 Hasil analisis kuat geser batu bata dengan 60% bottom ash

No.	Komposisi Bottom Ash 60%						τ_G (kg/cm ²)
	P_{normal} (kg)	$P_{geser maks}$ (kg)	$0,5 P_{geser maks}$ (kg)	Luas Mortar (cm ²)	Luas Bata (cm ²)	σ_N (kg/cm ²)	
1.	50	841,7018	420,8509	143,75	272,55	0,1835	2,9277
2.	100	556,9181	278,45905	132	259,6	0,3852	2,1095
3.	150	705,9021	352,95105	153,4	283,2	0,5297	2,3009
Jumlah							7,3381
Rata-rata							2,4460

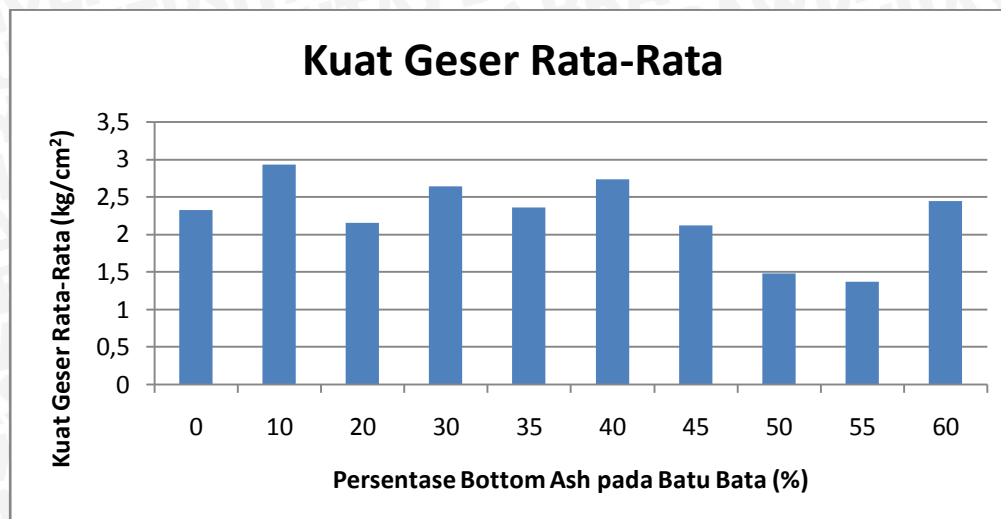


Gambar 4.18 Grafik Hubungan σ_{normal} dan τ_{geser} Bata Komposisi Bottom Ash 60%

Dari grafik 4.18 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung kuat geser. Berikut ini tabel hasil perhitungan nilai kuat geser.

Tabel 4.31 Nilai Kuat Geser Bata Komposisi Bottom Ash 60%

Persamaan Regresi	$\tan \phi$	c	σ_N (kg/cm ²)	τ_u (kg/cm ²)
$y = -1,9535x + 3,1612$	-1,9535	3,1612	0,1835	2,8028
	-1,9535	3,1612	0,3852	2,4087
	-1,9535	3,1612	0,5297	2,1265



Gambar 4.19 Hubungan Komposisi *Bottom Ash* dan Kuat Geser

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kuat geser batu-bata berbeda-beda pada tiap komposisi *bottom ash*. Nilai terkecil adalah sebesar 1,3673 kg/cm² pada komposisi *bottom ash* 55% dan nilai terbesar adalah sebesar 2,9315 kg/cm² pada komposisi *bottom ash* 10%.

4.3. Analisis Data

4.3.1 Analisis Data Absorpsi Batu Bata

4.3.1.1 Analisis Varian Satu Arah (One Way Anova)

Dari hasil percobaan diatas, untuk ke sepuluh variasi tersebut memiliki nilai absorpsi yang berbeda-beda. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap absorpsi, maka diperlukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (*one way anova*). Pada analisis ini digunakan nilai absorpsi tiap-tiap perlakuan pada tiap jenis komposisi campuran *bottom ash* dengan tanah liat

Berikut analisis pengaruh komposisi campuran *bottom ash* dengan tanah liat terhadap absorpsi batu bata dengan analisis varian satu arah (*one way anova*)

a) Menguji hipotesis

A₁ : Variasi campuran kadar *bottom ash* 0%

A₂ : Variasi campuran kadar *bottom ash* 10%

A₃ : Variasi campuran kadar *bottom ash* 20%

A_4 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 30%

A_5 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 35%

A_6 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 40%

A_7 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 45%

A_8 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 50%

A_9 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 55%

A_{10} : Variasi campuran kadar *bottom ash* 60%

H_a : Ada pengaruh campuran *bottom ash* terhadap absorpsi batu bata

H_0 : Tidak terdapat pengaruh campuran *bottom ash* terhadap absorpsi batu bata

b) Hipotesis dalam bentuk statistik

H_a : $A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq A_4 \neq A_5 \neq A_6 \neq A_7 \neq A_8 \neq A_9 \neq A_{10}$

H_0 : $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = A_6 = A_7 = A_8 = A_9 = A_{10}$



c) Daftar statistik induk

Tabel 4.32 Daftar Statistik Induk Absorpsi

Kuat Geser Maksimum											
Benda Uji	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	
1	35,484	25,714	21,053	25,000	29,167	26,027	24,675	36,232	22,222	33,766	
2	16,667	26,087	21,053	30,986	27,778	32,394	34,286	31,507	29,577	33,333	
3	30,000	30,303	24,324	22,667	26,667	24,000	32,877	30,263	29,487	30,667	
Statistik											Total
n	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	30,000
ΣX	82,15	82,10	66,43	78,65	83,61	82,42	91,84	98,00	81,29	97,77	844,26
ΣX^2	6748,7	6741,1	4412,9	6186,2	6990,8	6793,3	8434,2	9604,4	6607,6	9558,2	72077,4
$(\Sigma X)/n$	27,384	27,368	22,143	26,218	27,870	27,474	30,613	32,667	27,096	32,589	281,421
$(\Sigma X^2)/n$	2249,570	2247,037	1470,963	2062,076	2330,273	2264,449	2811,391	3201,457	2202,518	3186,079	24025,814

- d) Menghitung jumlah kuadrat antar group (JK_A)

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N} \\
 &= \left(\frac{82,15^2}{3} + \frac{82,10^2}{3} + \dots + \frac{81,29^2}{3} + \frac{97,77^2}{3} \right) - \left(\frac{844,26^2}{30} \right) \\
 &= 24025,80 - 23759,30 \\
 &= 266,50
 \end{aligned}$$

- e) Menghitung derajat bebas antar group (db_A)

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

A = Jumlah group (Variasi campuran *bottom ash*)

- f) Menghitung kuadrat rerata antar group (KR_A)

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{266,50}{9} = 29,6114$$

- g) Menghitung jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D)

$$\begin{aligned}
 JK_D &= \sum X_{Total}^2 - \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n} \\
 &= 24426,6 - \left(\frac{82,15^2}{3} + \frac{82,10^2}{3} + \dots + \frac{81,29^2}{3} + \frac{97,77^2}{3} \right) \\
 &= 24426,6 - 24025,8 \\
 &= 400,743
 \end{aligned}$$

- h) Menghitung derajat bebas dalam group (db_D)

$$db_D = N - A = 30 - 10 = 20$$

N = Jumlah keseluruhan sampel

- i) Menghitung kuadrat rerata dalam group (KR_D)

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{400,743}{20} = 20,0371$$

- j) Menghitung F_{Hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{29,6114}{20,0371} = 1,47782$$

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

- l) Menentukan F_{tabel}

$$\begin{aligned} F_{\text{tabel}} &= F_{(1-\alpha) (dbA, dbD)} \\ &= F_{(1-0,05) (9,20)} \\ &= 2,39 \end{aligned}$$

- m) Tabel ringkasan anova satu jalur

Tabel 4.33 Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah untuk Absorpsi

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	Taraf Signifikasi (ρ)
Antar Group (A)	266,50	9	29,6114	1,47782	<0,05 $F_{\text{tabel}} = 2,39$
Dalam Group (D)	400,743	20	20,0371	-	
Total	667,243	29	-	-	-

- n) Kriteria Pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga F_{tabel} yang akan dibandingkan dengan F_{hitung} . Apabila $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ berarti H_a ditolak dan H_0 diterima sehingga tidak terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap absorpsi.

4.3.1.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan untuk pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap absorpsi yaitu regresi linear. Berikut rincian mengenai analisis dengan metode regresi.

Tabel 4.34 Analisis Regresi Absorpsi

No.	BA(x)	KL(y)	x ²	x ³	x ⁴	x ⁵	x ⁶	x*y	x ² *y	x ³ *y
1	0	27,38351	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	27,36809	100	1000	10000	100000	1000000	273,6809	2736,809	27368,09
3	20	22,1432	400	8000	160000	3200000	32000000	442,8639	8857,278	177145,6
4	30	26,21753	900	27000	810000	24300000	243000000	786,5258	23595,77	707873,2
5	35	27,87037	1225	42875	1500625	52521875	525218750	975,463	34141,2	1194942
6	40	27,47392	1600	64000	2560000	102400000	1024000000	1098,957	43958,27	1758331
7	45	30,61258	2025	91125	4100625	184528125	1845281250	1377,566	61990,48	2789572
8	50	32,6673	2500	125000	6250000	312500000	3125000000	1633,365	81668,24	4083412
9	55	27,09562	3025	166375	9150625	503284375	5032843750	1490,259	81964,26	4508034
10	60	32,58874	3600	216000	12960000	777600000	7776000000	1955,325	117319,5	7039169
Σ	345	281,4209	15375	741375	37501875	1960434375	19604343750	10034,01	456231,8	22285847

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 :

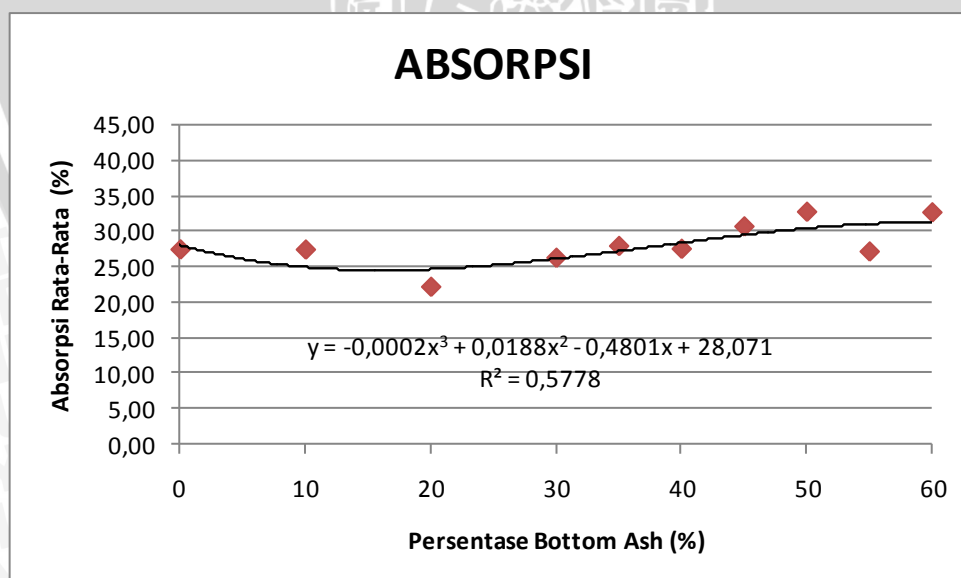
$$\begin{bmatrix} 1,04994E+11 & 1960434375 & 3751875 & 741375 \\ 1960434375 & 37501875 & 741375 & 15375 \\ 37501875 & 741375 & 15375 & 345 \\ 741375 & 15375 & 345 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,2E+07 \\ 456232 \\ 10034 \\ 281,421 \end{bmatrix}$$

Solusi dari persamaan diatas adalah :

$$\begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0002 \\ 0,0188 \\ -0,4801 \\ 28,0710 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,0002x^3 + 0,0188x^2 - 0,4801x + 28,071$$



Gambar 4.20 Regresi Polinomial Absorpsi

4.3.2 Analisis Data Kuat Geser Batu Bata

4.3.2.1 Analisis Varian Satu Arah (One Way Anova)

Dari hasil percobaan diatas, untuk ke sepuluh variasi tersebut memiliki kuat geser yang berbeda-beda. Dan untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat geser, maka diperlukan analisis statistik data. Metode yang digunakan dalam menguji hipotesis yang telah dibuat adalah analisis varian satu arah (*one way anova*). Pada analisis ini digunakan kuat geser maksimum tiap-tiap perlakuan pada tiap jenis komposisi campuran *bottom ash* dengan tanah liat

Berikut analisis pengaruh komposisi campuran *bottom ash* dengan tanah liat terhadap kuat geser batu bata dengan analisis varian satu arah (*one way anova*)

a) Menguji hipotesis

A_1 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 0%

A_2 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 10%

A_3 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 20%

A_4 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 30%

A_5 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 35%

A_6 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 40%

A_7 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 45%

A_8 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 50%

A_9 : Variasi campuran kadar *bottom ash* 55%

A_{10} : Variasi campuran kadar *bottom ash* 60%

H_a : Ada pengaruh campuran *bottom ash* terhadap absorpsi batu bata

H_0 : Tidak terdapat pengaruh campuran *bottom ash* terhadap absorpsi batu bata

b) Hipotesis dalam bentuk statistik

H_a : $A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq A_4 \neq A_5 \neq A_6 \neq A_7 \neq A_8 \neq A_9 \neq A_{10}$

H_0 : $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = A_6 = A_7 = A_8 = A_9 = A_{10}$

c) Daftar statistik induk

Tabel 4.35 Daftar Statistik Induk Kuat Geser

Kuat Geser Maksimum											
Benda Uji	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	
1	2,29823	3,12178	2,39073	3,04757	2,54157	3,07361	1,88433	1,36652	1,31107	2,83484	
2	2,32639	2,89952	2,14239	2,65967	2,35813	2,71838	2,18715	1,47349	1,37022	2,37523	
3	2,35568	2,77318	1,93945	2,20823	2,18079	2,41838	2,28731	1,61144	1,42051	2,12816	
Statistik											Total
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
ΣX	6,980	8,794	6,473	7,915	7,080	8,210	6,359	4,451	4,102	7,338	67,704
ΣX^2	48,724	77,343	41,894	62,655	50,133	67,410	40,434	19,815	16,825	53,850	479,084
$(\Sigma X)/n$	2,327	2,931	2,158	2,638	2,360	2,737	2,120	1,484	1,367	2,446	22,568
$(\Sigma X^2)/n$	16,241	25,781	13,965	20,885	16,711	22,470	13,478	6,605	5,608	17,950	159,695

d) Menghitung jumlah kuadrat antar group (JK_A)

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n_{An}} - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N} \\
 &= \left(\frac{6,980^2}{2} + \frac{8,794^2}{3} + \dots + \frac{4,102^2}{3} + \frac{7,338^2}{3} \right) - \left(\frac{67,704^2}{30} \right) \\
 &= 159,695 - 152,794 \\
 &= 6,90043
 \end{aligned}$$

e) Menghitung derajat bebas antar group (db_A)

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

A = Jumlah group (Variasi campuran *bottom ash*)

f) Menghitung kuadrat rerata antar group (KR_A)

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{6,90043}{9} = 0,76671$$

g) Menghitung jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D)

$$\begin{aligned}
 JK_D &= \sum X_{Total}^2 - \sum \frac{(\sum X_{An})^2}{n} \\
 &= 160,875 - \left(\frac{6,980^2}{3} + \frac{8,794^2}{3} + \dots + \frac{4,102^2}{3} + \frac{7,338^2}{3} \right) \\
 &= 160,875 - 159,695 \\
 &= 1,18072
 \end{aligned}$$

h) Menghitung derajat bebas dalam group (db_D)

$$db_D = N - A = 30 - 10 = 20$$

N = Jumlah keseluruhan sampel

i) Menghitung kuadrat rerata dalam group (KR_D)

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{1,18072}{20} = 0,05904$$

j) Menghitung F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0,76671}{0,05904} = 12,9873$$

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

l) Menentukan F_{tabel}

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dbA,dbD)}$$

$$= F_{(9,20)}$$

$$= 2,39 \text{ (didapat dari Tabel)}$$

m) Tabel ringkasan anova satu jalur

Tabel 4.36 Ragam Untuk Klasifikasi Satu Arah untuk Kuat Geser

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	Taraf Signifikasi (ρ)
Antar Group (A)	6,90043	9	0,76771	12,9873	<0,05 $F_{tabel} = 2,39$
Dalam Group (D)	1,18072	20	0,05904	-	-
Total	8,081	29	-	-	-

n) Kriteria Pengujian

Dari hasil analisis data secara statistik didapat harga F_{tabel} yang akan dibandingkan dengan F_{hitung} . Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0 ditolak dan H_a diterima sehingga terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat geser.

4.3.2.2 Analisis Regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi linier, yaitu pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat geser. Berikut rincian mengenai analisis dengan metode regresi.

Tabel 4.37 Analisis Regresi Linier Kuat Geser

No.	BA(x)	Kuat Geser (y)	x^2	$x*y$
1	0	2,32676	0	0
2	10	2,93149	100	29,31491
3	20	2,15753	400	43,1505
4	30	2,63849	900	79,15467
5	35	2,36016	1225	82,60569
6	40	2,73679	1600	109,4716
7	45	2,11960	2025	95,38181
8	50	1,48382	2500	74,19087
9	55	1,36727	3025	75,1996
10	60	2,44608	3600	146,7646
Σ	345	22,56797763	15375	735,2344

Persamaan simultan :

$$\begin{bmatrix} N & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \end{bmatrix}$$

Dengan memasukkan nilai yang dibutuhkan maka :

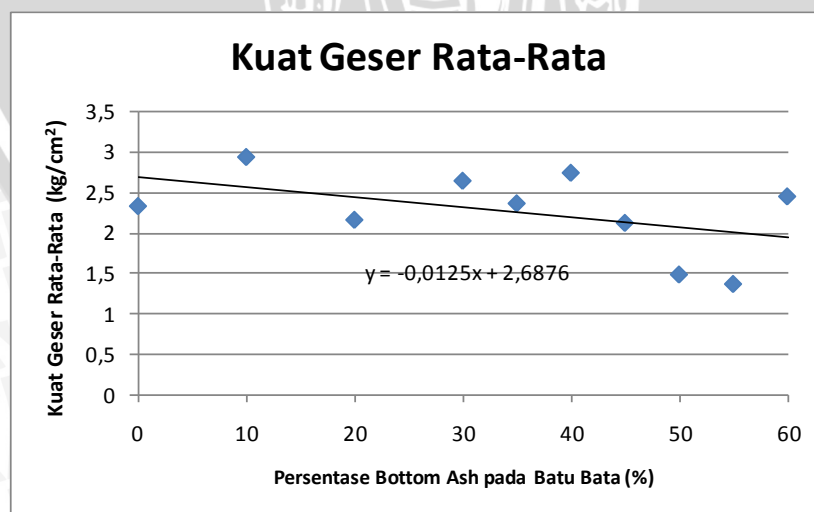
$$\begin{bmatrix} 10 & 345 \\ 345 & 15375 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22,56798 \\ 735,234 \end{bmatrix}$$

Solusi dari persamaan diatas adalah :

$$\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,6876 \\ -0,01249 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi

$$y = -0,0125x + 2,6876$$



Gambar 4.21 Regresi Linier Kuat Geser

4.4 Pembahasan

4.4.1 Absorpsi Batu Bata

Dari hasil pengujian absorpsi batu bata menunjukkan nilai absorpsi rata-rata yang paling kecil didapat pada batu bata dengan campuran *bottom ash* 20% yaitu sebesar 22,1432%, sedangkan nilai absorpsi rata-rata yang paling besar didapat pada batu bata dengan campuran *bottom ash* 50% yaitu sebesar 32,6673%. Jika dilihat dari grafik 4.20 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai campuran *bottom ash*-nya maka akan bertambah besar pula nilai absorpsi batu bata tersebut. Hal ini mengungkapkan bahwa semakin besar nilai absorpsi batu bata maka semakin banyak pula pori-pori yang ada pada batu bata tersebut. Hal ini disebabkan oleh komposisi dari *bottom ash* dan tanah liat itu sendiri dimana setelah menjadi batu bata, campuran *bottom ash* dan tanah liat mengalami penyatuan yang sedemikian rupa sehingga semakin sedikit tanah liat yang terkandung maka akan membuat batu bata tersebut memiliki absorpsi yang semakin besar.

Berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapatkan $F_{\text{tabel}} = 2,39$ lebih besar daripada $F_{\text{hitung}} = 1,47782$. Sehingga H_a ditolak dan H_0 diterima dan tidak terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap absorpsi. Untuk uji statistik regresi campuran *bottom ash* dan tanah liat didapatkan kurva dengan persamaan $y = -0,0002x^3 + 0,0188x^2 - 0,4801x + 28,071$.

4.4.2 Kuat Geser Batu Bata

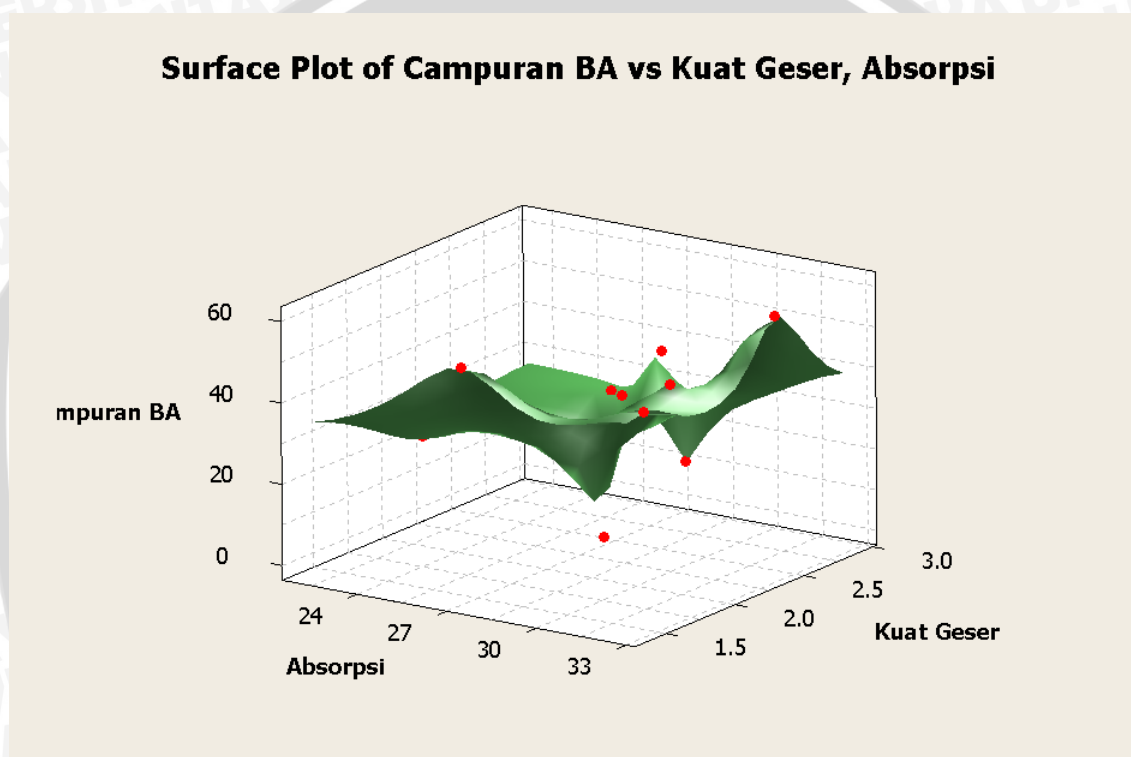
Dari hasil pengujian kuat geser, didapatkan nilai kuat geser rata-rata yang terkecil pada campuran *bottom ash* 55% yaitu sebesar $1,36727 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan nilai kuat geser rata-rata maksimum pada campuran *bottom ash* 10 % yaitu $2,93149 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan grafik 4.21, didapatkan bahwa nilai kuat gesernya membentuk garis linier yang menunjukkan bahwa semakin besar komposisi *bottom ash* yang terkandung dalam bata, maka nilai kuat gesernya cenderung semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh komposisi *bottom ash* dan tanah liat. Komposisi dari *bottom ash* akan menciptakan kekuatan ikat antara *bottom ash* dan tanah liat yang berbeda-beda dalam suatu batu bata. Sehingga mempengaruhi kuat geser dari batu bata.

Dari grafik kuat geser masing-masing komposisi diperoleh nilai koefisien determinasi R^2 yang bervariasi. Nilai koefisien determinasi yang tinggi itu baik, namun jika memperoleh nilai yang rendah bukan berarti hasil yang diperoleh adalah jelek. Nilai koefisien determinasi yang rendah berarti sebagian besar dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian. Dalam hal ini adalah kesalahan-kesalahan yang terjadi, seperti tidak

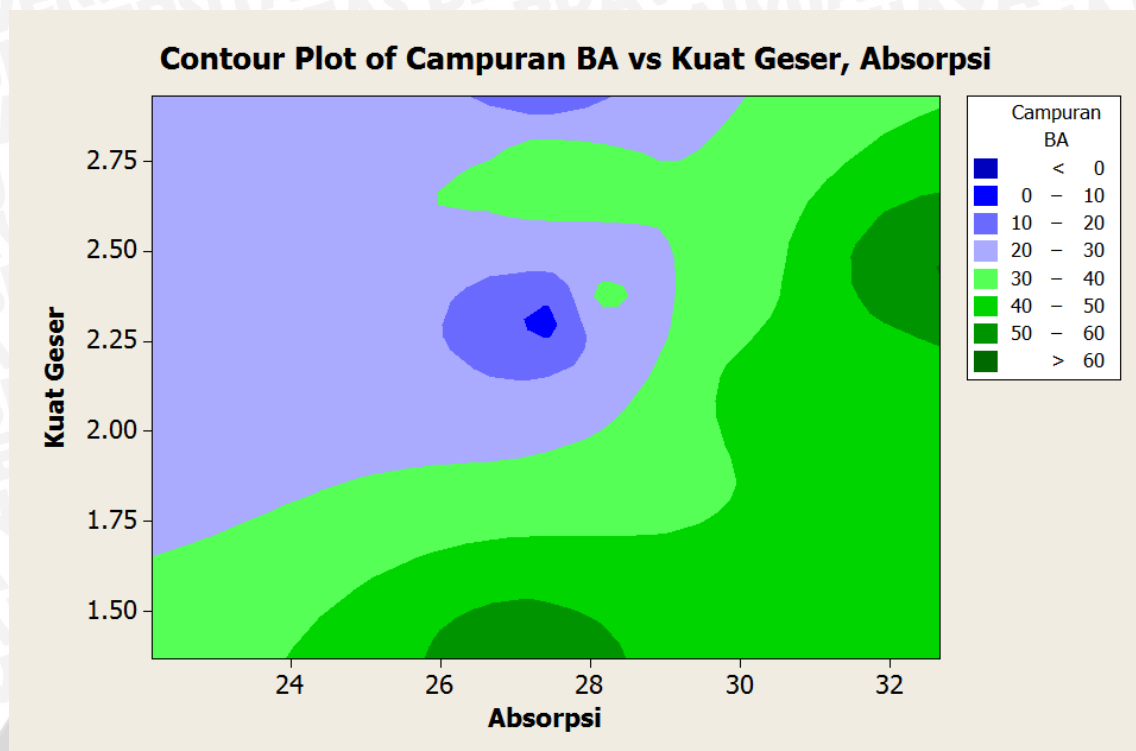
dihitungnya komposisi air saat pembuatan benda uji dan komposisi mortar yang terlalu kuat.

Berdasarkan uji statistik varian satu arah, didapatkan $F_{\text{tabel}} = 2,39$ lebih kecil daripada $F_{\text{hitung}} = 12,9873$. Sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak dan terdapat pengaruh persentase *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat geser. Untuk uji statistik regresinya didapatkan kurva dengan persamaan $y = -0,0125x + 2,6876$.

4.4.3 Hubungan Komposisi *Bottom Ash*, Absorpsi dan Kuat Geser Batu Bata



Gambar 4.22 Grafik Hubungan Komposisi *Bottom Ash*, Absorpsi, dan Kuat Geser



Gambar 4.23 Grafik Kontur Hubungan Komposisi *Bottom Ash*, Absorpsi, dan Kuat Geser

Grafik di atas menggambarkan hubungan antara komposisi *bottom ash*, absorpsi, dan kuat geser batu bata. Dapat dilihat bahwa nilai kuat geser cenderung berbanding terbalik dengan nilai absorpsi. Semakin besar komposisi *bottom ash* dalam campuran, nilai kuat geser semakin kecil, dan nilai absorpsi semakin besar.