

Analisis pada Mortar dengan Campuran Lusi, Tanah Sawah, Semen dan *Fly Ash* Ditinjau terhadap Kuat Tekan dan Resapan

Srie Subekti, Boedi Wibowo

Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya

Email: subektisrie@gmail.com, boewi_boy@yahoo.com

Abstract

In Porong area, Sidoarjo-East Java, Banjar Panji-well was leak because of PT Lapindo Brantas Inc.drilling, squirting warm mud longer than 8 meter at 29 Mei 2006. Every day it can bringing out 40.000 meter kubik oferflow warm mud wich stagnant vilage and some road Surabaya-Gempol KM 37 and KM 38. The big amount of Sidoarjo Mud will be use for mortar, which need soil farm and another addition for a stabilizer. Cement and fly ash has been used as variation of bound-material with variation compositon of mixing, which can increase the quality of the mortar. This preliminary study is hoped to gift an alternative solution of the used of Sidoarjo-Mud as a materials. As the result of the experiment, we get maximum depress at composition of 40% soil farm, 51% sidoarjo-mud and 9% of cement with about 32.54 kg/cm² of depress and 2,10% water absorb value.

Keywords: absorb quality, fly ash, stress strength, Sidoarjo mud, mortar and higher quality, soil farm, PC (portland cement).

Abstrak

Kawasan Porong Sidoarjo, Jawa Timur karena bocornya Sumur Banjar Panji akibat pengeboran oleh PT Lapindo Brantas Inc., menyemburkan lumpur panas setinggi delapan meter pada 29 Mei 2006. Sumur ini setiap harinya dapat mengeluarkan 40000 meter kubik lumpur panas yang menggenangi Desa dan jalan tol Surabaya-Gempol KM 37 dan KM 38. Lumpur Sidoarjo dan volume yang sangat besar itu akan dimanfaatkan sebagai mortar, untuk stabilitas diperlukan penambahan tanah sawah dan bahan pendukung lain. Penambahan semen dan *fly ash* sebagai bahan pengikat dengan variasi komposisi campuran tertentu diharapkan dapat meningkatkan mutu mortar. Diharapkan *study* awal ini mampu memberikan solusi mengenai efisiensi dan fungsi optimal dari penggunaan lumpur sidoarjo sebagai alternatif bahan bangunan. Dari hasil penelitian didapat bahwa, kuat tekan maksimum mortar pada campuran 40% tanah sawah 51% lumpur dan 9% semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 32,54 kg/cm² dan resapan air sebesar 2,10%.

Kata kunci: daya serap, *fly ash*, kuat tekan, lumpur sidoarjo, mortar dan peningkatan mutu, tanah sawah, PC (*Portland Cement*).

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kawasan Porong Sidoarjo, Jawa Timur karena bocornya Sumur Banjar Panji akibat pengeboran oleh PT Lapindo Brantas Inc., menyemburkan lumpur panas setinggi delapan meter pada 29 Mei 2006. Sumur ini setiap harinya dapat mengeluarkan 40.000 meter kubik lumpur panas yang menggenangi Desa

dan jalan tol Surabaya-Gempol KM 37 dan KM 38. Lumpur Sidoarjo dengan volume yang sangat besar itu akan dimanfaatkan sebagai penelitian studi awal dengan pembuatan mortar, untuk stabilitas diperlukan penambahan tanah sawah dan bahan pendukung lain. Penambahan semen dan *fly ash* sebagai bahan pengikat dengan variasi

komposisi tertentu diharapkan dapat meningkatkan mutu mortar.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai resapan minimum mortar dari variasi komposisi campuran lumpur sidoarjo, tanah sawah, *fly ash* dan semen yang memiliki kuat tekan maksimum. Serta untuk mendapatkan kuat tekan maksimum mortar dari campuran lumpur sidoarjo, tanah sawah, *fly ash* dan semen sesuai prosentase yang dirancang.

Dalam penelitian ini digunakan campuran Lumpur Sidoarjo, tanah sawah *Fly Ash* dan semen untuk pembuatan mortar. Semen yang digunakan adalah Semen Gresik tipe I. Sedangkan mortar yang dibuat dari campuran Lumpur Sidoarjo, tanah sawah, *fly ash* dan semen diuji kuat tekan sesuai dengan Standart Nasional Indonesia 15-2094-1991.

2. Metodologi

2.1. Lumpur Sidoarjo

Adapun karakteristik lumpur Sidoarjo ialah:

1. Karakteristik Fisik

Menurut Jogie dan Agung (Metcalf dan Eddy,1979) yaitu: *Grit Chamber*: Pada *Grit Chamber* biasanya terdiri dari endapan anorganik dan mengandung sedikit bahan organik.

2. Karakteristik Kimia

2.2. Tanah Sawah

Tanah sawah, lempung atau tanah liat menurut (Braja.1991), merupakan hasil pelapukan dari batuan keras, seperti

batuan basalt (batuan dasar), andesit dan granit (batuan besi). Tanah sawah yang digunakan adalah tanah sawah daerah Mojotamping yang biasa dibuat batu bata.

Tabel 1. Karakteristik Lumpur

PARAMETER	KONSENTRASI (%)
CaO	22.25
MgO	5.1
Fe ₂ O ₃	5.85
Al ₂ O ₂	16.8
SiO ₂	26.31
H ₂ O	22.16

Sumber: BPKI 2006

Tabel 2. Karakteristik Tanah Sawah

PARAMETER	KONSENTRASI (%)
CaO	26.44
MgO	5.56
SiO ₂	23.23
Al ₂ O ₂	14.46
FE ₂ O ₃	12.88
H ₂ O	17.4

Sumber: BPKI.2006

Sifat – Sifat Lempung

1. Sifat Plastis

Sifat plastis mudah dibentuk. Sifat plastis timbul bila lempung ditambah air pada kebutuhan tepat.

2. Kekuatan kering

Kekuatan kering timbul setelah lempung dikeringkan.

3. Susut kering

Dalam proses pembuatan batu bata, lempung ditambah dengan air agar menjadi plastis dan mudah dibentuk.

2.3. Semen Portland

Secara umum semen dapat didefinisikan

sebagai bahan organik yang mengeras bila pencampurannya dengan air. Sedangkan, menurut SII 0013-1981, Semen *Portland* adalah bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* (terak semen *portland*).

2.4. Fly Ash

Dalam *fly ash* mengandung beberapa komposisi kimia, antara lain seperti pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil Uji Fisik Semen Portland Type I

Senyawa Kimia	Prosentase (%)	SNI 15-2049-94	Ket
Silikon Dioksida (SiO ₂)	20.82	-	OK
Alumunium Oksida (Al ₂ O ₃)	5.56	-	OK
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)	3.76	-	
Kalium Oksida (CaO)	64.7	-	
Magnesium Oksida (MgO)	0.97	5%	
Sulfur Oksida (SO ₃)	2.3	3.50%	
Trikalsim Silikat (C ₃ S)	56.11	-	
Dikalsium Silikat (C ₂ S)	17.37	-	
Trikalsium Aluminat (C ₃ A)	8.34	-	
Tetrakalsium Aluminat Ferrit (C ₄ AlF)	11.52	-	

Sumber: PT. Smen Gresik

Dengan penambahan *Fly Ash* akan berakibat pada struktur beton, hal-hal sbb:

1. *Curing time* (umur 90 hari) laju reaksi *pozzolanic* pengikatan Ca(OH)₂ yang akan berinteraksi dengan CO₂ berkurang karena karbonasi terhambat. Menurut Aman Subekti (*mix* beton dasar) bahwa

curing time umur 90 hari dipakai untuk menentukan mutu tinggi dan karakteristik beton, dengan memodifikasi perbandingan komponen semen.

2. Menurunkan alkalinitas beton yang merupakan penyebab terjadinya korosi pada besi beton.

Tabel 4. Komposisi Kimia *Fly Ash*

PARAMETER	KONSENTRASI (%)
SiO ₂	52
Al ₂ O ₃	31.86
Fe ₂ O ₃	4.89
CaO	2.68
MgO	4.66

2.5. Air

Air yang digunakan untuk campuran mortar adalah air PDAM. Hasil uji fisik dan kimia air dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 yang dilakukan PT. Varia Usaha.

Tabel 5. Hasil Uji Fisik Air

Uji Fisik	Air PDAM Surabaya	PERMENKES RI No. 416/MENKES Per IX/90	Ket
Warna (unit Pt Co)	6.21	50	
Rasa	Tak Berasa	Tak Berasa	OK
Bau	Tak Berbau	Tak Berbau	OK
Kekeruhan (Skala NTU)	241	15-Jan	OK
Padatan Terlarut (ppm)	20	1000	OK
Jumlah Padatan	260	1500	OK

Sumber: Oktavia

2.6. Teori Mengenai Benda Uji Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002 mortar adalah suatu komposisi bahan yang

dibuat dari semen dan agregat halus yang dicampur dengan air.

1. Cara Pembuatan

Dalam pembuatan mortar pengadukan campuran dan pencetakan bisa dilakukan secara manual yaitu dengan tangan.

2. Syarat Mutu

a. Sifat Tampak

Mortar harus mempunyai bentuk yang sempurna yaitu kubus, tidak terdapat retak-retak dan cacat.

b. Bentuk dan Ukuran

Bentuk dan ukuran mortar adalah kubus dengan dimensi ukuran 5cm x 5cm x 5cm.

Tabel 6. Hasil Uji Kimia Air

Uji Kimia	Air		
	PDAM Surabaya	PBI 71	Ket
Calsium (CaCO ₃)	136.27	Max 500	OK
Magnesium (Mg)	9.65	Max 150	OK
Alkali	79.32	Max 500	OK
Natrium (Na)	-	-	OK
Kalium	-	-	OK
Bikarbonat	-	-	OK
Sulfat (SO ₄)	37.12	Max 400	OK
Chlorida (Cl)	37.94	Max 250	OK
Nitrat (NO ₃)	0.07	Max 10	OK
Carbonat	-	-	OK

Sumber: Oktavia

2.7. Pengujian Material Utama

Dalam menguji lumpur dan tanah sawah menggunakan pemeriksaan kadar air dengan Metode *Attenberg*. Metode *Attenberg* digunakan untuk mengetahui batas-batas konsistensi tanah berdasarkan kadar airnya (Braja. 1991),

Mekanika Tanah jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis, Erlangga, Jakarta, 1991). Terdiri dari:

a. Batas Cair (Liquid Limit—LL)

Adalah batas kadar air dimana tanah berubah dari keadaan cair ke keadaan plastis.

Menurut sumner yang didapatkan dari Djatmiko. 1997 perhitungannya adalah sebagai berikut;

Menentukan kadar air (Wc) data dari batas cair:

$$W_c = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W₁ = Berat cawan

W₂ = Berat cawan + Tanah basah

W₃ = Berat cawan + Tanah kering

b. Batas Plastis (Plastic Limit—PL)

Adalah batas kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis ke keadaan semi solid.

Perhitungan menurut Djatmiko. 1997:

$$PL = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W₁ = Berat cawan

W₂ = Berat cawan + Tanah basah

W₃ = Berat cawan + Tanah kering

c. Batas Susut (Shrinkage Limit—SL)

Adalah batas kadar air dimana tidak mengalami penambahan penyusutan dari volume tanah. Djatmiko. 1997 dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Batas susut (SL)} \omega - \left(\frac{V - V_o}{W_o} \times 100\% \right)$$

Dimana :

= Kadar air

V = Volume benda uji basah

Vo = Volume benda uji kering

Wo = Berat benda uji kering

2.8. Proses Pembuatan Benda Uji

1. Pengambilan Bahan Dasar

Lumpur yang diambil adalah lumpur yang mempunyai kadar air cukup tinggi.

2. Persiapan Pengolahan Bahan

Setelah kedua bahan dasar tersebut kering, lumpur yang sudah kering ditumbuk sampai halus kemudian diayak. Begitu juga dengan tanah sawah. Dalam pencampuran bahan, lumpur ditimbang sesuai komposisi dicampur dengan tanah sawah, kemudian dicampur semen dan *fly ash* sesuai komposisi. Bahan yang sudah tercampur rata sesuai dengan perbandingan komposisi yang diklasifikasikan menurut mutu yang telah disyaratkan dalam SNI 03-0691-1996, diaduk menggunakan tangan dengan menambahkan air sedikit demi sedikit sampai diperoleh campuran bahan yang homogen.

3. Pencetakan Benda Uji Mortar

Benda uji mortar dibuat berdasarkan SNI 03-00349-1989 dan SNI 0285-80. Dimensi mortar yang digunakan dalam penelitian ini (5 x 5 x 5) cm:

- Sebelum mortar dicetak, cetakan harus bersih dan diolesi oli.
- Tiga puluh detik setelah pengadukan campuran tadi dimasukkan dalam cetakan lapis per lapis sebanyak tiga lapis dan

setiap lapis dipadatkan dengan 25 kali rojokan.

- Ratakan permukaan mortar dengan cara ditekan dengan balok kayu yang dibuat sesuai ukuran permukaan cetakan mortar.
 - Diamkan mortar selama 20 jam sampai mortar mengeras.
 - Setelah benda uji mengeras, lepaskan dari cetakannya.
 - Penyimpanan dan perawatan benda uji mortar dilakukan dengan cara direndam dalam air.
- ### 4. Penyimpanan Benda Uji Mortar
- Penyimpanan atau perawatan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah, setelah cetakan dibuka, mortar direndam kedalam air.



Gambar 1. Pencampuran bahan dasar

2.9. Pengujian Resapan Benda Uji Mortar

Pengujian resapan benda uji mortar untuk mengetahui berapa besar pengaruh daya resap dari mortar pada umur 7, 14 dan 28 hari. Pengujian resapan mortar ukuran (5 x 5 x 5) cm dilaksanakan di Laboratorium Uji Beton

D3 Teknik Sipil – ITS.

$$\left[\frac{W_{\text{basah}} - W_{\text{Kering}}}{W_{\text{basah}}} \right] \times 100\%$$

2.10. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Mortar

Dengan menekan mortar arah vertikal dari atas dan bawah sampai benda uji hancur. Pengujian kuat tekan dilakukan di kampus DIII – Teknik Sipil ITS, dengan umur benda uji 7, 14 dan 28 hari.



Gambar 2. Uji tekan mortar

2.11. Analisis

Maksud dari pemeriksaan kuat tekan adalah untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji mortar. Penyerapan air adalah untuk mengetahui banyaknya air yang dapat diserap oleh mortar.

2.12. Kesimpulan

Dari hasil komposisi yang direncanakan diperoleh nilai kuat tekan maksimal dan nilai resapan minimal dari campuran lumpur sidoarjo, tanah sawah, *fly ash* dan semen, yang selanjutnya dipakai sebagai material alternatif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Test Attenberg

Tujuan dari dilakukan *Test Attenberg* adalah menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas susut.

1. Batas Cair (Liquid Limit—LL)

Menentukan kadar air (W_c) data dari batas cair.

$$W_c = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W_1 = Berat cawan

W_2 = Berat cawan + Tanah basah

W_3 = Berat cawan + Tanah kering

Tabel 7. Campuran 40% Lumpur + 60% Tanah Sawah

No	Test	1	2	3	4
1	No. cawan	23	100	4	27
2	Berat cawan (W_1)	47.9	48.9	33	35.5
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	88	79.3	72.4	64.5
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	72.1	64.1	57.5	50
5	Berat air (gram)	15.9	15.2	14.9	14.5
6	Berat tanah kering (gram)	24.2	25.3	24.5	26.3
7	Jumlah Pukulan (N)	12	19	27	40
8	Kadar air %	65.7	60.1	61	55.1

Didapat LL = 61.62 %

2. Batas Plastis (*Plastic Limit—PL*)

Menentukan kadar plastis (PL):

$$PL = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W_1 = Berat cawan

W_2 = Berat cawan + Tanah basah

W_3 = Berat cawan + Tanah kering

Tabel 8. Campuran 50% Lumpur + 50% Tanah Sawah

No	Test	1	2	3	4
1	No. cawan	17	10	7	5
2	Berat cawan (W_1)	48.1	50	48.8	39.4
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	88.2	89.8	87.6	79.7
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	72.2	74.2	72.5	64.3
5	Berat air (gram)	16	15.6	15.1	15.4
6	Berat tanah kering (gram)	24.1	24.2	23.7	24.9
7	Jumlah Pukulan (N)	18	20	37	45
8	Kadar air %	66.3	64.5	63.6	62

Didapat LL = 65.29 %

Tabel 9. Campuran 55% Lumpur + 45% Tanah Sawah

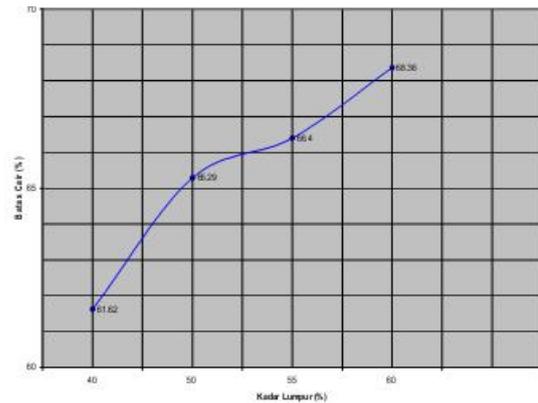
No	Test	1	2	3	4
1	No. cawan	15	1	9	3
2	Berat cawan (W_1)	40	48.6	36.8	50
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	80	87.8	76.8	89.9
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	64	72	61.3	74.4
5	Berat air (gram)	16	15.8	15.5	15.5
6	Berat tanah kering (gram)	24	23.4	24.5	24.4
7	Jumlah Pukulan (N)	13	17	34	44
8	Kadar air %	67	67.6	63.2	63.6

Didapat LL = 66.4 %

Tabel 10. Campuran 60% Lumpur + 40% Tanah Sawah

No	Test	1	2	3	4
1	No. cawan	17	5	7	10
2	Berat cawan (W_1)	47.1	39.4	48.1	50
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	86.1	79.6	88.2	90.1
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	70.7	63.5	72	74.2
5	Berat air (gram)	15.4	16.1	16.2	15.9
6	Berat tanah kering (gram)	23.6	24.1	23.9	24.2
7	Jumlah Pukulan (N)	17	20	30	41
8	Kadar air %	69.5	67	67.7	65.7

Didapat LL = 68.36 %



Gambar 3. Grafik hubungan antara batas cair dan lumpur

Tabel 11. Campuran 40% Lumpur + 60% Tanah Sawah

No	Test	1	2
1	No. cawan	16	3
2	Berat cawan (W_1)	48.1	48.7
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	72.1	71.7
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	53.6	65.5
5	Berat air (gram)	5.5	6.2
6	Berat tanah kering (gram)	18.5	16.8
7	Kadar air %	29.9	36.2

Tabel 12. Campuran 50% Lumpur + 50% Tanah Sawah

No	Test	1	2
1	No. cawan	24	36
2	Berat cawan (W_1)	50	40.5
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	72	63.2
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	67.5	57.6
5	Berat air (gram)	4.5	5.6
6	Berat tanah kering (gram)	17.5	17.1
7	Kadar air %	26.9	30.9

Tabel 13. Campuran 55% Lumpur + 45% Tanah Sawah

No	Test	1	2
1	No. cawan	5	36
2	Berat cawan (W_1)	132	40.5
3	Berat cawan + Tanah basah (W_2)	154	63.3
4	Berat cawan + Tanah kering (W_3)	149	58.4
5	Berat air (gram)	4.5	4.9
6	Berat tanah kering (gram)	17.4	17.9
7	Kadar air %	25.9	28.3

3. Batas Susut (Shrinkage Limit—SL) Menentukan Batas Susut (SL) :

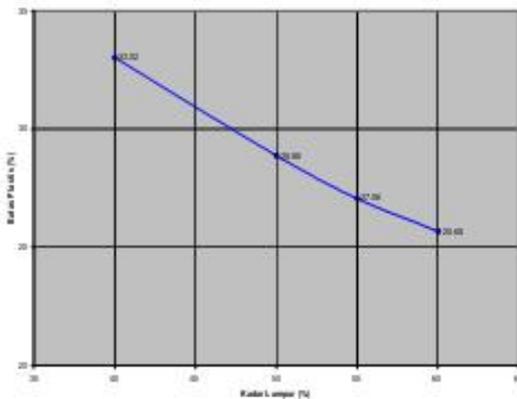
$$\text{Batas susut (SL)} = \omega - \left(\frac{V - V_o}{W_o} \times 100\% \right)$$

Dimana :

- = Kadar air
- V = Volume benda uji basah
- V_o = Volume benda uji kering
- W_o = Berat benda uji kering

Tabel 14. Campuran 60% Lumpur + 40% Tanah Sawah

No	Test	1	2
1	No. cawan	16	5
2	Berat cawan (W ₁)	48.1	132
3	Berat cawan + Tanah basah (W ₂)	70.4	154
4	Berat cawan + Tanah kering (W ₃)	66.2	150
5	Berat air (gram)	4.2	4.6
6	Berat tanah kering (gram)	18.1	17.8
7	Kadar air %	23.5	27.9



Gambar 4. Grafik hubungan antara batas plastis dan lumpur

Tabel 15. Campuran 40% Lumpur + 60% Tanah Sawah

No	Test	Hasil
1	No. Cawan logam	A2
2	Berat cawan logam (W1)	16
3	Berat cawan + Hg sudah diratakan	258
4	Berat cawan + tanah basah (W2)	43.5
5	Berat cawan + tanah kering (W3)	30.8
6	Kadar air (%)	85.8
7	Berat Hg yang dipindahkan (basah)	242
8	Berat Hg yang dipindahkan (kering)	176
9	Volume basah (V)	17.8
10	Volume kering (Vs)	12.9
11	Batas susut	53

Tabel 16. Campuran 50% Lumpur + 50% Tanah Sawah

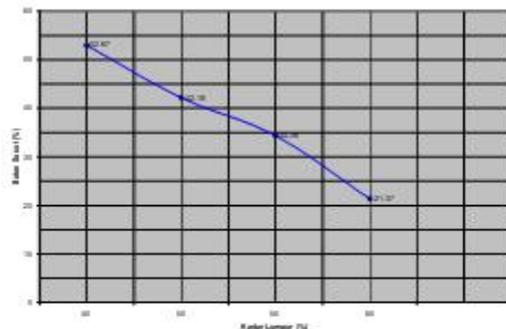
No	Test	Hasil
1	No. Cawan logam	K1
2	Berat cawan logam (W ₁)	19
3	Berat cawan + Hg sudah diratakan	244
4	Berat cawan + tanah basah (W ₂)	47
5	Berat cawan + tanah kering (W ₃)	36
6	Kadar air (%)	61.7
7	Berat Hg yang dipindahkan (basah)	225
8	Berat Hg yang dipindahkan (kering)	173
9	Volume basah (V)	16.5
10	Volume kering (Vs)	12.7
11	Batas susut	42.2

Tabel 17. Campuran 55% Lumpur + 45% Tanah Sawah

No	Test	Hasil
1	No. Cawan logam	B3
2	Berat cawan logam (W ₁)	18.7
3	Berat cawan + Hg sudah diratakan	243
4	Berat cawan + tanah basah (W ₂)	45
5	Berat cawan + tanah kering (W ₃)	35
6	Kadar air (%)	61.4
7	Berat Hg yang dipindahkan (basah)	224
8	Berat Hg yang dipindahkan (kering)	165
9	Volume basah (V)	16.5
10	Volume kering (Vs)	12.1
11	Batas susut	34.4

Tabel 18. Campuran 60% Lumpur + 40% Tanah Sawah

No	Test	Hasil
1	No. Cawan logam	30
2	Berat cawan logam (w1)	25
3	Berat cawan + Hg sudah diratakan	275
4	Berat cawan + tanah basah (w2)	55
5	Berat cawan + tanah kering (w3)	44.5
6	Kadar air (%)	53.9
7	Berat Hg yang dipindahkan (basah)	250
8	Berat Hg yang dipindahkan (kering)	124
9	Volume basah (V)	18.4
10	Volume kering (Vs)	10.1
11	Batas susut	21.4



Gambar 5. Grafik hubungan antara batas susut dan lumpur

4. *Plasticity Index (PI)*

Indeks plastisitas (IP) adalah selisih batas cair dan batas plastis.

Tabel 19. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
		Lempung berlanau	Kohesif
17-19	Plastisitas sedang	lempung	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	lempung	Kohesif

Sumber: Hary Chritady Hardiyanto, 1992

Tabel 20. Nilai IP dari Komposisi Campuran

Komposisi Campuran	IP (%)
40% Lusi + 60 % T. Sawah	28.6
50% Lusi + 50 % T. Sawah	36.41
55% Lusi + 45 % T. Sawah	39.34
60% Lusi + 40 % T. Sawah	42.68

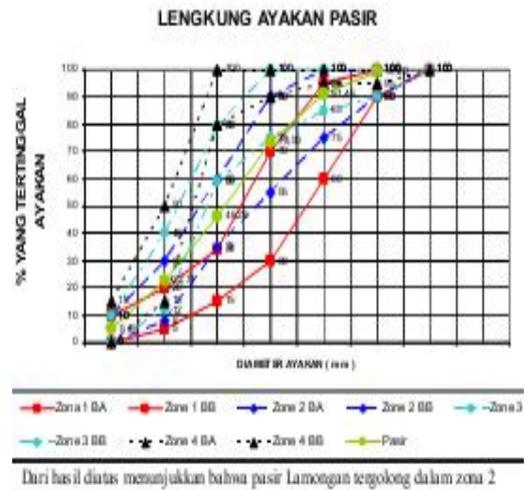
Batas-batas *Atterberg* berguna untuk identifikasi dan klasifikasi tanah. Dari percobaan *Atterberg* diperoleh garis besar sifat tanah yang bersangkutan. Tanah yang memiliki batas cair tinggi yaitu daya dukung tanah rendah, pemampatan tinggi dan sulit memadatkan.

3.2. Analisa Ayakan

1. Analisa Ayakan Pasir Lamongan

Tabel 21. Hasil Analisa Ayakan Pasir Lamongan

Diameter Ayakan	Pasir 1000 gram			
	mm	gram	%	E %
4.76	0	0	0	0
2.38	8	0.8	0.8	0.8
1.19	77.4	7.74	8.54	8.54
0.59	452	45.2	53.72	53.72
0.3	236	23.6	77.29	77.29
0.15	175	17.5	94.81	94.81
0	51.9	5.19	100	100
Jumlah	1000	100	335.2	
		Fkr =	3.35	



Gambar 6. Hasil uji fisik ayakan pasir Lamongan

2. Analisa Ayakan Lusi

Tabel 22. Hasil Uji Fisik Ayakan Lusi

Diameter Ayakan	Lusi 1000 gram			
	mm	gram	%	E %
4.76	22.1	2.21	2.21	2.21
2.38	95.3	9.53	11.7	11.7
1.19	157	15.7	27.4	27.4
0.59	255	25.5	52.9	52.9
0.3	309	30.9	83.8	83.8
0.15	99.1	9.91	93.7	93.7
0	63.1	6.31	100	100
Jumlah	1000	100	372	
		Fkr =	3.72	



Gambar 7. Hasil uji fisik ayakan lusi

3. Analisa Ayakan Tanah Sawah

Tabel 23. Hasil Uji Fisik Ayakan Tanah Sawah

Diameter Ayakan mm	Tanah Sawah 1000 gram		
	gram	%	E %
4.76	10.9	1.09	1.09
2.38	119	11.9	13.02
1.19	180	18	30.98
0.59	273	27.3	58.25
0.3	266	26.6	84.88
0.15	82.9	8.29	93.17
0	68.3	6.83	100
Jumlah	1000	100	381.39
		Fkr =	3.81



Dari hasil diatas menunjukkan bahwa tanah sawah tergolong dalam zona 2

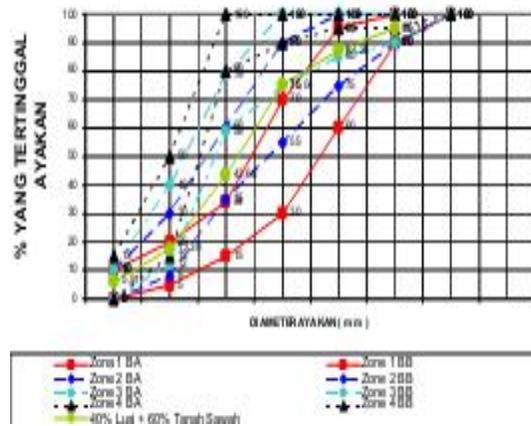
Gambar 8. Hasil uji fisik ayakan tanah sawah

4. Analisa Ayakan 40% lusi+60% tanah sawah

Tabel 24. Hasil Uji Fisik Ayakan Campuran 40% : 60%

Diameter Ayakan mm	Camp Komposisi 1000 gram		
	gram	%	E %
4.76	48.8	4.88	4.88
2.38	78.6	7.86	12.74
1.19	122	12.2	24.96
0.59	314	31.4	56.32
0.3	263	26.3	82.61
0.15	115	11.5	94.09
0	59.1	5.91	100
Jumlah	1000	100	375.6
		Fkr =	3.76

LENGKUNG AYAKAN 40% LUSI + 60% T. SAWAH



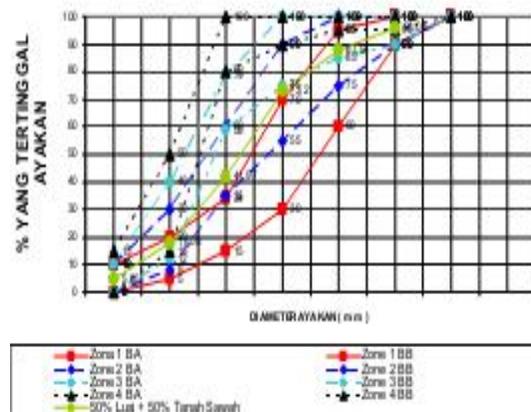
Gambar 9. Hasil uji fisik ayakan 40% : 60%

5. Analisa Ayakan 50% lusi+50% tanah sawah

Tabel 25. Hasil Uji Fisik Ayakan Campuran 50% : 50%

Diameter Ayakan mm	Camp Komposisi 1000 gram		
	gram	%	E %
4.76	39.7	3.97	3.97
2.38	80.9	8.09	12.06
1.19	147	14.7	26.79
0.59	312	31.2	58.03
0.3	139	13.9	81.92
0.15	130	13	94.95
0	50.5	5.05	100
Jumlah	1000	100	377.72
		Fkr =	3.78

LENGKUNG AYAKAN 50% LUSI + 50% T. SAWAH

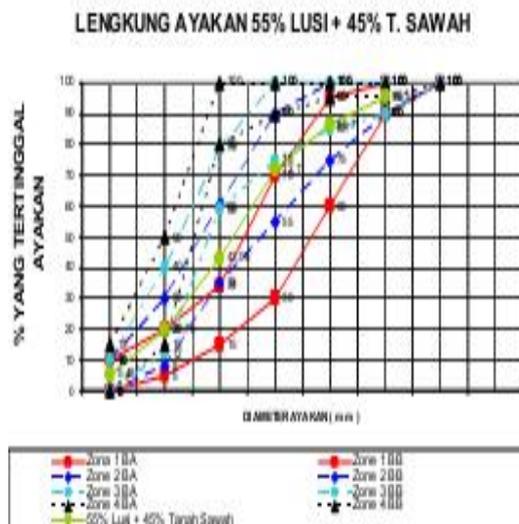


Gambar 10. Hasil uji fisik ayakan campuran 50% : 50%

6. Analisa Ayakan 55% lusi+45% tanah sawah

Tabel 26. Hasil Uji Fisik Ayakan Campuran 55% : 45%

Diameter Ayakan mm	Camp Komposisi 1000 gram		
	gram	%	E %
4.76	44.8	4.48	4.48
2.38	88.1	8.81	13.29
1.19	146	14.6	27.89
0.59	290.5	29.1	56.94
0.3	233	23.3	80.24
0.15	142.8	14.3	94.52
0	54.8	5.48	100
Jumlah	1000	100	377.36
		Fkr =	3.77



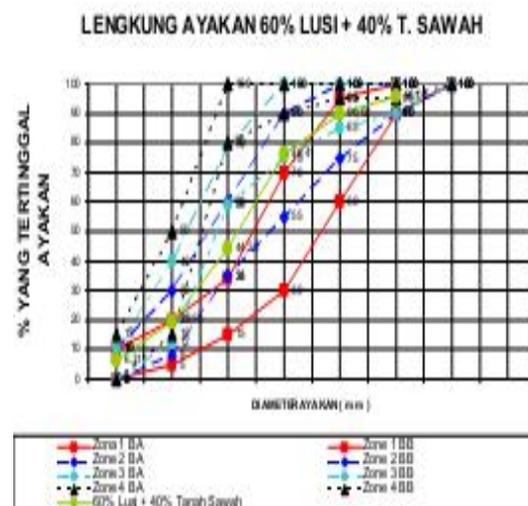
Gambar 11. Hasil uji fisik campuran 55% : 45%

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa Campuran 55% Lusi + 45% Tanah Sawah tergolong dalam zona 2.

7. Analisa Ayakan 60% lusi+40% tanah sawah

Tabel 27. Hasil Uji Fisik Ayakan Campuran 60% : 40%

Diameter Ayakan mm	Camp Komposisi 1000 gram		
	gram	%	E %
4.76	39.6	3.96	3.96
2.38	60.2	6.02	9.98
1.19	136	13.6	23.59
0.59	322	32.2	55.77
0.3	247	24.7	80.42
0.15	133	13.3	93.69
0	63.1	6.31	100
Jumlah	1000	100	367.41
		Fkr =	3.67



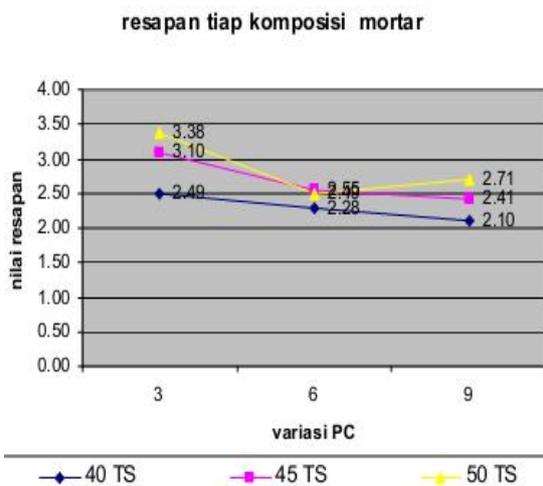
Gambar 12. Hasil uji fisik ayakan campuran 60% : 40%

3.3 Analisa Test Uji Resapan Mortar

1. Mortar Dengan Komposisi Semen Murni

Tabel 28. Hasil Resapan Mortar

Komposisi (%)	Berat		Resapan (%)
	Basah (gr)	Kering (gr)	
40TS + 57LUSI + 3PC	208.7	203.5	2.49
40TS + 54LUSI + 6PC	206	201.3	2.28
40TS + 51LUSI + 9PC	207.3	202.95	2.1
45TS + 52LUSI + 3PC	208.36	201.91	3.1
45TS + 49LUSI + 6PC	208	202.69	2.55
45TS + 46LUSI + 9PC	205.6	200.65	2.41
50TS + 47LUSI + 3PC	207.2	200.2	3.38
50TS + 44LUSI + 6PC	205.8	200.68	2.49
50TS + 41LUSI + 9PC	206.8	201.19	2.71



Gambar 13. Hubungan resapan pada mortar umur 28 hari dengan komposisi PC

- a. Memperhatikan tabel 28 dan grafik 23 diperoleh variasi campuran bahan baku dasar tanah sawah 40%. Untuk variasi 40 TS + 57 LUSI + 3 PC pada umur 28 hari diperoleh hasil resapan air pada mortar sebesar 2.49%. Sedangkan untuk variasi 40 TS + 54 LUSI + 6 PC pada umur 28 hari diperoleh hasil resapan air sebesar 2.28%. Dan untuk variasi 40 TS + 51 LUSI + 9 PC pada umur 28 hari diperoleh hasil resapan air adalah sebesar 2.10%.
- b. Variasi campuran dengan dasar tanah sawah sebesar 45% dengan variasi 45 TS + 52 LUSI + 3 PC, pada umur 28 hari didapat resapan air pada mortar sebesar 3.10%, sedangkan untuk variasi 45 TS + 49 LUSI + 6 PC pada umur 28 hari didapat resapan air sebesar 2.55%, dan untuk variasi campuran 45 TS + 46 LUSI + 9 PC pada umur 28 hari didapat resapan air sebesar 2.41%.
- c. Variasi campuran dengan dasar tanah

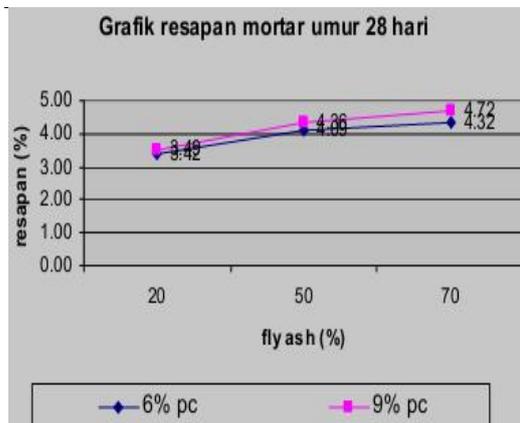
sawah sebesar 50%, pada variasi 50 TS + 47 LUSI + 3 PC pada umur 28 hari didapat resapan air pada mortar sebesar 3.38%, sedangkan untuk variasi 50 TS + 44 LUSI + 6 PC pada umur 28 hari didapat banyak resapan air sebesar 2.49%, dan untuk variasi 50 TS + 41 LUSI + 9 PC pada umur 28 hari didapat resapan air sebesar 2.71%.

- d. Dapat disimpulkan bahwa daya resap air pada mortar dipengaruhi beberapa faktor, yakni dipengaruhi prosentase tanah sawah; semakin banyak tanah sawah akan semakin banyak air yang diserap mortar, selain itu dipengaruhi banyaknya PC pada mortar; semakin banyak PC pada mortar akan berbanding terbalik pada penyerapan air, semakin banyak PC maka semakin sedikit air yang terserap mortar. Setelah menganalisa hasil diatas didapat bahwa semakin sedikit PC dan semakin banyak tanah sawah akan semakin banyak resapan pada mortar, sedangkan semakin banyak PC dan semakin sedikit tanah sawah maka penyerapan air semakin sedikit. Variasi komposisi yang tepat adalah 40 TS + 54 LUSI + 6 PC dan 40 TS + 51 LUSI + 9 PC.
2. Mortar Dengan Komposisi Semen dan Penambahan *Fly Ash*
 - a. Tabel 29 dan grafik 14 menunjukkan gambaran variasi campuran bahan baku dan substitusi semen dengan fly ash sebesar 20% dengan komposisi variasi 40TS + 54LUSI + 4.8PC + 1.2FA pada umur 28 hari diperoleh hasil resapan

air pada mortar sebesar 3.42%. Sedangkan untuk variasi 40TS + 51LUSI + 7.2PC + 1.8FA pada umur 28 hari diperoleh hasil resapan air sebesar 3.49%. Variasi campuran dengan komposisi substitusi semen dengan fly ash sebesar 50% dengan komposisi 40TS + 54LUSI + 3PC + 3FA, pada umur 28 hari didapat resapan air pada mortar sebesar 4.09%, sedangkan untuk variasi 40TS + 51LUSI + 4.5PC + 4.5FA pada umur 28 hari didapat resapan air sebesar 4.36%.

Tabel 29. Komposisi Semen dan Penambahan Fly Ash

Komposisi (%)	Berat		Resapan (%)
	Basah (gr)	Kering (gr)	
40TS + 54LUSI + 4.8PC + 1.2FA	210.7	203.5	3.42
40TS + 51LUSI + 7.2PC + 1.8FA	209.62	202.3	3.49
40TS + 54LUSI + 3PC + 3FA	209.53	200.95	4.09
40TS + 51LUSI + 4.5PC + 4.5FA	211.42	202.21	4.36
40TS + 54LUSI + 1.8PC + 4.2FA	209.75	200.69	4.32
40TS + 51LUSI + 2.7PC + 6.3FA	210.6	200.65	4.72



Gambar 14. Grafik hubungan resapan pada mortar dengan penambahan fly ash umur 28 hari

- c. Variasi campuran substitusi semen dengan fly ash 70%, pada variasi 40TS + 54LUSI + 1.8PC + 4.2FA pada umur 28 hari didapat resapan air pada mortar sebesar 4.32%, sedangkan variasi 40TS + 51LUSI + 2.7PC + 6.3FA pada umur 28 hari didapat resapan air sebesar 4.72%.
- d. Semakin banyak PC pada mortar semakin sedikit air yang terserap mortar dan semakin banyak fly ash akan semakin banyak air yang terserap mortar. Setelah menganalisa hasil diatas didapat bahwa semakin sedikit PC dan semakin banyak fly ash akan semakin banyak resapan mortar, sedangkan semakin banyak PC dan semakin sedikit fly ash maka penyerapan air pada mortar akan semakin sedikit.

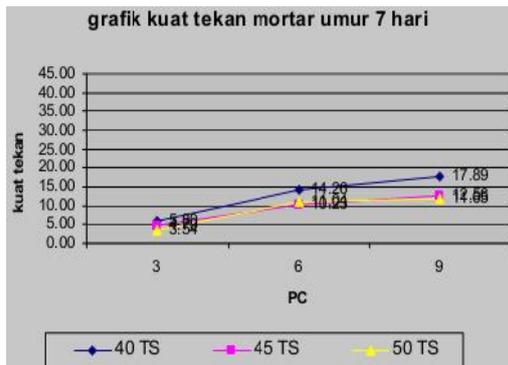
3.4. Analisa Test Uji Kuat Tekan Mortar

Dari semua data yang diterima didapat hasil kuat tekan mortar pada umur 7, 14, 28 hari sebagai berikut:

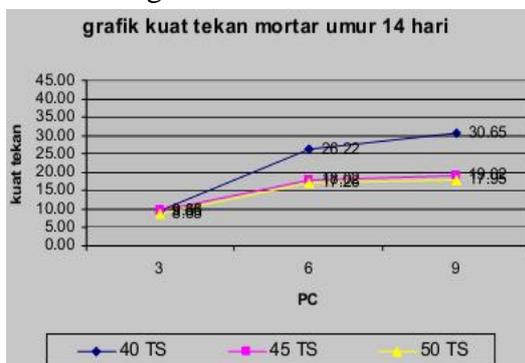
1. Mortar Dengan Komposisi Semen Murni

Tabel 30. Hasil Kuat Tekan Uji Mortar dengan Semen Murni

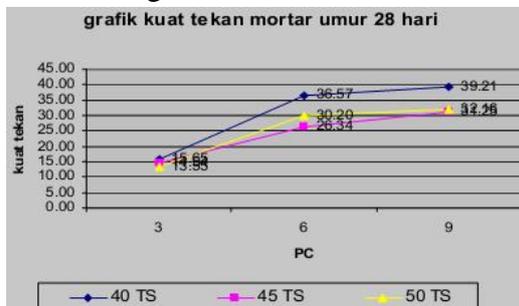
Perbandingan Material			Kuat Tekan Kg/Cm		
Lusi (gr)	PC(gr)	Tnh Swh (gr)	7 hr	14 hr	28 hr
570	30	400	5.80	7.25	10.4
540	60	400	14.26	16.25	25.3
510	90	400	17.89	20.05	32.5
520	30	450	4.70	7.32	9.58
490	60	450	10.23	13.24	22.6
460	90	450	12.56	15.89	25.4
470	30	500	3.54	6.20	8.74
440	60	500	11.04	13.47	23.5
410	90	500	11.65	14.25	24.5



Gambar 15. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan umur 7 hari



Gambar 16. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan umur 14 hari



Gambar 17. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan umur 28 hari



Gambar 18. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan umur 7, 14 dan 28 hari

Untuk membaca analisa kuat tekan kita perhatikan tabel 30, gambar 15, gambar 16, gambar 17 dan gambar 18 dimana kita bisa hubungkan analisa antara kuat tekan benda uji dengan umur mortar. Untuk kuat tekan benda uji kita buat umur 7, 14, dan 28 hari dengan komposisi campuran:

40 TS + 57 LS + 3 PC

40 TS + 54 LS + 6 PC

40 TS + 51 LS + 9 PC

45 TS + 52 LS + 3 PC

45 TS + 49 LS + 6 PC

45 TS + 46 LS + 9 PC

50 TS + 47 LS + 3 PC

50 TS + 44 LS + 6 PC

50 TS + 41 LS + 9 PC

- Komposisi campuran 40TS + 57LS + 3PC memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 5,80 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 7,25 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan umur 28 hari sebesar 10,35 Kg/Cm².
- Komposisi 40TS + 54LS + 6PC memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 14,26 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 16,25 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan 28 hari sebesar 25,32 Kg/Cm².
- Penambahan 40TS + 51LS + 9PC memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 17,89 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 20,05 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan 28 hari sebesar 32,54 Kg/Cm².
- Penambahan 45TS + 52LS + 3PC memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 4,70 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 7,32 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan umur

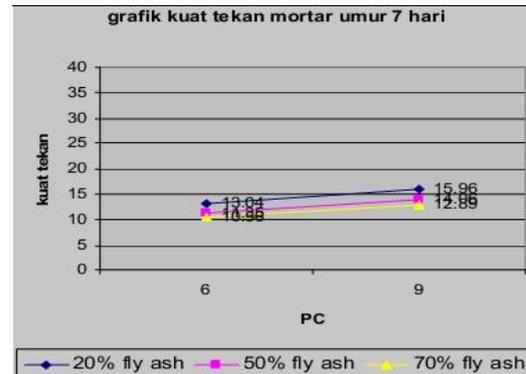
- 28 hari sebesar 9,58 Kg/Cm².
- e. Komposisi 45TS + 49LS + 6PC memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 10,23 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 13,24 Kg/Cm² dan nilai kuat tekan 28 hari sebesar 22,56 Kg/Cm².
 - f. Penambahan 45TS + 46LS + 9PC memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 12,56 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 15,89 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 25,36 Kg/Cm².
 - g. Komposisi campuran 50TS + 47LS + 3PC memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 3,54 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 6,20 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan umur 28 hari sebesar 8,74 Kg/Cm².
 - h. Komposisi 50TS + 44LS + 6PC memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 11,04 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 13,47 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan 28 hari sebesar 23,54 Kg/Cm².
 - i. Penambahan 50TS + 41LS + 9PC memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 11,65 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 14,25 Kg/Cm², dan nilai kuat tekan 28 hari sebesar 24,52 Kg/Cm².

Dari analisa diatas dapat disimpulkan bahwa semakin lama perendaman maka semakin solid pengikatan semen yang dapat mengakibatkan kuat tekan yang semakin tinggi pula.

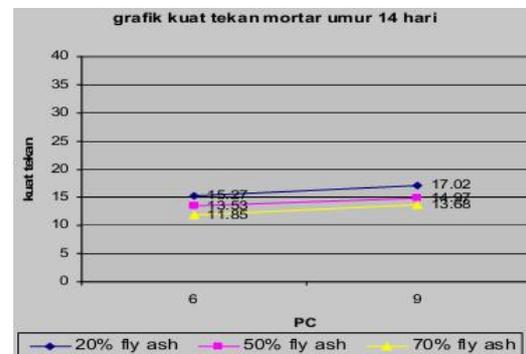
2. Mortar Dengan Komposisi Semen dan Penambahan Fly Ash

Tabel 31. Komposisi Semen dan Penambahan Fly Ash

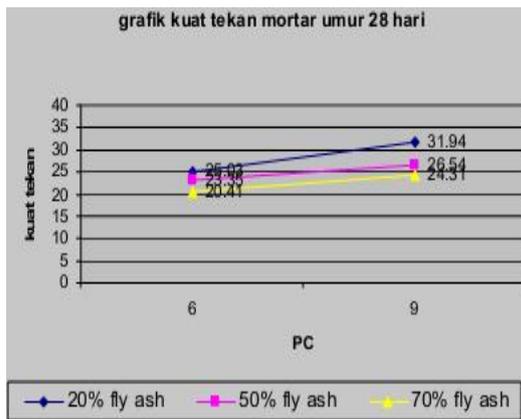
Komposisi (%)	Perbandingan Material			Kuat Tekan Kg/Cm		
	Lusi (gr)	TS (gr)	PC+FA (gr)	7 hr	14 hr	28 hr
40 TS + 54 LUSI + 4.8 PC + 1.2 FA	540	400	48 12	13	15.3	25
40 TS + 51 LUSI + 7.2 PC + 1.8 FA	510	400	72 18	16	17	31.9
40 TS + 54 LUSI + 3 PC + 3 FA	540	400	30 30	11.4	13.5	23.4
40 TS + 51 LUSI + 4.5 PC + 4.5 FA	510	400	45 45	14.1	15	26.5
40 TS + 54 LUSI + 1.8 PC + 4.2 FA	540	400	18 42	10.6	11.9	20.4
40 TS + 51 LUSI + 2.7 PC + 6.3 FA	510	400	27 63	12.9	13.7	24.3



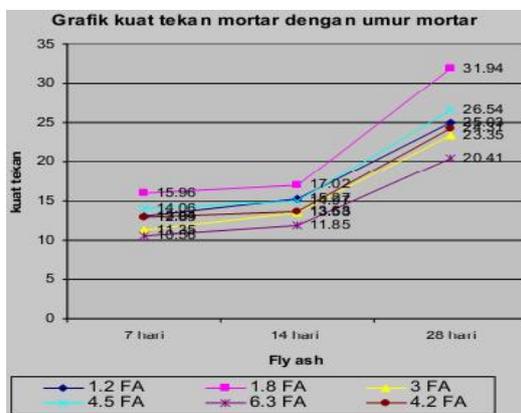
Gambar 19. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash umur 7 hari



Gambar 20. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash umur 14 hari



Gambar 21. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash umur 28 hari



Gambar 22. Grafik hubungan kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash umur 7, 14 dan 28 hari

Untuk membaca analisa kuat tekan kita perhatikan tabel 31, Gambar 19, gambar 20 dan gambar 21 dimana kita bisa hubungkan analisa antara kuat tekan benda uji dengan umur mortar. Untuk kuat tekan benda uji kita buat umur 7,14 dan 28 hari dengan komposisi campuran:

Substitusi semen 20%:

40TS + 54LS + 4.8PC + 1.2FA

40TS + 51LS + 7.2PC + 1.8FA

Substitusi semen 50%:

40TS + 54LS + 3PC + 3FA

40TS + 51LS + 4.5PC + 4.5 FA

Substitusi semen 70%:

40TS + 54LS + 1.8PC + 4.2 FA

40TS + 51LS + 2.7PC + 6.3 FA

- Pada komposisi campuran 40TS + 54LS + 4.8PC + 1.2FA memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 13.04 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 15.27Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 25.03 Kg/Cm².
- Komposisi 40TS + 51LS + 7.2PC + 1.8FA memiliki kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 15.96 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 17.02 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 31.94 Kg/Cm².
- Penambahan 40TS + 54LS + 3PC + 3FA memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 11.35 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 13.53 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 23.35 Kg/Cm².
- Penambahan 40TS + 51LS + 4.5PC + 4.5 FA memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 14.06 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 14.97 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 26.54 Kg/Cm².
- Komposisi 40TS + 54LS + 1.8PC + 4.2 FA memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 10.56 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 11.85 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 20.41 Kg/Cm².
- Penambahan 40TS + 51LS + 2.7PC + 6.3 FA memiliki kuat tekan umur 7 hari sebesar 12.89 Kg/Cm², nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 13.68 Kg/Cm² dan kuat tekan umur 28 hari sebesar 24.31 Kg/Cm².

4. Simpulan

1. Dari data hasil tes uji kuat tekan komposisi semen murni diatas maka:
 - Didapat hasil kuat tekan maksimum mortar pada campuran 40%TS : 51% LS : 9%PC pada umur 28 hari sebesar 32.54 kg/cm² dan nilai resapan sebesar 2.10%, cocok digunakan sebagai genteng ringan, paving mutu rendah, beton ringan
 - Didapat hasil kuat tekan minimum mortar pada campuran 50%TS : 47% LS : 3%PC pada umur 28 hari sebesar 8.74 kg/cm² dan nilai resapan sebesar 3.38%.
2. Analisa test uji kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash sebagai substitusi semen adalah:
 - Kuat tekan tertinggi dicapai pada komposisi 40%TS : 51%LS : 7.2%PC : 1.8FA sebesar, 31.94 kg/cm² dan nilai resapan sebesar 3.49%.
 - Kuat Tekan terendah dicapai pada komposisi 40%TS : 54%LS : 1.8%PC : 4.2 %FA yaitu sebesar 20.41 kg/cm² dan nilai resapan sebesar 4.32%.
 - Semakin besar variabel PC dan semakin kecil variabel FA, maka semakin besar pula kuat tekan yang didapat.

Daftar Pustaka

- Braja M.Das. terjemahan Noor Endah, Mochtar Indrasurya B. 1991. *Mekanika Tanah jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Mochamad Syaifudin, Yala N Wahyu, ITS. 2007. *Pengaruh Abu Batu Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Resapan Dalam Pembuatan Paving Block*. Surabaya.
- Nurakumala Arya, ITS, Evaluasi Kuat Tekan. 2007. *Resapan Mortar Dari Lumpur PDAM Karang Pilang Sebagai Study Awal Batu Bata Non-Bakar*, Surabaya.
- Rifai Bachtiar, Mahardika Lendi, ITS. 2007. *Pembuatan Batu Bata Dari Lumpur Sidoarjo Dengan Variasi Penambahan Tanah Sawah Dan Abu Ampas Tebu*. Surabaya.
- Suadun Jogie, Setiantoro Agung, ITS. 2007. *Pembuatan Batu Bata Dan Limbah Lumpur Lapindo Dengan Penambahan Tanah Sawah*. Surabaya.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0285-80. 1980. *Mutu dan cara uji Bata Beton Berlubang*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0096-1995. 1995. *Mutu dan Cara Uji Genteng Beton*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2531-1991. 1991. *Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996. 1996. *Bata Beton Untuk Lantai (Paving Block)*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-0302-1999. 1999. *Semen Portland Pozolan*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6825-2002. 2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Departemen Perindustrian Indonesia.

Standar Industri Indonesia (SII) 0284-80. 1980. *Mutu Dan Cara Uji Bata Beton Pejal*. Departemen Perindustrian Indonesia.