

191/FT.EKS.01/SKRIP/06/2011



**UNIVERSITAS INDONESIA**

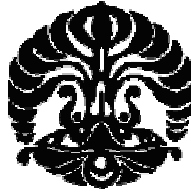
**KUAT TEKAN, DENSITY, ABSORPSI DAN MODULUS ELASTISITAS  
MORTAR CAMPURAN SEMEN, ABU SEKAM PADI, DAN PRECIOUS SLAG  
BALL DENGAN PERBANDINGAN 30%:20%:50%**

**SKRIPSI**

**GILANG WIBOWO AJI  
0806.369.373**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
MEI 2011**

191/FT.EKS.01/SKRIP/06/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**KUAT TEKAN, DENSITY, ABSORPSI DAN MODULUS ELASTISITAS  
MORTAR CAMPURAN SEMEN, ABU SEKAM PADI, DAN PRECIOUS  
SLAG BALL DENGAN PERBANDINGAN 30%:20%:50%**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**GILANG WIBOWO AJI  
0806.369.373**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
MEI 2011**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi Ini Adalah Hasil Karya Saya Sendiri,  
Dan Semua Sumber Baik Yang Dikutip Maupun Dirujuk  
Telah Saya Nyatakan Dengan Benar.**

**Nama : Gilang Wibowo Aji**

**NPM : 0806369373**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 15 Mei 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini Diajukan Oleh :  
Nama : Gilang Wibowo Aji  
NPM : 0806.369.373  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Kuat Tekan, Density, Absorpsi Dan Modulus  
Elastisitas Mortar Campuran Semen, Abu Sekam  
Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan  
Perbandingan 30%; 20%; 50%

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

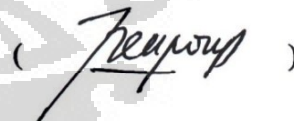
Pembimbing I : Ir. Essy Ariyuni, Ph.D



Penguji I : Ir. Sjahril A.Rahim, M.Eng



Penguji II : Dr. Ir. Heru Purnomo



Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 15 Mei 2011

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, ridho, dan karunia-Nya, akhirnya dengan segenap usaha dan kerja keras penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat kelulusan Program Pendidikan Sarjana Ekstensi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia (PPSE-DTS-FTUI).

Dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, baik materiil maupun spirituil dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini kami menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya.
2. Teristimewa, kepada Kedua Orang Tua ku tercinta yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual kepadaku, sehingga aku dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Ir. Essy Ariyuni PhD selaku dosen pembimbingku, yang telah memberikan banyak masukan dan nasehat sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai.
4. Pak Bibin dan keluarga beserta staff PT. Hakiki yang banyak membantuku dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Prof. Irwan Katili selaku Kepala Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
6. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng. selaku dekan (FTUI) Fakultas Teknik Universitas.
7. Dr. Ir Damrizal Damoerin selaku Pembimbing Akademik selama kuliah.
8. Semua staff laboratorium Universitas Indonesia (Pak Apri, Pak Supri, dll), dosen-dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia (DTS-FTUI) yang banyak membantu dalam memberi ilmu dan masukan baik selama kuliah maupun skripsi ini sendiri yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

9. Tata Usaha Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia (DTS-FTUI) yang banyak membantu dalam seminar dan sidang, yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
10. Teman-teman seperjuanganku dalam skripsi ini, Abdul Latif, Ayu Sulastri, Nigoskatis Anagyagos, Gideon Oktavian Bangun, Paksi Aan Suryadi, Rijal Hasan dan Bayu Andiska, yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
11. Semua teman-teman sekelas Teknik Sipil Ekstensi 2008 FTUI yang satu perjuangan dan satu penderitaan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
12. Pihak-pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan naskah Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 15 Mei 2011



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gilang Wibowo Aji  
NPM : 0806.369.373  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**KUAT TEKAN, DENSITY, ABSORPSI DAN MODULUS ELASTISITAS  
MORTAR CAMPURAN SEMEN, ABU SEKAM PADI, DAN PRECIOUS  
SLAG BALL DENGAN PERBANDINGAN 30%; 20%; 50%**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 15 Mei 2011  
Yang Menyatakan



(Gilang Wibowo Aji)

## ABSTRAK

Nama : Gilang Wibowo Aji  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Kuat Tekan, Density, Absorpsi dan Modulus Elastisitas Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan Perbandingan 30%:20%:50%.

Sifat mekanik mortar yang terdiri dari Kuat Tekan, Densitas, Absorpsi dan Modulus Elastisitas merupakan sifat utama yang sangat penting bagi mortar dalam penggunaan sebagai bahan konstruksi. Seiring dengan sumber daya alam yang terus berkurang, maka bahan untuk membentuk mortar pun dapat diganti dengan bahan buangan limbah pertanian dan baja, yang secara kualitas tidak kalah dengan bahan pengganti agregat halus (pasir). Adapun bahan pengisi yang digunakan adalah abu sekam padi (ASP) dan *precious slag ball* (PSB). Penelitian ini terdiri dari 2 komposisi, yaitu komposisi 30% PCC dan 70% PSB dan komposisi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB dan memakai 2 type semen. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh mortar dengan kuat tekan komposisi 1: 79.074 MPa dan 79.960 MPa dan kuat tekan komposisi 2: 14.99 MPa dan 15.95 MPa, densitas komposisi 1: 2,811 gram/cm<sup>3</sup> dan 2,781 gram/cm<sup>3</sup> dan densitas komposisi 2: 1,848 gram/cm<sup>3</sup> dan 1,907 gram/cm<sup>3</sup>, absorpsi komposisi 1: 7.2, 10.8, 27.76, 36 gram/100cm<sup>2</sup> dan 8.8, 18, 36.4, 47.2 gram/100cm<sup>2</sup>, dan absorpsi komposisi 2: 12, 21.6, 61.6, 146 gram/100cm<sup>2</sup> dan 16, 26.4, 86.72, 135.2 gram/100cm<sup>2</sup>, modulus elastisitas komposisi 1: 43592.44, 43592.44, 37134.33, 37292.94 MPa dan 39438.58, 39438.58, 33858.25, 33769.86 MPa, dan modulus elastisitas komposisi 2: 10321.9, 4423.7, 9144.2, 9350.1 MPa dan 11662.4, 4423.7, 10275.8, 9879.6 MPa. Nilai-nilai sifat mekanik yang telah memenuhi persyaratan ASTM C 579-01, ASTM C 905-01, ASTM C 1403-00 dan ASTM C 580-02 diharapkan dapat meminimalisir bahkan meniadakan penggunaan pasir serta memaksimalkan penggunaan limbah yang ramah lingkungan.

Kata Kunci : kuat tekan, densitas, absorpsi, modulus elastisitas, abu sekam padi, *precious slag ball*, dan sifat mekanis mortar.



## ABSTRACT

Name : Gilang Wibowo Aji  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Compressive Strength, Density, Absorption and Modulus of Elasticity Mortar Mix Cement, Rice Husk Ash, and Precious Slag Ball By comparison 30%: 20%: 50%.

Mechanical properties of mortar consisting of Compressive Strength, Density, Absorption and Modulus of Elasticity is the main character are very important for the mortar to be used as construction material. Along with the decreasing of natural resources, the material used for the mortar mix can be replaced by agricultural and steel waste materials, which is not inferior in replacing material for natural sand. The filler material used are rice husk ash (RHA) and precious slag ball (PSB). This study consisted of two mortar compositions, namely the composition of 30% PCC and 70% PSB and the composition of 30% PCC, 20% RHA, 50% PSB and two different products of a type of cement were used in this experimental study consisted of two type of composition. The research outcomes exhibited that the compressive strength of composition 1: 79.074 MPa and 79,960 MPa and compressive strength of composition 2: 14.99 MPa and 15.95 MPa, the density of composition 1: 2.811 and 2.781 gram/cm<sup>3</sup> and density of composition 2: 1.848 gram/cm<sup>3</sup> and 1.907 gram/cm<sup>3</sup>, the absorption of composition 1: 7.2, 10.8, 27.76, 36 gram/100cm<sup>2</sup> and 8.8, 18, 36.4, 47.2 gram/100cm<sup>2</sup>, and absorption of composition 2: 12, 21.6, 61.6, 146 gram/100cm<sup>2</sup> and 16, 26.04, 86.72, 135.2 gram/100cm<sup>2</sup>, modulus elasticity of composition 1: 43592.44, 43592.44, 37134.33, 37292.94 and 39438.58 MPa, 39438.58, 33858.25, 33769.86 MPa, and modulus elasticity of composition 2: 10321.9, 4423.7, 9144.2, 9350.1 MPa and 11662.4, 4423.7, 10275.8, 9879.6 MPa. The values of mechanical properties that meet the requirements of ASTM C 579-01, ASTM C 905-01, ASTM C 1403-00 and ASTM C 580-02 is expected to minimize and even eliminate the use of sand and maximize the use of environmentally friendly waste.

Keywords : compressive strength, density, absorption, modulus of elasticity, rice husk ash, slag precious ball, and mechanical properties of mortar.

## DAFTAR ISI

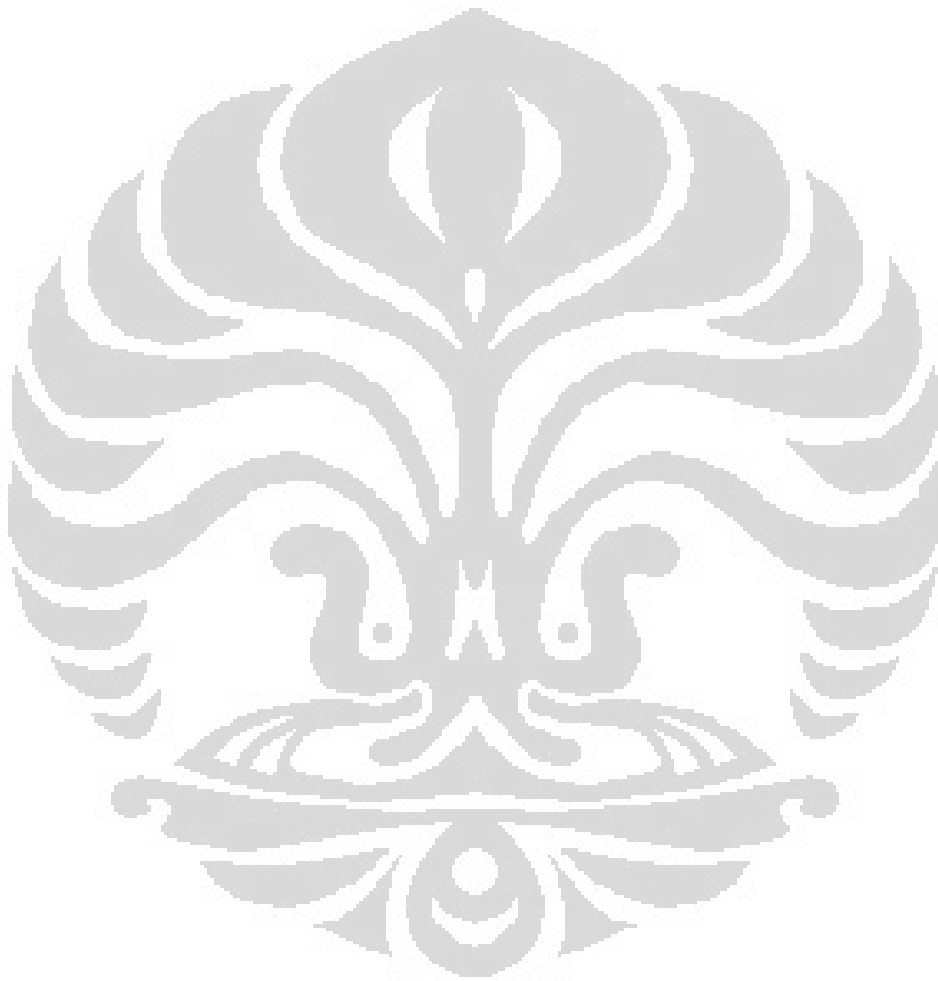
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR GRAFIK .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Hipotesa .....	4
1.5 Metode Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penelitian .....	5
<b>BAB II STUDI LITERATUR .....</b>	<b>7</b>
2.1 Mortar .....	7
2.1.1 <i>Portland Composite Cement (PCC)</i> .....	9
2.1.2 Abu Sekam Padi (ASP) .....	13
2.1.3 <i>Precious Slag Ball (PSB)</i> .....	16
2.1.4 Air .....	20
2.2 Sifat Mekanis Mortar .....	21
2.2.1 Kuat Tekan .....	21
2.2.2 Modulus Elastisitas .....	24
2.2.3 <i>Absorpsi</i> .....	26
2.2.4 <i>Density</i> .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Pendahuluan .....	28
3.2 Bahan Baku .....	30
3.3 Alat Penelitian .....	30
3.4 Pengujian Pendahuluan .....	33
3.4.1 Analisa Ayak .....	33
3.4.2 Pengujian Konsistensi (FAS) .....	34
3.4.3 Pengujian <i>Setting Time</i> .....	38
3.5 Pengujian Yang Dilakukan .....	40
3.5.1 Prosedur Pembuatan Benda Uji .....	40
3.5.2 Pengujian Kuat Tekan .....	42
3.5.3 Pengujian Modulus Elastisitas .....	46
3.5.4 Pengujian <i>Absorpsi</i> .....	48
3.5.5 Pengujian <i>Density</i> .....	50

<b>BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN DAN ANALISIS.....</b>	<b>52</b>
4.1 Pengujian Material (unsur, gradasi, dan ukuran) .....	52
4.1.1 <i>X Ray Fluorosency (XRF)</i> .....	52
4.1.2 <i>Scanning Electrone Microscope (SEM)</i> .....	59
4.1.3 <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i> .....	63
4.2 Pemeriksaan Bahan Pembentuk Mortar.....	72
4.2.1 Abu Sekam Padi (ASP) dan <i>Precious Slag Ball (PSB)</i> .....	72
4.2.2 Nilai Faktor Air Semen .....	74
4.2.3 Nilai <i>Setting Time</i> .....	75
4.3 Desain Campuran Mortar .....	83
4.3.1 Campuran 30 % PCC type 1 dan 70 % PSB .....	83
4.3.2 Campuran 30 % PCC type 2 dan 70 % PSB .....	84
4.3.3 Campuran 30% PCC Type 1, 20% ASP dan 50% PSB.....	85
4.3.4 Campuran 30% PCC Type 2, 20% ASP dan 50% PSB.....	87
4.4 Analisa Distribusi Data.....	90
4.4.1 <i>Chi-Square</i> 30% PCC dan 70% PSB Semen <i>Type 1</i> .....	90
4.4.2 <i>Chi-Square</i> 30% PCC dan 70% PSB Semen <i>Type 2</i> .....	96
4.4.3 <i>Chi-Square</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen <i>Type 1</i> .....	102
4.4.4 <i>Chi-Square</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen <i>Type 2</i> .....	108
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	114
4.5.1 Kuat Tekan 30% PCC dan 70% PSB.....	114
4.5.2 Kuat Tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB.....	116
4.6 Hasil Pengujian Density.....	119
4.7 Hasil Pengujian Absorpsi.....	121
4.8 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas .....	126
4.9 Analisa Hasil Penelitian.....	138
4.9.1 Analisa Kuat Tekan.....	138
4.9.2 Analisa Density.....	139
4.9.3 Analisa Absorpsi.....	139
4.9.4 Analisa Modulus Elastisitas .....	140
4.10 Pengaruh Penambahan Abu Sekam.....	141
4.10.1 Pengaruh Terhadap Kuat Tekan .....	141
4.10.2 Pengaruh Terhadap Density .....	141
4.10.3 Pengaruh Terhadap Absorpsi.....	142
4.10.4 Pengaruh Terhadap Modulus Elastisitas .....	143
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	 <b>144</b>
5.1 Kesimpulan .....	144
5.2 Saran .....	147
 <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	 <b>148</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>150</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Susunan Unsur Semen Biasa .....	11
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi.....	13
Tabel 2.3 Karakteristik Abu Sekam Padi.....	14
Tabel 2.4 Komposisi kimia PSB.....	16
Tabel 2.5 Klasifikasi penggunaan PSB dalam proses blasting .....	29
Tabel 3.1 Peta Penelitian Secara Umum.....	32
Tabel 3.2 Jumlah benda uji untuk type PCC 1 .....	41
Tabel 3.3 Jumlah benda uji untuk type PCC 2 .....	41
Tabel 4.1 Hasil PSA Abu Sekam Padi.....	64
Tabel 4.2 Hasil PSA PCC Holcim.....	66
Tabel 4.3 Hasil PSA PCC Tiga Roda .....	68
Tabel 4.4 Hasil PSA OPC Tiga Roda .....	70
Tabel 4.5 Pengujian analisa ayak Abu Sekam Padi.....	72
Tabel 4.6 Pengujian analisa ayak <i>Precious Slag Ball</i> .....	73
Tabel 4.7 Nilai faktor air semen campuran.....	74
Tabel 4.8 Nilai <i>setting time</i> 30% PCC dan 70% PSB untuk semen <i>type</i> 1.....	75
Tabel 4.9 Nilai <i>setting time</i> 30% PCC dan 70% PSB untuk semen <i>type</i> 2 .....	77
Tabel 4.10 Nilai <i>setting time</i> 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB untuk semen <i>type</i> 1 .....	79
Tabel 4.11 Nilai <i>setting time</i> 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB untuk semen <i>type</i> 2 .....	80
Tabel 4.12 Kebutuhan bahan pengujian untuk satu <i>type</i> semen.....	89
Tabel 4.13 Volume benda uji untuk satu <i>type</i> semen.....	89
Tabel 4.14 Perhitungan Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB semen <i>type</i> 1 .....	90
Tabel 4.15 Perhitungan Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB semen <i>type</i> 2 .....	96
Tabel 4.16 Perhitungan Chi-Square 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen <i>type</i> 1 .....	102
Tabel 4.17 Perhitungan Chi-Square 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen <i>type</i> 2 .....	108
Tabel 4.18 Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 1 .....	114
Tabel 4.19 Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 2 .....	114
Tabel 4.20 Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 1 .....	116
Tabel 4.21 Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 2 .....	116
Tabel 4.22 <i>Density</i> 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 1 .....	119
Tabel 4.23 <i>Density</i> 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 2 .....	120
Tabel 4.24 <i>Density</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 1 .....	120
Tabel 4.25 <i>Density</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 2 .....	120
Tabel 4.26 <i>Absorpsi</i> 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 1 .....	121
Tabel 4.27 <i>Absorpsi</i> 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type</i> 2 .....	121
Tabel 4.28 <i>Absorpsi</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 1.....	123
Tabel 4.29 <i>Absorpsi</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type</i> 2.....	124
Tabel 4.30 Fungsi Lendutan F(x) .....	128
Tabel 4.31 Fungsi Lendutan F(x) .....	131

Tabel 4.32 Modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type 1</i> .....	132
Tabel 4.33 Modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen <i>Type 2</i> .....	132
Tabel 4.34 Modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type 1</i> .....	135
Tabel 4.35 Modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen <i>Type 2</i> .....	135



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pembuatan Abu Sekam Padi .....	15
Gambar 2.2 Keseluruhan Proses Pembakaran Abu Sekam Padi.....	15
Gambar 2.3 Klasifikasi ukuran PSB.....	16
Gambar 2.4 Ikatan senyawa PSB.....	17
Gambar 2.5 Proses Pembuatan Slag Ball.....	18
Gambar 2.6 Aplikasi penggunaan PSB.....	19
Gambar 2.7 Cetakan sampel Kuat Tekan.....	23
Gambar 2.8 Alat Uji Mesin Tekan .....	23
Gambar 2.9 Hubungan Antara Lendutan Jari-Jari Lengkungan dan Lendutan .....	24
Gambar 2.10 Kurva Tegangan - Regangan ASTM C-580-02.....	25
Gambar 2.11 Alat Uji Modulus Elastisitas.....	25
Gambar 2.12 Pengujian Absorpsi ASTM C-1403-00.....	26
Gambar 2.13 Pengujian Density.....	27
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian .....	29
Gambar 3.2 Alat – alat Pengujian.....	32
Gambar 3.3 Prosedur Pengujian Analisa Ayak .....	34
Gambar 3.4 Peralatan Uji Konsistensi .....	35
Gambar 3.5 Prosedur Pengujian Konsistensi .....	37
Gambar 3.6 Peralatan <i>Setting Time</i> .....	39
Gambar 3.7 Peralatan Pengujian Tekan.....	42
Gambar 3.8 Persiapan benda uji sebelum ditest.....	47
Gambar 3.9 Pengujian Modulus Elastisitas.....	47
Gambar 3.10 Pengujian Absorpsi.....	49
Gambar 3.11 Pengujian Density.....	51
Gambar 4.1 Hasil XRF Abu Sekam Padi.....	54
Gambar 4.2 Hasil XRF PCC Holcim .....	55
Gambar 4.3 Hasil XRF PCC Tiga Roda .....	56
Gambar 4.4 Hasil XRF OPC Tiga Roda.....	57
Gambar 4.5 Hasil XRF <i>Precious Slag Ball</i> .....	58
Gambar 4.6 Skema Prosedur uji SEM.....	60
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM.....	61
Gambar 4.8 Hasil Pengujian SEM.....	62
Gambar 4.9 Alat PSA ( LS 100 ).....	63
Gambar 4.10 Peralatan Penunjang Uji PSA.....	63

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Ukuran vs Volume PSA ASP .....	65
Grafik 4.2 Ukuran vs Volume PSA PCC Holcim .....	67
Grafik 4.3 Ukuran vs Volume PSA PCC Tiga Roda.....	69
Grafik 4.4 Ukuran vs Volume PSA OPC Tiga Roda.....	71
Grafik 4.5 Pengujian analisa ayak Abu Sekam Padi .....	73
Grafik 4.6 Pengujian analisa ayak Precious Slag Ball.....	74
Grafik 4.7 <i>Setting Time</i> 30% PCC dan 70% PSB untuk semen type 1.....	76
Grafik 4.8 <i>Setting Time</i> 30% PCC dan 70% PSB untuk semen type 2.....	78
Grafik 4.9 Nilai <i>Setting Time</i> Gabungan 30% PCC dan 70% PSB .....	79
Grafik 4.10 <i>Setting Time</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen type 1 .....	80
Grafik 4.11 <i>Setting Time</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen type 2.....	81
Grafik 4.12 <i>Setting Time</i> Gabungan 30% PCC, 20 ASP, dan 50% PSB.....	82
Grafik 4.13 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari.....	92
Grafik 4.14 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari.....	92
Grafik 4.15 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari.....	93
Grafik 4.16 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari.....	93
Grafik 4.17 Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari.....	94
Grafik 4.18 Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari.....	94
Grafik 4.19 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari.....	95
Grafik 4.20 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari.....	98
Grafik 4.21 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari.....	98
Grafik 4.22 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari.....	99
Grafik 4.23 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari.....	99
Grafik 4.24 Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari.....	100
Grafik 4.25 Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari.....	100
Grafik 4.26 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari.....	101
Grafik 4.27 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari.....	104
Grafik 4.28 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari.....	104
Grafik 4.29 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari.....	105
Grafik 4.30 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari.....	105
Grafik 4.31 Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari.....	106
Grafik 4.32 Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari.....	106
Grafik 4.33 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari.....	107
Grafik 4.34 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari.....	110
Grafik 4.35 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari.....	110
Grafik 4.36 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari.....	111
Grafik 4.37 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari.....	111
Grafik 4.38 Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari.....	112
Grafik 4.39 Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari.....	112
Grafik 4.40 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari.....	113
Grafik 4.41 Kuat Tekan 30% PCC dan 70% PSB semen type 1.....	115
Grafik 4.42 Kuat Tekan 30% PCC dan 70% PSB semen type 2.....	115
Grafik 4.43 Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB	

semen type 1.....	117
Grafik 4.44 Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen type 2.....	117
Grafik 4.45 Kuat Tekan Gabungan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB.....	118
Grafik 4.46 <i>Absorpsi</i> 30% PCC dan 70% PSB semen type 1.....	122
Grafik 4.47 <i>Absorpsi</i> 30% PCC dan 70% PSB semen type 2.....	122
Grafik 4.48 <i>Absorpsi</i> 30% PCC tipe 1 dan 2 dan 70% PSB.....	123
Grafik 4.49 <i>Absorpsi</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen type 1.....	124
Grafik 4.50 <i>Absorpsi</i> 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen type 2.....	125
Grafik 4.51 <i>Absorpsi</i> Gabungan 30% PCC tipe 1 dan 2, 20% ASP, dan 50% PSB.....	125
Grafik 4.52 Fungsi Lendutan $F(x)$ .....	128
Grafik 4.53 Fungsi Lendutan $F(x)$ .....	131
Grafik 4.54 Pengujian Modulus Elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen type 1.....	133
Grafik 4.55 Pengujian Modulus Elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen type 2.....	133
Grafik 4.56 Pengujian Modulus Elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen type 1.....	134
Grafik 4.57 Pengujian Modulus Elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen type 2.....	134
Grafik 4.58 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen type 1.....	135
Grafik 4.59 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen type 2.....	136
Grafik 4.60 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen type 1.....	136
Grafik 4.61 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen type 2.....	137



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan dunia saat ini, kebutuhan akan pertumbuhan infrastruktur pun semakin pesat. Perkembangan yang secara langsung mempengaruhi terhadap kebutuhan bahan-bahan material sebagai penunjang prasarana infrastruktur pun akan semakin meningkat, penulis ambil contoh untuk kebutuhan bahan material agregat halus (pasir). Agregat halus (pasir) adalah bahan batuan halus yang terdiri dari butiran sebesar 0,14 mm sampai 5 mm didapat dari hasil integrasi batu alam (*natural sand*) atau dapat juga pemecahannya (*artificial sand*), dari kondisi pembentukan tempat terjadinya pasir alam dapat dibedakan atas : pasir galian, pasir sungai, pasir laut yaitu bukit-bukit pasir yang dibawa ke pantai. Adapun ketersediaan bahan agregat halus (pasir) di tiap-tiap kota sangat bervariasi, ada yang banyak menghasilkan pasir dengan kualitas baik tapi jumlahnya sedikit, ada pula yang jumlahnya melimpah, dan bahkan ada juga yang tidak terdapat pasir di kota tersebut. Sehingga harus adanya solusi untuk menutupi kekurangan ketersediaan pasir atau mengganti pasir dengan bahan material lain sehingga dapat menghasilkan mortar yang memiliki kualitas standar yang ditentukan SNI, ASTM dan DIN.

Adapun bahan material sebagai pengganti pasir untuk menjadikan mortar dengan kualitas baik, yakni Abu Sekam Padi (ASP) dan *Precious Slag Ball* (PSB). Sekam padi adalah residu pertanian yang banyak tersedia di negara-negara penghasil beras. Sekam padi umumnya tidak direkomendasikan sebagai pakan ternak sejak selulosa dan lain kandungan gula rendah. Furfural dan beras dedak minyak yang diekstrak dari sekam padi. Industri menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar dalam boiler dan untuk pembangkit listrik.

Di antara berbagai jenis biomas yang digunakan untuk gasifikasi, sekam padi memiliki kandungan abu tinggi berbagai 18-20%. Silika adalah unsur utama dari ASP. ASP diperoleh dari pembakaran sekam padi. Properti yang paling penting dari ASP yang menentukan *pozzolanic*. ASP adalah materi yang sangat reaktif cocok *pozzolanic* untuk digunakan dalam campuran kapur-pozzolana dan untuk penggantian semen Portland. ASP berisi tinggi jumlah silikon dioksida, dan reaksi yang berkaitan dengan kapur tergantung pada kombinasi dari dua faktor, yaitu non-kristalin silika konten dan permukaan spesifik. Sekam padi dibakar sekitar 48 jam di bawah proses pembakaran yang tidak terkendali. Itu suhu pembakaran yang masuk dalam kisaran 600-850°C. Abu diperoleh adalah tanah dalam bola mill selama 30 menit dan penampilan warna abu-abu. ASP diperoleh dengan menghaluskan abu sekam sampai lolos saringan 200. Sekam padi yang sudah dihaluskan tersebut dibakar sampai temperatur 400–800°C sesuai dengan kemampuan tungku (furnace) yang ada sehingga menjadi ASP.

Selain itu bahan material pengisi lain, yakni PSB adalah produk yang ramah lingkungan dengan struktur molekul yang stabil dari terak cair yang dihasilkan proses pembuatan baja di pabrik peleburan baja dengan  $B_j = 2,42$  dan hardness 7 Mohs. PSB diproses dengan SAT struktural stabil ion dipisahkan dalam bentuk ion dapat sebagai senyawa oksida stabil di Struktur Spinel. Struktur spinel dengan rumus kimia umum  $AB_2O_4$  adalah struktur berbentuk segi delapan sebagai ilustrasi di mana atom oksigen hampir penuh dengan kubus clisepacked kemasan yaitu, struktur dengan atom B sekitar atom oksigen 6 di segi delapan dan dengan sebuah atom sekitar 4 atom oksigen.

## 1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis mortar yang terdiri dari Kuat tekan, Absorpsi, Density dan Modulus Elastisitas yang merupakan sifat utama bagi mortar dalam penggunaan sebagai bahan konstruksi. Adapun komposisi campurannya, yaitu :

- Campuran *Portland Composite Cement* (PCC), *Precious Slag Ball* (PSB) dan Abu Sekam Padi (ASP) dengan komposisi campuran : 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, dan 70% PSB.
- Campuran *Portland Composite Cement* (PCC), *Precious Slag Ball* (PSB) dan Abu Sekam Padi (ASP) dengan komposisi campuran : 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 20% ASP dan 50% PSB yang akan menghasilkan sebuah produk ramah lingkungan yang digunakan dalam dunia konstruksi seperti pekerjaan grouting, plesteran dan perkerasan jalan.

Adapun sifat-sifat mekanis yang diamati adalah :

- Kuat tekan mortar semen campuran :
  - a. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 70% PSB.
  - b. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 20% ASP dan 50% PSB.
- Modulus Elastisitas mortar semen campuran :
  - a. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 70% PSB.
  - b. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 20% ASP dan 50% PSB.
- Absorpsi mortar semen campuran :
  - c. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 70% PSB.
  - d. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 20% ASP dan 50% PSB.
- Density mortar semen campuran :
  - c. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 70% PSB.
  - d. 30% PCC tipe 1 dan tipe 2, 20% ASP dan 50% PSB.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Semen yang digunakan pada pengujian sesuai dengan standar **SNI 15-0302-2004** untuk semen komposit *pozzolan* (PCC), sehingga sifat fisis dan mekanis semen dianggap telah sesuai dengan standar, sehingga tidak dilakukan pengujian.
2. Menggunakan abu sekam padi yang diproduksi sendiri oleh PT. Hakiki di daerah indramayu.
3. Menggunakan *Precious Slag Ball* dengan ukuran butiran 0,2-0,6 mm (PSB) yang diolah oleh PT. Purna Baja Heckett.
4. Campuran yang akan digunakan akan dicari terlebih dahulu faktor air semennya dengan cara trial & error. Hasil faktor air semen tersebut kemudian digunakan untuk faktor air semen pada proporsi campuran.
5. Benda uji mortar dengan ukuran 50 x 50 x 50 mm untuk Kuat tekan sesuai dengan **ASTM C-109-80**.
6. Benda uji mortar dengan ukuran 50 x 50 x 50 mm untuk Absorpsi dan Density sesuai dengan **ASTM C 1403-00**.
7. Benda uji mortar dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm untuk uji Modulus Elastisitas sesuai **ASTM C 580-02**.
8. Melakukan uji Kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 21, 28, 56 dan 90 hari, Melakukan uji Modulus elastisitas pada umur 28 hari, Melakukan uji Density dan Absorpsi pada umur 28 hari.
9. Suhu yang digunakan dianggap sama yaitu suhu kamar 25°.

### 1.4 Hipotesa

Mortar dengan campuran 30% PCC dan 70% PSB serta komposisi campuran 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB, diharapkan dapat digunakan sebagai mortar pasangan bata yang memenuhi standard dimana campuran tersebut memiliki Kuat tekan yang besar sesuai dengan **ASTM C-109-80**, nilai Modulus elastisitas yang besar sesuai dengan **ASTM C**

**580-02**, dan nilai penyerapan air yang kecil untuk Absorpsi dan Density sesuai dengan **ASTM C 1403-00**.

### **1.5 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Studi pustaka

Dengan cara mengumpulkan bahan pustaka dan mempelajarinya.

2. Metode eksperimental

Dengan cara melakukan pengujian di laboratorium.

3. Metode *trial and error*

Adapun metode yang digunakan untuk menentukan faktor air semen yaitu menggunakan metode *trial and error* (metode coba-coba).

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

**BAB I. PENDAHULUAN**

Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan.

**BAB II. LANDASAN TEORI**

Landasan teori ini berisi pengenalan tentang sifat-sifat mortar serta bahan-bahan pembentuknya dan beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini.

**BAB III. METODE PENELITIAN**

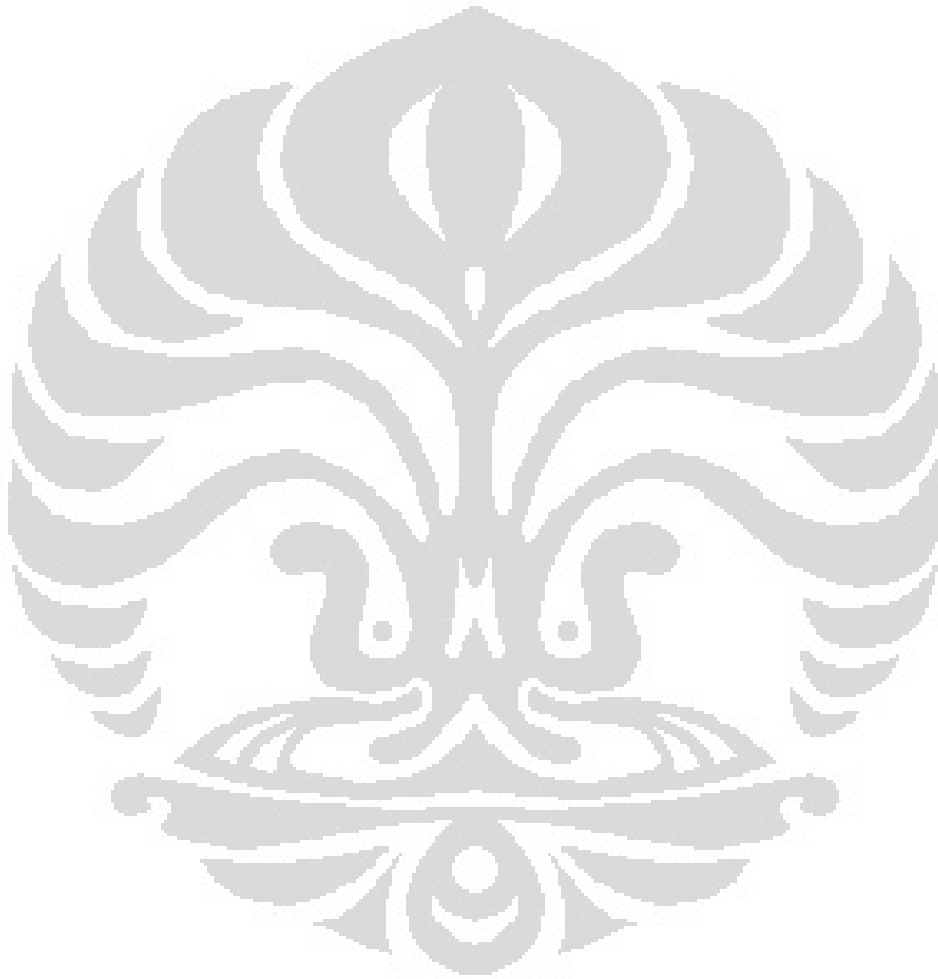
Pada metodologi penelitian dijelaskan hal-hal apa saja yang dilakukan dalam penelitian ini serta langkah kerjanya.

#### BAB IV. PELAKSANAAN PENELITIAN DAN ANALISIS

Dalam bab ini berisikan data desain campuran benda uji dan data-data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium serta analisa-analisa yang dilakukan.

#### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Mortar**

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) adalah campuran yang terdiri dari pasir, bahan perekat serta air, dan diaduk sampai homogen. Pasir sebagai bahan bangunan dasar harus direkatkan dengan bahan perekat. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan), maupun semen portland.

##### **Jenis mortar**

Tjokrodimuljo (1996:125) membagi mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya menjadi empat jenis, yaitu mortar lempung/lumpur, mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus.

##### **a. Mortar lumpur**

Mortar lumpur diperoleh dari campuran pasir, lumpur/tanah liat dengan air. Pasir, tanah liat dan air tersebut dicampur sampai rata dan mempunyai kelecakan yang cukup baik. Jumlah pasir harus diberikan secara tepat untuk memperoleh adukan yang baik. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik. Mortar jenis ini digunakan sebagai bahan tembok atau tungku api di pedesaan.

##### **b. Mortar kapur**

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya untuk memperoleh adukan dengan kelecakan yang baik.

Selama proses pelekatan kapur mengalami susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Kapur yang dapat digunakan adalah *fat lime* dan *hydraulic lime*.

### c. Mortar semen

Mortar semen merupakan campuran semen, pasir dan air pada proporsi yang sesuai. Perbandingan volume semen dan pasir berkisar pada 1 : 2 sampai dengan 1 : 6 atau lebih tergantung penggunaannya. Mortar semen lebih kuat dari jenis mortar lain, sehingga mortar semen sering digunakan untuk tembok, pilar, kolom atau bagian-bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air, maka juga sering digunakan untuk bagian luar dan yang berada di bawah tanah. Dalam adukan beton atau mortar, air dan semen membentuk mortar yang disebut mortar semen. Mortar semen ini selain mengisi pori-pori diantara butir-butir agregat halus, juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak atau padat (Tjokrodimuljo 1996:5).

### d. Mortar khusus

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur dan mortar semen dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan *asbestos fibres*, *jutes fibres* (serat alami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu, serbuk kaca dan lain sebagainya. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan satu *aluminous cement* dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya dipakai untuk tungku api dan sebagainya.



### Sifat-sifat mortar

Menurut Tjokrodinuljo (1996:126) mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Murah.
- b. Tahan lama.
- c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan).
- d. Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.
- e. Cepat kering dan mengeras.
- f. Tahan terhadap rembesan air.
- g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Pemakaian mortar pada kondisi bangunan tertentu disyaratkan untuk memenuhi mutu adukan yang tertentu pula. Sebagai contoh untuk bangunan gedung bertingkat banyak diisyaratkan menggunakan mortar yang Kuat tekan minimumnya 3,0 Mpa. Adapun bahan baku membentuk mortar diantaranya, antara lain : semen, ASP, agregat halus (pasir) dan air.

#### 2.1.1 Semen Portland Komposit (PCC)

Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik, karena semen berfungsi sebagai bahan perekat dan mengikat butir-butir agregat menjadi suatu massa yang kompak. Berdasarkan SNI 15-7064-2004 tentang spesifikasi semen portland komposit (PCC) didefinisikan sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 - 35 % dari massa semen portland komposit. Dari uraian tersebut maka semen PCC termasuk dalam kategori special blended cement tipe IP yang memiliki spesifikasi berbeda dengan *Ordinary Portland Cement*

(OPC). Menurut Supartono (2001:12) bahan-bahan anorganik tersebut merupakan bahan-bahan mineral yang memiliki sifat *pozzolanik* atau memiliki sifat *pozzolan*, yaitu bahan-bahan mineral yang unsur-unsurnya tidak memiliki sifat semen secara mandiri, namun bila bereaksi dengan kalsium-oksida dan air pada temperatur biasa, bisa membentuk senyawa yang mempunyai ciri-ciri semen (*cementitious*). Keuntungan dari penambahan bahan *pozzolan* pada semen PCC antara lain adalah panas hidrasinya yang relatif rendah, dibandingkan dengan semen portland biasa, dan harganya relatif ekonomis. Walaupun kekuatan awalnya relatif rendah, namun dengan perawatan yang baik dan teratur bisa menghasilkan kekuatan akhir yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan semen portland normal. Disamping itu, karena sifat *pozzolan* nya yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka ketahanan beton yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, semen PCC pada umumnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen portland biasa. Karena sifat-sifat tersebut, maka semen PCC dapat digunakan pada bangunan-bangunan yang memiliki massa besar seperti dam, atau komponen pondasi yang memiliki volume besar dan/atau dengan kondisi air tanah yang korosif, atau juga untuk bangunan sipil pada lingkungan yang agresif sulfat seperti dermaga dan bangunan-bangunan lain yang mengkondisikan panas hidrasi rendah dan tidak memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi. Semen Portland diperoleh dengan membakar suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat) dan *aligilaceaus* (yang mengandung alumina) dengan suatu perbandingan tertentu serta silikat-silikat kalsium. Bahan-bahan tersebut dibakar dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Kemudian didinginkan dan dihaluskan menjadi bubuk. Pada campuran ini umumnya ditambahkan lagi gips atau kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu

ikat. Bahan-bahan lain juga ditambahkan untuk membuat semen dengan sifat-sifat khusus.

Sifat-sifat semen tergantung dari bahan kimia penyusunnya. Bila ditinjau dari susunan oksida semen portland, maka bahan dasar semen terdiri dari kapur (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Karena umumnya bahan dasar semen diambil dari alam (batu kapur dan tanah liat), maka oksida lain yang tidak penting harus dibatasi, sehingga susunan unsur semen yang dihasilkan seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Susunan Unsur Semen Biasa

Nama Unsur Oksida	Rumus Kimia	Jumlah (0%)
Kapur	CaO	60-65
Silikat	SiO <sub>2</sub>	17-25
Alumina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8
Besi	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-6
Magnesia	MgO	0,5-4
Sulfur	SO <sub>3</sub>	1-2
Soda/Potash	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0,5-1

Semen Portland memiliki beberapa sifat yang diantaranya sebagai berikut :

### 1. Kehalusan butir

Pada umumnya semen mempunyai kehalusan sekitar 80% butirannya lolos saringan 44 mikron. Makin halus butiran semen makin cepat persenyawaannya. Makin halus butirannya, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luasannya makin banyak air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya.

## **2. Berat jenis dan Berat isi**

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,1 t/m<sup>3</sup> – 3,3 t/m<sup>3</sup>. Berat jenis semen perlu untuk diketahui karena Semen Portland tidak sempurna pembakarannya dan atau dicampur dengan bubuk batuan lain, sehingga berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dibanding dengan angka tersebut, maka untuk itu biasanya dipakai angka 3,15 t/m<sup>3</sup>. Untuk berat isi sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran. Jika cara mengisinya gembur, maka akan rendah sekitar 1,1 kg/lt, sedangkan bila padat sekitar 1,25 kg/lt.

## **3. Kekekalan bentuk**

Yang dimaksud dengan kekekalan bentuk adalah sifat dari mortar semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah. Apabila semen yang mengeras menunjukkan adanya cacat (retak, melengkung, membesar, atau menyusut), berarti semen tersebut tidak baik karena tidak mempunyai sifat bentuk tetap.

## **4. Kekuatan semen**

Kekuatan semen dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat (pengikat). Pada umumnya pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan melakukan pengujian Kuat tekan, kuat tarik atau kuat lentur dari campuran semen dengan pasir.

## **5. Pengaruh suhu**

Proses pengerasan semen sangat dipengaruhi oleh suhu udara disekitarnya. Pada suhu kurang dari 15°C, pengerasan

semen akan berjalan sangat lambat. Semakin tinggi suhu udara disekitarnya, maka semakin cepat pula semen mengeras.

### 2.1.2 Abu Sekam Padi (ASP)

Sekam padi adalah residu pertanian yang banyak tersedia di negara-negara penghasil beras. Sekam padi umumnya tidak direkomendasikan sebagai pakan ternak sejak selulosa dan lain kandungan gula rendah. Furfural dan beras dedak minyak yang diekstrak dari sekam padi. Industri menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar dalam boiler dan untuk pembangkit listrik. Di antara berbagai jenis biomas yang digunakan untuk gasifikasi, sekam padi memiliki kandungan abu tinggi berbagai 18-20%. Silika adalah unsur utama dari ASP dan tabel berikut ini memberikan khas komposisi sekam padi dan ASP. Dengan abu besar konten dan konten silika dalam abu menjadi ekonomis untuk mengekstrak silika dari abu, yang memiliki pasar yang luas dan juga mengurus abu pembuangan.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

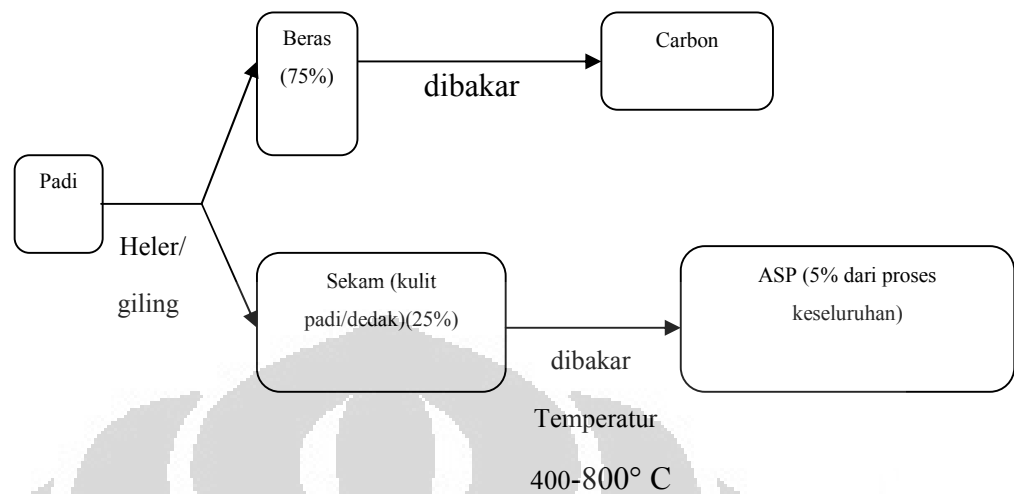
Komposisi beras sekam di dasar kering		Komposisi beras abu sekam di dasar kering	
Elemen	Massa Fraksi (%)	Elemen	Massa Fraksi (%)
Karbon	41,44	Silika	80-90%
Hidrogen	4,94	Alumina	1-2,5%
Oksigen	37,32	Besi oksida	0,50%
Nitrogen	0,57	Titanium dioksida	Nil
Silicon	14,66	Kalsium oksida	1-2%
Kalium	0,59	Magnesium oksida	0,5-2,0%
Natrium	0,035	Natrium Oksida	0,2-0,5%
Belerang	0,3	Potash	0,20%
Fosfor	0,07	Ignition	10-20%
Kalsium	0,06		
Besi	0,006		
Magnesium	0,003		

Dari tabel tersebut jelas bahwa silika merupakan unsur utama dari ASP. Eksperimen telah dilaksanakan dengan sukses di bawah skala laboratorium untuk mengekstrak silika dari ASP. Hal ini tidak hanya memberikan nilai tambah, tetapi juga memecahkan masalah jumlah besar pembuangan abu. Sekam padi merupakan limbah agro bahan yang dihasilkan pada sekitar 100 juta ton. Kira-kira, 20 kg beras sekam diperoleh untuk 100 kg beras. Mengandung sekam bahan organik dan 20% dari bahan anorganik. ASP diperoleh dari pembakaran sekam padi. Properti yang paling penting dari ASP yang menentukan *pozzolanic*. ASP adalah materi yang sangat reaktif cocok *pozzolanic* untuk digunakan dalam campuran kapur-*pozzolana* dan untuk penggantian semen Portland. ASP berisi tinggi jumlah silikon dioksida, dan reaksi yang berkaitan dengan kapur tergantung pada kombinasi dari dua faktor, yaitu non-kristalin silika konten dan permukaan spesifik. Sekam padi dibakar sekitar 48 jam di bawah proses pembakaran yang tidak terkendali. Itu suhu pembakaran yang masuk dalam kisaran 600-850°C. Abu diperoleh adalah tanah dalam bola mill selama 30 menit dan penampilan warna abu-abu.

Tabel 2.3 Karakteristik Abu Sekam Padi

Karakteristik Abu Sekam Padi			
Karakteristik Fisika	Nilai	Karakteristik Kimia	Nilai (%)
Specific Gravity	2,28	Silicon dioxide (SiO <sub>2</sub> )	87,9
Fineness-median size	7	Carbon	5,32
Surface area	30,24		

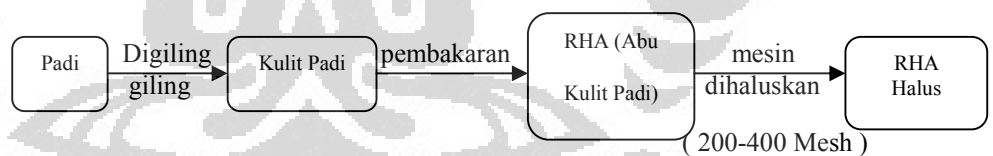
### Proses ASP :



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Abu Sekam Padi

ASP diperoleh dengan menghaluskan abu sekam sampai lolos saringan 200. Sekam padi yang sudah dihaluskan tersebut dibakar sampai temperatur 400–800° C sesuai dengan kemampuan tungku (furnace) yang ada sehingga menjadi ASP.

### Secara keseluruhan proses abu sekam :

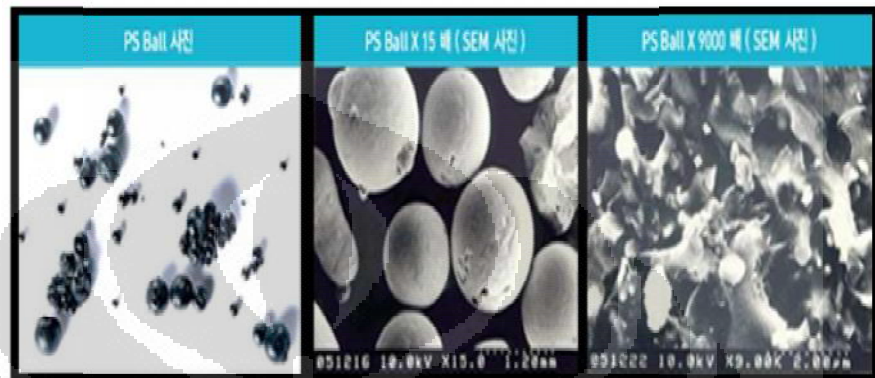


Gambar 2.2 Keseluruhan Proses Pembakaran ASP

Dari gambar diagram alur di atas dapat dilihat bahwa sekam yang sudah dilakukan pembakaran, maka dihaluskan lagi hingga lolos kesaringan 200–400 Mesh. Secara keseluruhan dari sekam yang di dapat dari padi hanya 5 % nya saja atau sekitar 20 % dari hasil pembakaran sekam.

### 2.1.3 Precious Slag Ball (PSB)

PSB adalah produk yang ramah lingkungan dengan struktur molekul yang stabil dari terak cair yang dihasilkan proses pembuatan baja di pabrik peleburan baja. Dengan  $B_j = 2,42$  dan hardness 7 Mohs.



Gambar 2.3 Klasifikasi ukuran PSB

Ukuran PSB :

- 0,20 – 0,60 mm
- 0,60 – 1,00 mm
- 1,80 – 2,00 mm
- 2,00 – 2,60 mm

SAT (*Slag Atomizing Technology*) adalah teknologi pengolahan PSB (rata-rata 75% terak cair berubah untuk PSB) yang merupakan produk ramah lingkungan dengan struktur molekul yang stabil dari terak cair yang dihasilkan dalam proses pembuatan baja. (> 150 juta ton / tahun di seluruh dunia).

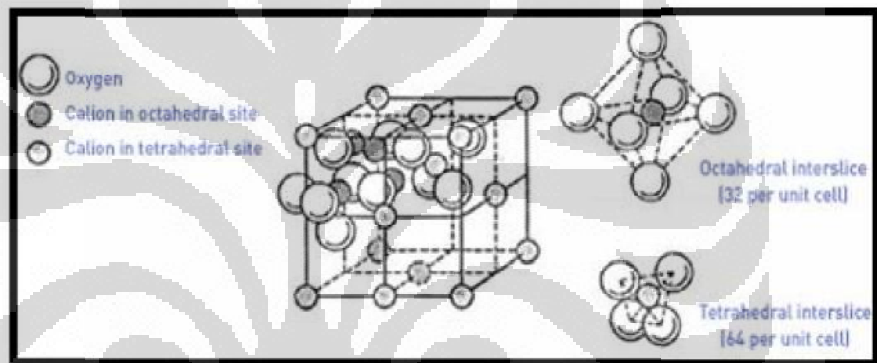
Tabel 2.4 Komposisi kimia PSB

Senyawa kimia	Komposisi (%berat)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,4
Cao	30,1
SiO <sub>2</sub>	15,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,30

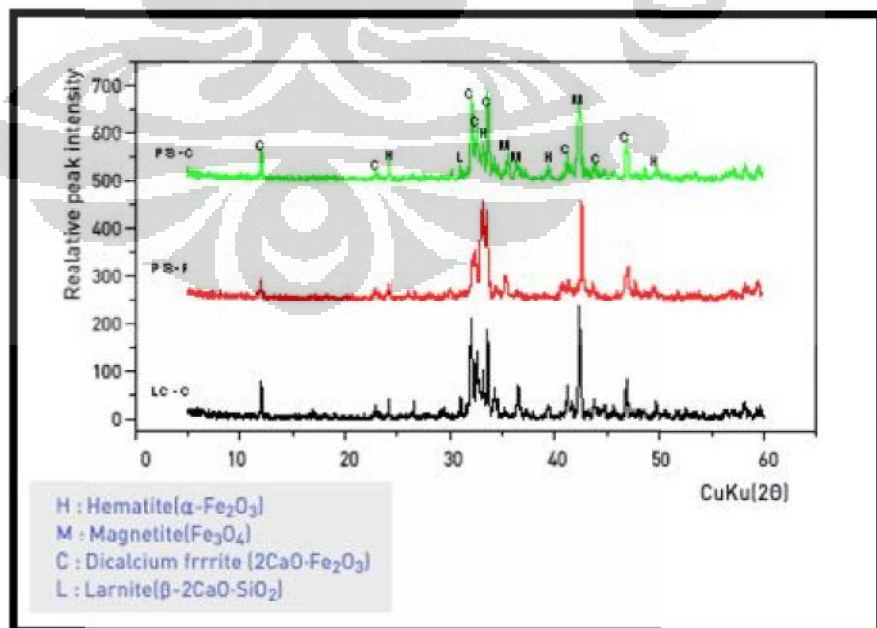


MgO	6,5
MnO	2,2

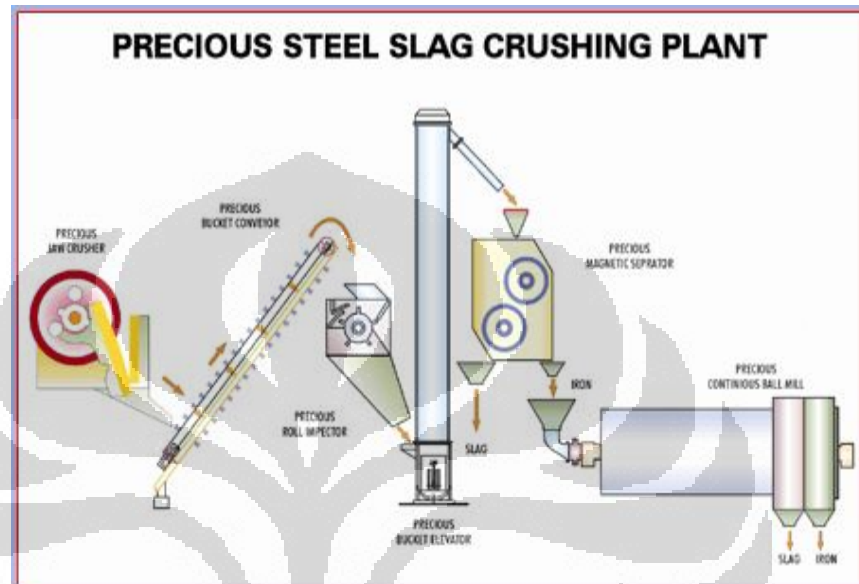
PSB diproses dengan SAT struktural stabil ion dipisahkan dalam bentuk ion dapat sebagai senyawa oksida stabil di Struktur Spinel. Struktur spinel dengan rumus kimia umum  $AB_2O_4$  adalah struktur berbentuk segi delapan sebagai ilustrasi di mana atom oksigen hampir penuh dengan kubus clisepacked kemasan yaitu, struktur dengan atom B sekitar atom oksigen 6 di segi delapan dan dengan sebuah atom sekitar 4 atom oksigen.



Gambar 2.4 Ikatan senyawa PSB



Ilustrasi diatas menunjukkan bahwa analisis XRD dari terak tungku PSB didinginkan dengan kecepatan tinggi udara, pembentukan dikalsium ferit ( $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Larnite ( $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang dapat senyawa CaO akan teridentifikasi.



Gambar 2.5 Proses Pembuatan Slag Ball

Pada tahap pertama terak dihancurkan dalam Crusher Jaw dan diangkut melalui conveyor ke pabrik impector Roll, untuk proses penghancuran sekunder. Bahan dihancurkan dan dibawa ke gerbong dengan bantuan lift bucket yang menyebarkan material di dua tahap pemisah magnetik, dimana sebagian besar logam sedang dipisahkan pada tahap pertama sedangkan sisanya dipisahkan pada tahap kedua. Terak hancuran dikumpulkan menjadi suatu timbunan sementara dan logam pergi ke pabrik Ball, dirancang bahwa bahkan partikel kecil dengan logam dipisahkan dan hampir murni logam sedang dikumpulkan di ujung lain dari Ball Mill. PSB dapat digunakan dalam proses blasting, yaitu proses penghancuran karat yang dilakukan dengan menyemprotkan PSB ke tempat yang akan dibersihkan.

Gambar 2.6 Aplikasi penggunaan PSB



Tabel 2.5 Klasifikasi penggunaan PSB dalam proses blasting

Klasifikasi	Ukuran (mm)
Kapal	0,6-1.0
pemeliharaan	1,0-2,0
industri	2-4
infrastruktur	0,6 – 1
Steel bridge	1 -2
Tangki penyimpanan	< 6

### 2.1.4 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen pada proses hidrasi semen, dan juga berfungsi sebagai pelumas agar adukan dapat dikerjakan dan dipadatkan dengan baik. Dalam pemakaian air untuk beton atau mortar, air harus memenuhi syarat sebagai berikut (PUBI 1982) :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda terapung lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Menurut Tjokrodinuljo (1996 : 45) menyatakan bahwa air yang digunakan harus memenuhi persyaratan untuk bahan campuran beton seperti air minum (tetapi tidak berarti air pencampuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton/mortar ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton/mortar dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton/mortar yang memakai air suling.

Air yang diperlukan dipengaruhi oleh faktor-faktor ini :

1. Ukuran agregat maximum : Diameter semakin besar maka kebutuhan air akan semakin sedikit.
2. Bentuk butir : Bentuk butir semakin banyak yang bulat maka kebutuhan air akan semakin sedikit.
3. Gradasi agregat : semakin baik gradasinya maka semakin sedikit kebutuhannya akan air.
4. Kotoran dalam agregat : Semakin banyak silt, tanah liat, dan lumpur maka semakin banyak kebutuhan airnya.

5. Jumlah agregat halus (dibandingkan dengan agregat kasarnya) : semakin banyak agregat halusnya maka semakin sedikit kebutuhan airnya.

## 2.2 Sifat Mekanis Mortar

Sifat mekanis yang terdapat pada mortar akan dibahas dalam pembahasan berikut ini, diantaranya adalah pembahasan masalah uji Kuat tekan, Absorpsi, Density dan Modulus elastisitas pada mortar.

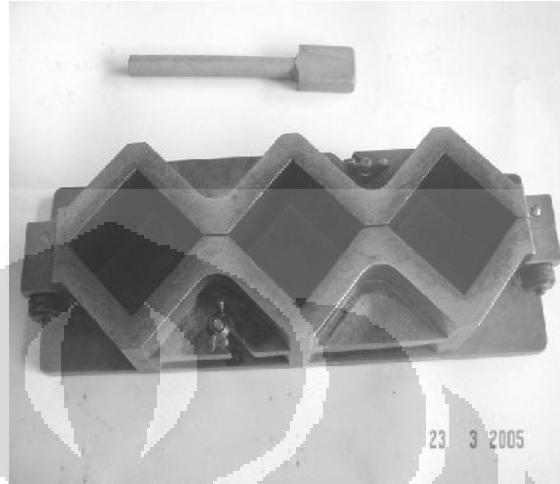
### 2.2.1 Kuat tekan

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang menekan mortar. Mortar yang digunakan untuk bahan bangunan harus mempunyai kekuatan terutama untuk pasangan dinding batu bata, pasangan dinding batako atau pasangan dinding yang lainnya (Anni Susilowati dkk 1996, dalam Taufiq Bintang (2005:10)). Pasangan dinding menerima beban tekan yang diakibatkan oleh pengaruh dari atas, angin, atau gaya samping lainnya. Di Indonesia sampai sekarang belum ada persyaratan yang mengisyaratkan kekuatan adukan mortar, hanya untuk kondisi tertentu dianjurkan menggunakan jenis campuran tertentu pula. Beberapa negara sudah memiliki standar yang mencantumkan kekuatan adukan mortar. Prinsip pengujian kuat tekan mortar semen keras dengan alat mesin tekan adalah untuk mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satu satuan luas mortar semen keras (benda uji) sampai benda uji itu hancur atau rusak. Bentuk dari benda uji yang digunakan untuk menguji kekuatan tekan mortar semen keras adalah berupa kubus. Masing-masing benda uji menghasilkan kuat tekan yang berbeda demikian pula untuk ukuran benda uji yang berbeda, akan menghasilkan kuat tekan yang berbeda pula. Hasil pengujian kuat

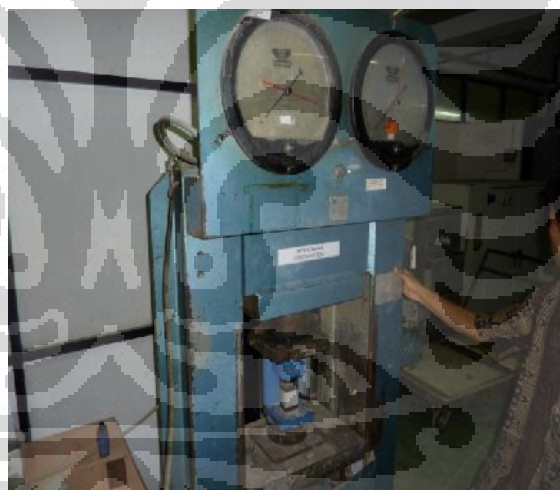
tekan, menunjukkan hubungan antara semakin besar pemberian gaya, maka akan semakin besar pula gaya atau tekanan yang diterima oleh benda uji. Nilai-nilai kekuatan tekan yang dihasilkan oleh sebuah mesin tekan merupakan angka-angka nyata, jadi nilai-nilai kekuatan tekan tersebut hanya memberikan petunjuk mengenai mutu mortar semen keras. Kuat tekan pada umumnya dipengaruhi oleh umur mortar semen, bahan yang digunakan dalam perbandingan campuran, cara mencampur serta suhu pengerasan. Pada umumnya persyaratan kuat tekan dapat ditentukan setelah berumur 28 hari. Adapun rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan mortar semen. Pada dasarnya terdapat 2 faktor yang sangat menentukan kuat tekan mortar yaitu berat semen dan *water cement ratio*. Secara garis besar urutan pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut :

1. Pada saatnya untuk pengujian, bersihkan permukaan benda uji dengan lap sampai bersih dari butiran-butiran pasir yang menempel pada permukaannya.
2. Ukur rusuk-rusuk kubus dengan teliti dan hitung luas bidang tekannya.
3. Timbang benda uji.
4. Bawa benda uji ke mesin tekan.
5. Siapkan mesin tekan dengan cara menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan bagian kontrol. Hubungkan pula kabel listrik antara mesin tekan dengan sumber arus.
6. Atur mesin tekan, agar jarak antara plat atas dengan plat bawah tidak terlalu jauh, yaitu dengan meletakkan plat sebagai ganjal. Usahakan setelah benda uji dipasang pada mesin tekan, jarak antara sampel dengan plat atas tidak lebih dari 1(satu) cm.
7. Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka 0 (nol) dengan cara memutarnya.
8. Hidupkan mesin tekan dan beban tekan diberikan secara merata dan terus-menerus dengan kecepatan 1,4 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan

2,5 kg/cm/detik, atau beban maksimal tercapai dalam waktu kurang dari 20 detik, besarnya beban maksimal tercapai dalam satuan Newton atau kg.



Gambar 2.7 Cetakan sampel Kuat Tekan



Gambar 2.8 Alat Uji Mesin Tekan

$$\text{Kuat tekan mortar semen } (f_c') = \frac{P}{A} \dots (\text{MPa})$$

Dimana :

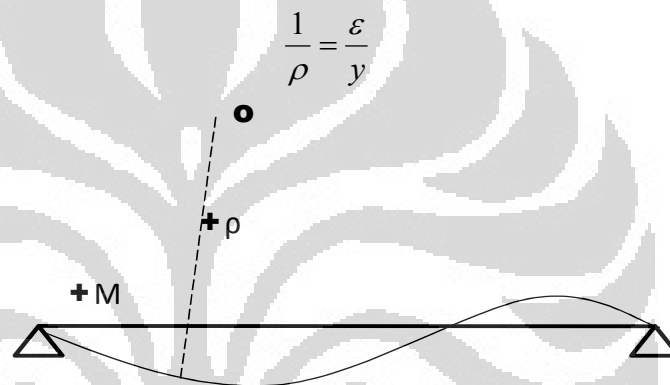
$f_c'$  = Kuat tekan mortar semen (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### 2.2.2 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan Tegangan dan Regangan pada daerah elastis. Daerah elastis pada beton menurut ASTM C-580-02 dibatasi antara regangan 0,00005 dengan tegangan pada 40% tegangan maksimum. Modulus elastisitas dapat dicari dengan membuat benda uji dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm. Dari benda uji tersebut didapat dengan menambahkan beban dengan interval 2 sampai 5N, dan perubahan lendutan. Hubungan antara lendutan dan jari-jari lendutan.

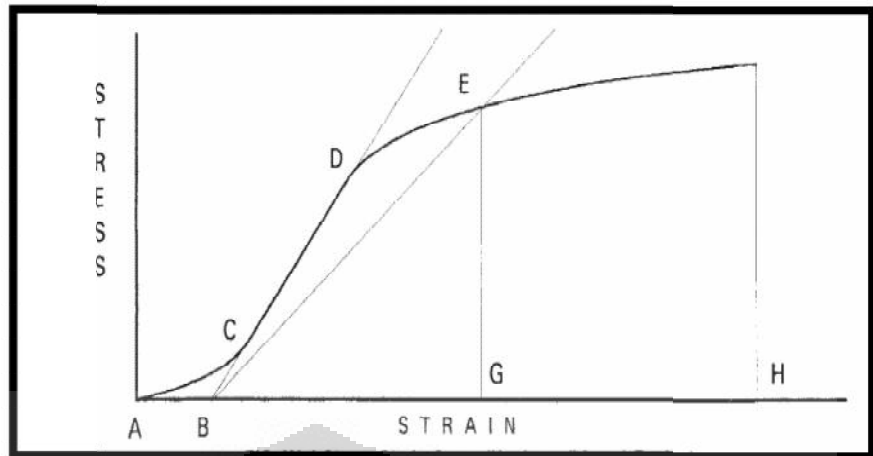


Gambar 2.9 Hubungan Antara Lendutan Jari-Jari Lengkungan dan Lendutan

Modulus dihitung berdasarkan dua asumsi yaitu, akibat beban P dan akibat beban P dan berat sendiri benda uji. Langkah yang harus dikerjakan dalam mencari nilai modulus Elastisitas aktual adalah :

1. Hitung momen dan bidang momen,
2. Hitung lendutan,
3. Hitung properti penampang,
4. Hitung tegangan dan diagram tegangan penampang, dan
5. Hitung regangan dan plot kedalam grafik.





Gambar 2.10 Kurva Tegangan - Regangan ASTM C-580-02

Menurut ASTM C-580-02 untuk mortar :

$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{L^3 \times M_2}{4bd^3}$$

Dimana :

L = Panjang benda uji (mm)

B = Lebar benda uji (mm)

D = Tinggi benda uji (mm)

$M_2$  = Kemiringan garis dari titik yang melalui kurva tegangan regangan dimana besarnya defleksi adalah 50% dari defleksi maksimum.



Gambar 2.11 Alat Uji Modulus Elastisitas

### 2.2.3 Absorpsi

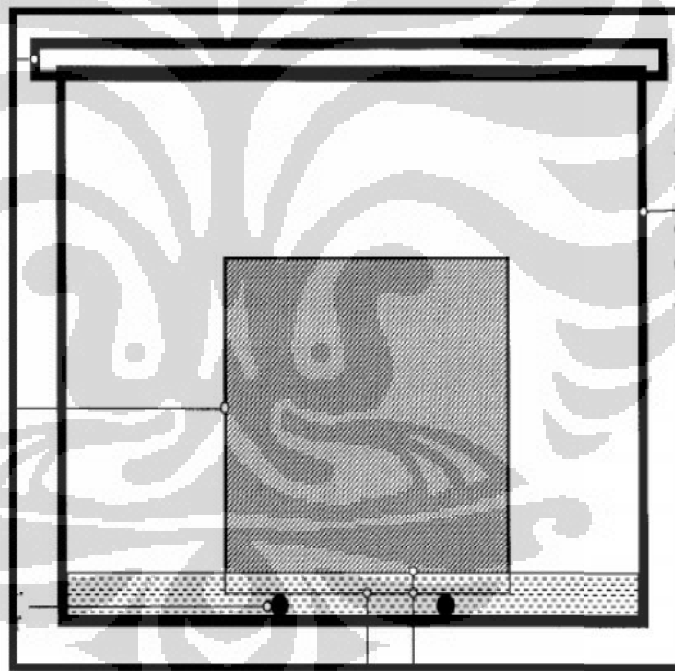
Besarnya penyerapan air pada mortar diukur dengan benda uji kubus tanpa memberikan tekanan air pada benda uji tersebut, dengan melihat penyerapan air pada waktu periode tertentu seperti pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam. Besarnya absorpsi pada mortar sesuai dengan **ASTM C 1403-00** adalah :

$$A_t = (W_t - W_0) \times 10000 / L_1 \times L_2$$

Dimana :

$W_t$  = Berat benda uji pada waktu T (gram).

$W_0$  = Berat tetap awal benda uji (gram).



Gambar 2.12 Pengujian Absorpsi ASTM C-1403-00

### 2.2.4 Density

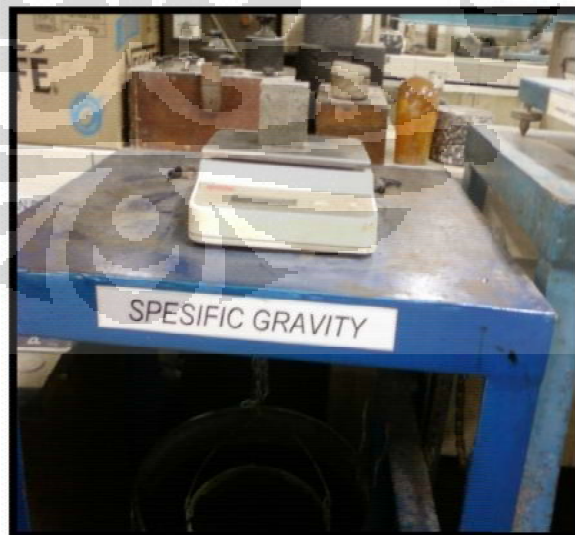
Kerapatan (density) adalah turunan besaran karena menyangkut satuan massa dan volume. Batasannya adalah massa persatuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu. Kerapatan benda padat dibedakan menjadi 2 yaitu, kerapatan padat (*solid/partikcle density*) dan kerapatan curah (*bulk density*).

Berbeda dengan kerapatan, berat jenis adalah bilangan murni tanpa dimensi yang dapat diubah menjadi kerapatan. Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan kerapatan dari suatu zat terhadap kerapatan air.

Mortar yang dihasilkan pada penelitian ini harus diteliti berat densitynya karena nantinya mortar ini akan digolongkan dalam jenisnya sendiri yaitu mortar ringan, sedang atau berat. Besarnya density dapat diukur sebagai berikut :

$$D_c = \frac{\gamma_w \cdot S}{S - I}$$

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w}$$



Gambar 2.13 Pengujian Density

## **BAB III**

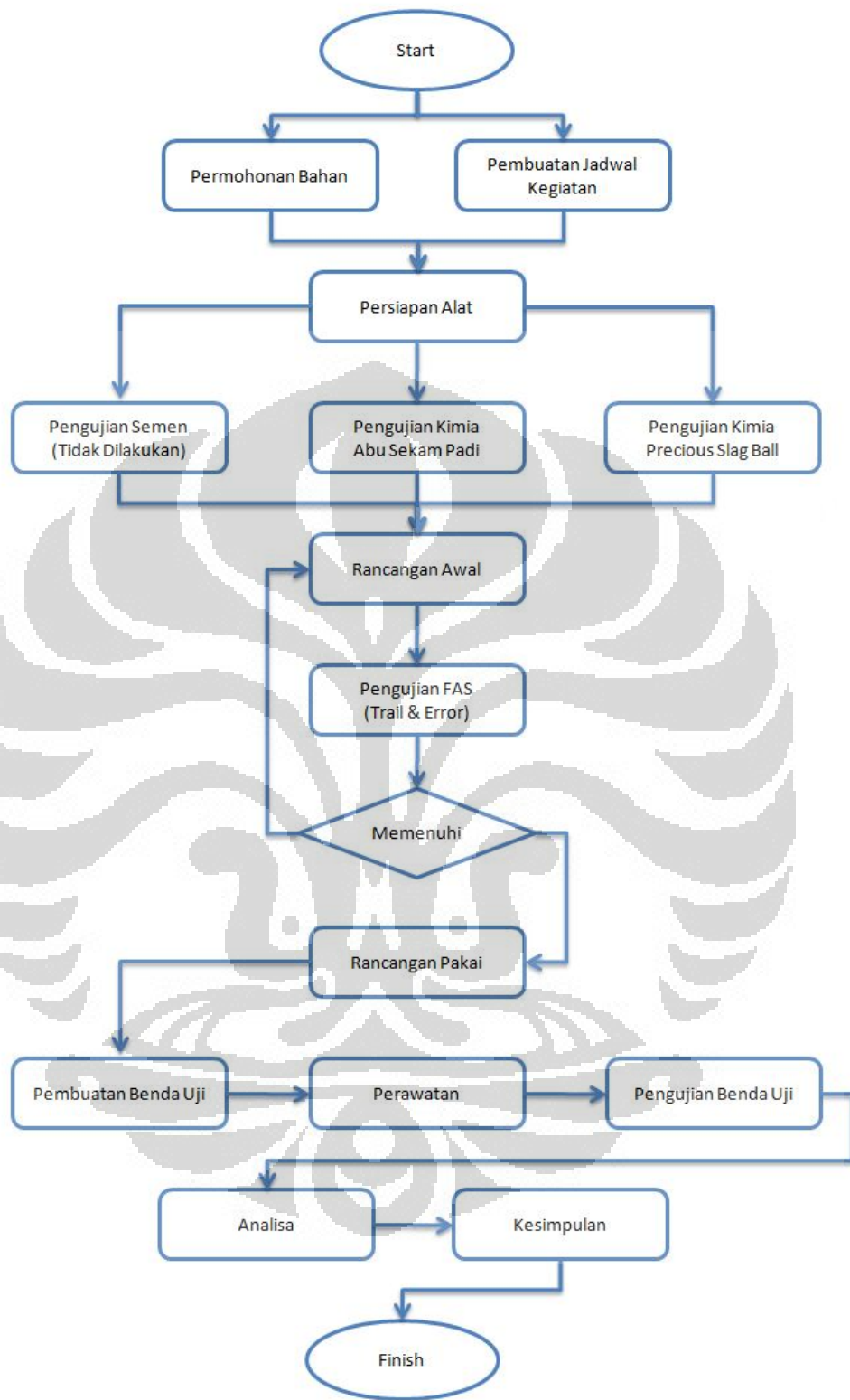
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendahuluan**

Dalam penelitian ini mortar yang akan diteliti terdiri dari campuran PCC, ASP, dan PSB. Campuran tersebut akan dibuat dalam variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB serta 30% PCC dan 70% PSB, yang kemudian diteliti sifat mekanik dari mortar tersebut.

Semen portland komposit yang digunakan tidak dilakukan pengujian fisik dan kimia karena dianggap sudah memenuhi standar, sedangkan ASP dan PSB perlu dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui kandungan kimia bahan, pengujian dilakukan di Laboratorium Material *Science* Universitas Indonesia. Sebelum pembuatan benda uji dimulai terlebih dahulu akan dilakukan pengujian workability untuk mendapatkan faktor air semen (FAS) yang sesuai standar.

Setelah didapatkan kadar FAS yang sesuai maka dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian Kuat tekan, Absorpsi, Density dan Modulus elastisitas. Setelah itu dilakukan perawatan benda uji. Benda uji akan di test sesuai dengan umur pengujiannya, yang kemudian akan dianalisa dan dibuat kesimpulannya. Semua tahapan-tahapan proses penelitian ini dibuat *flow chart* seperti dibawah ini.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

### 3.2 Bahan Baku

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembentukan mortar semen pada penelitian ini adalah :

1. Semen
  - Jenis : *Portland Composite Cement (PCC)*.
  - Merk : Semen Tiga Roda dan Holcim.
2. Abu Sekam Padi
  - Asal : Indramayu.
  - Sumber : PT. HAKIKI.
3. *Precious Slag Ball*
  - Ukuran : 0,20 mm – 0,60 mm.
  - Sumber : PT Purna Baja Heckett.
4. Air
  - Jenis : Air PAM.
  - Sumber : Laboratorium Stuktur dan Material.

### 3.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi :

1. Timbangan  
Timbangan kapasitas 10 kg, digunakan untuk mengukur berat contoh mortar.
2. Gelas ukur  
Gelas ukur volume 50 ml, 100 ml, 250 ml, 1000 ml, digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk adukan mortar semen.
3. Baskom dan cawan  
Baskom digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan bahan susun adukan mortar semen.
4. Sendok spesi  
Sendok spesi digunakan untuk mengaduk mortar semen.
5. Cetakan mortar

Cetakan kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yang digunakan untuk pengujian Kuat tekan, Absorpsi, dan Density mortar semen, cetakan balok dengan ukuran 25 mm x 25 mm x 270 mm untuk pengujian Modulus elastisitas.

6. Jangka sorong

Jangka sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.

7. Ember

Digunakan untuk mengaduk mortar segar.

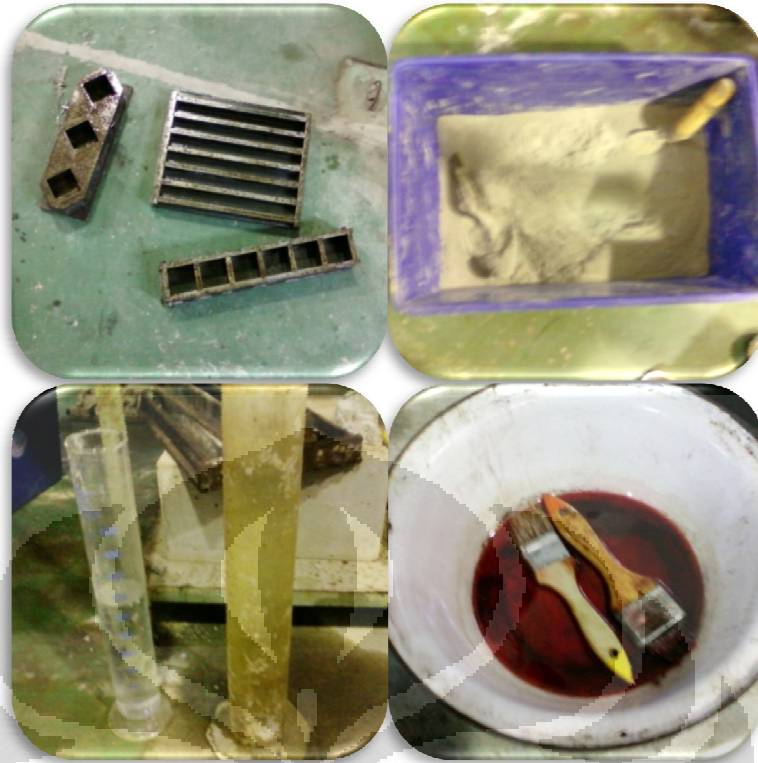
8. Alat uji Kuat tekan, Absorpsi, Density dan Modulus elastisitas.

Alat uji Kuat tekan yang digunakan adalah mesin uji desak (*Compression Tension Machine*) dengan kapasitas Kuat tekan maksimum 1800 Newton dengan kecepatan pembebanan 100 KN/menit. Alat uji Modulus elastisitas adalah mesin uji desak (*Compression Tension Machine*) dengan kapasitas Kuat tekan maksimum 1800 Newton dengan kecepatan pembebanan 100 KN/menit. Alat uji Density menggunakan alat specific gravity, dan alat uji Absorpsi menggunakan ember yang didalamnya terdapat besi dengan diameter kurang lebih 1 cm lalu tergenang air setinggi 3mm dari batas besi ke dasar benda uji.

9. Saringan logam 4,75 mm

Saringan yang digunakan untuk pengetesan mortar segar.

10. Penetrometer, cetakan kubus 15 mm x 15 mm x 15 mm dan cawan logam. Alat yang digunakan untuk *setting time*.



Gambar 3.2 Alat – alat Pengujian

Type Mortar	Persentase Campuran			Type Semen		Nama Mortar	
	PCC	ASP	PSB	Type 1	Type 2	A1	A2
A	30	-	70	Type 1	Type 2	A1	A2
B	30	30	40	Type 1	Type 2	B1	B2
C	30	25	45	Type 1	Type 2	C1	C2
D	30	20	50	Type 1	Type 2	D1	D2
E	30	15	55	Type 1	Type 2	E1	E2

Tabel 3.1 Peta Penelitian Secara Umum



### 3.4 Pengujian Pendahuluan

#### 3.4.1 Analisa Ayak

##### Analisa Ayak PSB dan ASP

###### a. Peralatan yang digunakan :

1. Saringan 0,09 mm dan 1,2 mm, lengkap dengan tutup dan Pan,
2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram,
3. Kuas dengan bulu yang lemas,
4. Pengukur waktu.

###### b. Bahan yang digunakan :

1. ASP, dan
2. PSB.

###### c. Prosedur Pengujian :

1. Timbang benda uji sebanyak 500 gr,
2. Siapkan susunan ayakan mulai dari no, 4 no 8, 16, 30, 50, 100, 200, pan,
3. Masukkan benda uji kedalam susunan ayakan dan pasang pada alat getar,
4. Getar benda uji dalam ayakan dalam waktu 7 -10 menit, dan
5. Timbang bagian yang tertahan pada setiap nomor ayakan.

###### Perhitungan :

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}} \times 100\%$$



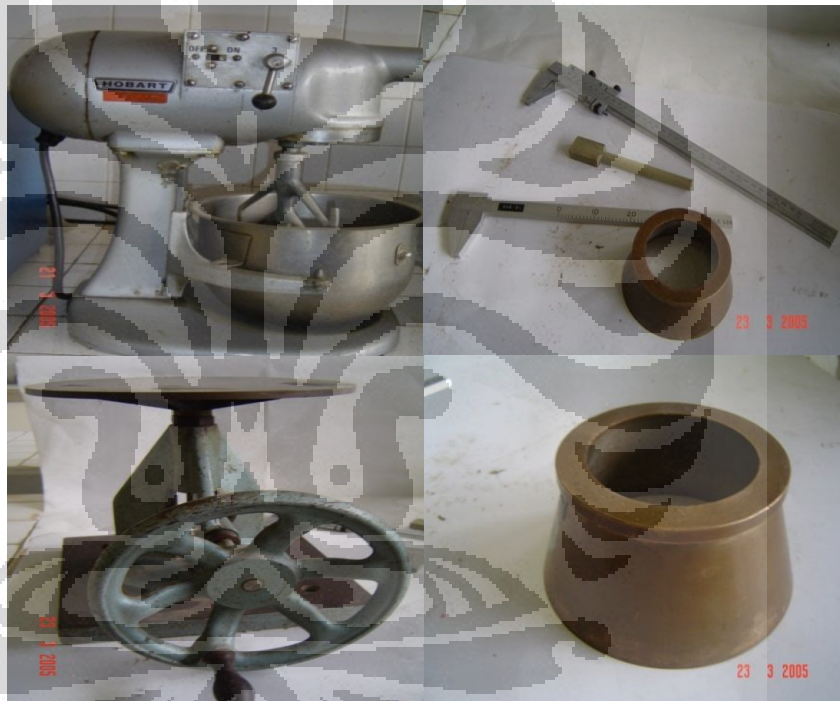
Gambar 3.3 Prosedur Pengujian Analisa Ayak

### 3.4.2 Pengujian Konsistensi (FAS)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian konsistensi normal dengan *flow table* sesuai ASTM C-305-82 yang digunakan untuk menentukan jumlah air yang optimum agar menghasilkan mortar yang mudah dikerjakan. Jumlah air yang digunakan untuk campuran mortar erat sekali hubungannya dengan sifat kemudahan dan kelecakan untuk dikerjakan. Karena konsistensi/kelecakan mortar tergantung dari kadar air yang terkandung dalam mortar itu sendiri. Mortar dengan bahan dan campuran yang berbeda akan membutuhkan jumlah air yang berlainan untuk mencapai sifat kelecakan (konsistensi normal). Untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi normal dalam suatu mortar, perlu dilakukan suatu pengujian. Didalam laboratorium pengujian konsistensi/kelecakan ini biasanya diukur dengan suatu alat tertentu yang sering disebut dengan *flow table*, dimana mortar itu harus

memiliki derajat kecairan (*flow*) yang tertentu. Alat yang dipakai berupa suatu plat datar dari logam, yang dapat diangkat dan dijatuhkan bebas setinggi kurang lebih  $\frac{1}{2}$  inchi, sebanyak 25 kali dalam waktu 15 detik. Diameter mortar sebelum dan sesudah plat tadi dijatuhkan 25 kali diukur kembali. Mortar yang sifat lecahnya baik, perlu memiliki derajat kecairan (*flow*) antara 105% - 115%. Di dalam praktek, biasanya *flow* dari mortar yang dipakai berkisar antara 120% - 130%.

a. Peralatan dan Bahan



Gambar 3.4 Peralatan Uji Konsistensi

Alat yang digunakan :

- Mesin pengaduk mortar
- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Gelas ukur
- Peralatan *flow table* lengkap dengan jangka sorong
- *Stopwatch*

- Cawan
- Sendok aduk
- Spatula
- Sarung tangan

Bahan yang digunakan :

- Bahan perekat hidrolis/semen
- Agregat halus (ASP & PSB)
- Air

## **b. Prosedur Pengujian**

### **1. Pembuatan Mortar :**

- Timbang 250 gram semen, 375 gram abu sekam padi, 375 gram PSB dan air sebanyak 0,5 kali berat semen.
- Letakkan mangkuk pengaduk dan pengaduk pada posisinya dalam mesin pengaduk.
- Masukkan semua air pengaduk ke dalam mangkuk pengaduk.
- Tambahkan semen ke dalam mangkuk pengaduk.
- Jalankan pengaduk pada kecepatan rendah ( $140 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
- Tanpa mematikan mesin masukkan ASP & PSB perlahan - lahan selama 30 detik. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah ke kecepatan sedang ( $285 \pm 5$  rpm) dan jalankan selama 30 detik.
- Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
- Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk di dorong ke bawah.

## 2. Penentuan Konsistensi :

- Persiapkan *flow table*, cetakan, penumbuk, *Stopwatch*, dan jangka sorong.
- Segera setelah selesai pengadukan, mortar diisikan ke dalam cetakan dalam 2 lapis. Tiap lapis ditumbuk 20 kali. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan.
- Cetakan diangkat tegak lurus secara perlahan - lahan.
- Gerakkan *flow table* dengan cara memutar tuas penggerak sehingga terjadi ketukan 25 kali dalam waktu 15 detik. Karena ketukan ini mortar akan melebar pada permukaan *flow table*.
- Ukur pelebaran mortar dengan jangka sorong pada tempat - tempat yang telah ditentukan pada *flow table*.



Gambar 3.5 Prosedur Pengujian Konsistensi

### 3. Perhitungan :

- Menggunakan jangka sorong :

Ukur diameter mortar setelah pengujian (diketuk), pada 4 (empat) tempat, lalu di rata-ratakan.

$$\text{Nilai Flow} = \frac{D_1 - D_0}{D_0} \times 100$$

$$D_1 = \frac{Da + Db + Dc + Dd}{4} \text{ (mm)}$$

Da-Dd = diameter mortar pada empat posisi.

D<sub>0</sub> = diameter awal (dasar kerucut/cetakan)  
(mm)

- Menggunakan Caliper khusus :

Ukur diameter mortar setelah pengujian (diketuk), pada 4 (empat) tempat, lalu dijumlahkan.

$$\text{Nilai Flow} = \frac{Da + Db + Dc + Dd}{D_0} \text{ ( \% )}$$

#### Catatan :

Konsistensi mortar tercapai apabila pelebaran yang diukur dengan jangka sorong khusus berkisar  $110 \pm 5\%$ . Apabila belum tercapai, ulangi lagi percobaan dengan jumlah air yang berbeda.

#### 3.4.3 Pengujian *Setting Time*

##### Pemeriksaan Kualitas Mortar Segar

Setting Time ( Berdasarkan ASTM C 1117 – 89 )

##### a. Tujuan :

Tujuannya adalah pada saat mortar tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, mortar tidak boleh diganggu lagi ataupun dirubah kembali kedudukannya.

### b. Peralatan :

- Satu set alat Vicat,
- Mesin pengaduk semen, yang dilengkapi dengan kecepatan pengadukan,
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram,
- Gelas ukur kapasitas 100 ml, dengan ketelitian 0,1 ml,
- *Stopwatch*,
- Sarung tangan karet,
- Spatula, dan
- Plat kaca ukuran 12 x 12 cm.



Gambar 3.6 Peralatan Setting Time

### c. Prosedur Pengujian :

1. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
2. Ambil mortar segar dan ayak dengan saringan 4,75 mm diatas kubus yang telah dipersiapkan hingga mencapai ketinggian sekitar 2 cm dibawah batas atas cetakan kubus.
3. Ketuk - ketuk bagian samping cetakan sehingga tidak ada lagi udara yang terperangkap dan untuk meratakan permukaannya.

4. Letakkan benda uji diruangan lembab sampai mortar cukup keras.
5. Tekan batang penetrometer menggunakan ujung dengan ukuran terbesar sampai mencapai batas tanda yang terdapat dalam batang tersebut.
6. Ulangi lagi penekanan dengan interval waktu yang semakin dekat.
7. Ganti ujung mata batang tersebut dengan diameter yang lebih kecil jika penekanan terasa sulit.
8. Penekanan selesai jika tekanan telah mencapai 500 psi untuk waktu ikat awal dan 4000 psi untuk waktu ikat akhir.
9. Buat kurva atau grafik dari hasil pemeriksaan waktu ikat awal beton.

**d. Perhitungan :**

Angka yang terbaca pada tongkat penetrometer dibagi dengan ukuran ujung penusuk yang digunakan. Ukuran mata penusuk : 1', 1/2', 1/4', 1/10', 1/20'. Perhitungan penetrasi resisten dengan waktu yang dilalui menggunakan persamaan analisa regresi linear.

### **3.5 Pengujian Yang Dilakukan**

#### **3.5.1 Prosedur Pembuatan Benda Uji**

Material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu, alat yang digunakan dalam pengadukan, yaitu sebuah ember besar karena kapasitasnya besar



dan mudah dalam pengadukan. Pada penelitian ini pembuatan benda uji terdiri dari 4 tahapan yaitu :

1. Persiapan dan Penakaran

- Alat-alat yang akan digunakan disiapkan untuk pengujian,
- Bahan baku disiapkan dan ditakar sesuai ukuran yang telah ditentukan, misalnya PCC, ASP dan PSB.
- Pengadukan dengan faktor air mortar yang telah ditentukan, yaitu sebesar 0,36,
- Penuangan benda uji kedalam cetakan, dan
- Perawatan.

Jenis Pengujian	Komposisi (%)			Umur Pengujian (Hari)						
	PCC tipe 1	ASP	PSB	3	7	14	21	28	56	90
Kuat Tekan	30		70	5	5	5	5	5	5	5
Modulus Elastisitas	30		70					5		
Absorpsi	30		70					5		
Density	30		70					5		
Kuat Tekan	30	20	50	5	5	5	5	5	5	5
Modulus Elastisitas	30	20	50					5		
Absorpsi	30	20	50					5		
Density	30	20	50					5		

Tabel 3.2 Jumlah benda uji untuk type PCC 1

Jenis Pengujian	Komposisi (%)			Umur Pengujian (Hari)						
	PCC tipe 2	ASP	PSB	3	7	14	21	28	56	90
Kuat Tekan	30		70	5	5	5	5	5	5	5
Modulus Elastisitas	30		70					5		
Absorpsi	30		70					5		
Density	30		70					5		
Kuat Tekan	30	20	50	5	5	5	5	5	5	5
Modulus Elastisitas	30	20	50					5		
Absorpsi	30	20	50					5		
Density	30	20	50					5		

Tabel 3.3 Jumlah benda uji untuk type PCC 2

### 3.5.2 Pengujian Kuat tekan

- **Jenis Percobaan** : Kuat tekan Mortar
- **Referensi** : ASTM C-109-80

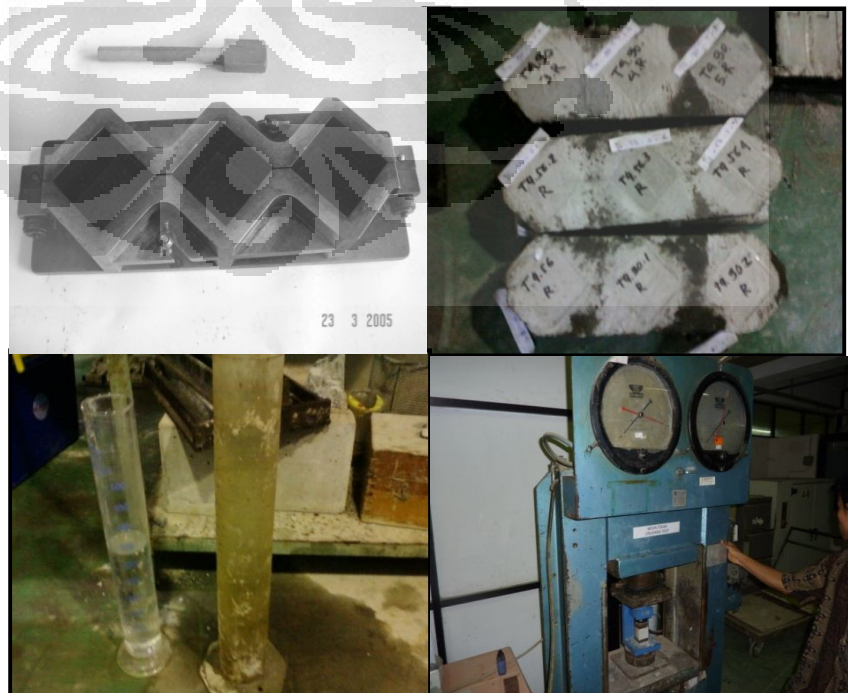
#### a. Tujuan :

Untuk mengetahui kekuatan mortar yang terbuat dari bahan perekat hidrolis dan agregat halus pada perbandingan sesuai rencana.

#### b. Dasar Teori :

Mortar untuk pasangan batu bata ataupun pasangan lainnya harus mempunyai kekuatan yang baik. Kekuatan pada mortar dipengaruhi oleh bahan campurannya serta perbandingannya. Di Indonesia belum ada persyaratan mengenai kekuatan adukan, hanya untuk konstruksi tertentu, dianjurkan untuk menggunakan jenis campuran yang tertentu pula, seperti yang tercantum dalam peraturan bangunan nasional 1977. Beberapa negara sudah memiliki standard yang mencantumkan kekuatan aduk mortar ini.

#### c. Alat Dan Bahan :



Gambar 3.7 Peralatan Pengujian Tekan

Alat yang digunakan :

- Mesin pengaduk mortar dan perlengkapannya
- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Gelas ukur
- *Stopwatch*
- Cetakan kubus 50 x 50 x 50 mm
- Batang penumbuk
- Spatula
- Sendok aduk
- *Flow table* dan perlengkapannya
- Cawan
- Mesin uji tekan

Bahan yang digunakan :

- Bahan perekat hidrolis/semen
- Agregat halus (ASP & PSB)
- Air

**d. Prosedur Pengujian :**

1. Tentukan terlebih dahulu komposisi adukan sesuai kebutuhan dalam perbandingan berat. Tentukan jumlah air pencampur sesuai konsistensi normal.
2. Pembuatan benda uji :
  - Timbang bahan sesuai dengan komposisi yang direncanakan.
  - Masukkan air pencampur ke dalam mangkuk pengaduk.
  - Masukkan semen. Jalankan mesin dengan kecepatan rendah ( $145 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
  - Tanpa mematikan mesin masukkan ASP & PSB perlahan - lahan selama 30 detik.

- Hentikan mesin pengaduk lalu pindah ke kecepatan sedang ( $285 \pm 5$  rpm) dan jalankan selama 30 detik.
  - Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
  - Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk didorong ke bawah.
  - Tentukan konsistensi normalnya dengan *flow table*.
3. Pencetakan benda uji :
- Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
  - Mortar yang telah mencapai konsistensi normal segera diisikan ke dalam cetakan dalam 2 lapis. Tiap lapis ditumbuk 32 kali dalam waktu 10 detik, yang terdiri dari 8 tumbukan. Urutan pemadatan sama dengan Kuat tekan semen.
  - Selesaikan 32 kali tumbukan tersebut baru pindah pada cetakan yang lain. Tumbukan ini hanya untuk meratakan pengisian mortar di dalam cetakan, karena itu jangan ditumbuk keras - keras.
  - Ulangi langkah di atas untuk lapis kedua dari tiap cetakan.
  - Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan dengan menggunakan spatula.
4. Penyimpanan benda uji :
- Segera setelah selesai pencetakan benda uji dan cetakannya diletakkan di tempat lembab (RH 95%) selama 20-24 jam. Suhu berkisar  $20^{\circ}$ - $27^{\circ}$  C.
  - Setelah 24 jam, lepaskan benda uji dari cetakannya dan rendam dalam air pada suhu ruang sampai waktu pengujian. Suhu berkisar  $23^{\circ} \pm 1,7^{\circ}$  C. Air perendam harus bebas dari minyak, lumpur dan bahan kimia yang dapat merusak semen.

## 5. Pengujian Kuat tekan :

Secara garis besar urutan pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut :

- Pada saatnya untuk pengujian, bersihkan permukaan benda uji dengan lap sampai bersih dari butiran-butiran pasir yang menempel pada permukaannya.
- Ukur rusuk-rusuk kubus dengan teliti dan hitung luas bidang tekannya.
- Timbang benda uji.
- Bawa benda uji ke mesin tekan.
- Siapkan mesin tekan dengan cara menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan bagian kontrol. Hubungkan pula kabel listrik antara mesin tekan dengan sumber arus.
- Atur mesin tekan, agar jarak antara plat atas dengan plat bawah tidak terlalu jauh, yaitu dengan meletakkan plat sebagai ganjal. Usahakan setelah benda uji dipasang pada mesin tekan, jarak antara sampel dengan plat atas tidak lebih dari 1(satu) cm.
- Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka 0 (nol) dengan cara memutarinya.
- Hidupkan mesin tekan dan beban tekan diberikan secara merata dan terus-menerus dengan kecepatan 1,4 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 2,5 kg/cm/detik, atau beban maksimal tercapai dalam waktu kurang dari 20 detik, besarnya beban maksimal tercapai dalam satuan Newton atau kg.
- Hitung Kuat tekan :

Perhitungan :

$$\text{Kuat tekan mortar} = \frac{P_{\max}}{A} \text{ N/mm}^2 \text{ atau kgf/cm}^2$$

Dimana :  $P_{\max}$  = beban maksimum dalam Newton  
atau kgf.

A = luas bidang tekan benda uji, mm<sup>2</sup>  
atau cm<sup>2</sup>.

### 3.5.3 Pengujian Modulus Elastisitas

- **Jenis Percobaan** : **Pengujian Modulus Elastisitas**
- **Referensi** : **(ASTM C-580-02)**

#### a. Tujuan :

1. Membandingkan nilai Modulus Elastisitas hasil pengujian dengan nilai teoritis.
2. Membandingkan nilai modulus elastisitas dengan Kuat tekan.

#### b. Dasar Teori :

Modulus Elastisitas adalah perbandingan Tegangan dan regangan pada daerah elastis. Daerah elastis pada beton menurut ASTM dibatasi antara regangan 0,00005 dengan tegangan pada 40 % tegangan maksimum, sehingga rumus Modulus Elastisitas pada beton adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Pengujian :
  - a. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel,
  - b. Ukur benda uji sesuai kapasitas alat yang ada, panjang total benda uji (Lo) dari perletakan ke perletakan adalah 240 mm,
  - c. Garis bagian tengah benda uji yang akan diletakkan pembebanan dan 1/3 dari setiap perletakan untuk meletakkan dial pembacaan defleksi, dan
  - d. Benda uji sudah siap ditest.



Gambar 3.8 Persiapan benda uji sebelum ditest

2. Cara Pengujian :

- a. Letakkan benda uji pada alat Modulus Elastisitas,
- b. Atur dial pembacaan tepat digaris  $1/3$  dari panjang bentang,
- c. Lakukan penambahan beban setiap interval 10 N, dan penambahan beban akan berkurang bila sudah dirasa cukup dan beban diganti dengan kapasitas yang lebih kecil seperti 5 N dan 2 N agar pembacaan lebih detail,
- d. Catat besar setiap penambahan dan bacaan dial.



Gambar 3.9 Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus dihitung berdasarkan dua asumsi yaitu, akibat beban P dan akibat beban P dan berat sendiri benda uji. Langkah yang harus dikerjakan dalam mencari nilai modulus Elastisitas aktual adalah :

1. Hitung momen dan bidang momen,
2. Hitung lendutan,
3. Hitung properti penampang,
4. Hitung tegangan dan diagram tegangan penampang, dan
5. Hitung regangan dan plot kedalam grafik.

$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{L^3 \times M_2}{4bd^3}$$

Dimana :

L = Panjang benda uji (mm)

B = Lebar benda uji (mm)

D = Tinggi benda uji (mm)

$M_2$  = Kemiringan garis dari titik yang melalui kurva tegangan regangan dimana besarnya defleksi adalah 50% dari defleksi maksimum.

#### 3.5.4 Pengujian Absorpsi

Besarnya penyerapan air pada mortar diukur dengan benda uji kubus tanpa memberikan tekanan air pada benda uji tersebut, dengan melihat penyerapan air pada waktu periode tertentu seperti pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam. Besarnya absorpsi pada mortar sesuai dengan ASTM C 1403-00 adalah :

$$A_t = (W_t - W_0) \times 10000 / L_1 \times L_2$$



Dimana :

$W_t$  = Berat benda uji pada waktu T (gram).

$W_0$  = Berat tetap awal benda uji (gram).

1. Persiapan Pengujian :

- a. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel,
- b. Ukur dimensi benda uji, dan benda uji di oven selama 24 jam sampai berat tetap didapatkan, dan
- c. Angkat benda uji dari oven dan dinginkan agar suhu benda uji sama dengan suhu ruangan.



Gambar 3.10 Pengujian Absorpsi

2. Cara Pengujian :

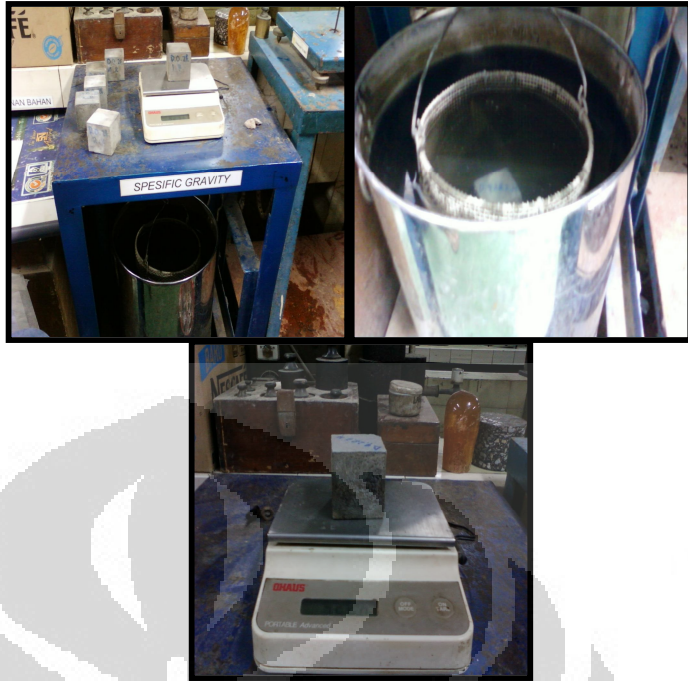
- a. Tentukan bagian atas permukaan,

- b. Hitung luas permukaan dengan mengukur lebar dan tinggi benda uji,
- c. Timbang berat benda uji ( $W_0$ ),
- d. Tempatkan ember pada permukaan datar,
- e. Tambahkan air pada ember sehingga benda uji terendam  $3 \pm 0,5$  mm, dan
- f. Catat berat benda uji pada  $\frac{1}{4}$  jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam.

#### **3.5.5 Pengujian Density**

Mortar yang dihasilkan pada penelitian ini harus diteliti berat densitynya karena nantinya mortar ini akan digolongkan dalam jenisnya sendiri yaitu mortar ringan, sedang atau berat.

1. Persiapan Pengujian :
  - a. Ambil benda uji dan bersihkan,
  - b. Timbang benda uji (gram), dan
  - c. Oven benda uji selama 24 jam dan catat berat benda uji setelah dioven.
2. Cara Pengujian :
  - a. Letakkan benda uji dalam keranjang yang terisi air dan timbang benda uji dalam air (benda uji + air),
  - b. Angkat benda uji, lap hingga benda uji kering permukaan dan timbang benda uji.



Gambar 3.11 Pengujian Density

## BAB IV

### PELAKSANAAN PENELITIAN DAN ANALISIS

#### 4.1 Pengujian Material (unsur, gradasi, dan ukuran)

##### 4.1.1 *X Ray Fluorosency (XRF)*

Teknik XRF merupakan analisis suatu bahan dengan menggunakan peralatan spectrometer dipancarkan oleh sampel hasil efek fotolistrik dari penyinaran sinar-x ke sampel. Dalam pengujian dengan menggunakan alat XRF akan diperoleh hubungan dua parameter yaitu energi unsur (keV) terhadap intensitas cacahan perdetik (*cps/count per second*). Sinar-x yang dianalisis berupa sinar-x karakteristik yang dihasilkan dari tabung x-ray. Bahan yang dianalisis dapat berupa bahan padat pejal dan serbuk. Unsur yang dapat dianalisis adalah unsur yang mempunyai nomor atom rendah seperti unsur karbon (C) sampai dengan unsur yang mempunyai nomor atom tinggi seperti uranium (U). Unsur C mempunyai sinar x transisi ke kulit K (C-K) sebesar 0,28 keV dan sedangkan sinar-x karakteristik dari kulit L atom U pada 13,61 keV. Oleh karena energi setiap atom terdiri dari energi pada kulit atom K, L, M maka energi yang diambil untuk analisis adalah energi sinar-x yang dihasilkan oleh salah satu kulit atom tersebut. Pada pengoperasian alat XRF diperoleh bahwa rentang energi sinar-x pada peralatan adalah 5-50 keV. Oleh karena itu, untuk menganalisis atom U harus diambil pada energi kulit L (13,61 keV) karena energi kulit K sangat besar (97,13 keV) dan berada di luar kemampuan alat. Analisis menggunakan XRF akan menghasilkan suatu spectrum yang menunjukkan kandungan unsur-unsur pada tingkat energi tertentu. Analisis kuantitatif unsur didasarkan sinar-x pada energi yang bersangkutan.

Langkah-langkah Pengujian XRF adalah sebagai berikut :

1. Kalibrasi Energi

Sebelum melakukan analisis perlu melakukan kalibrasi energi. Bahan yang digunakan untuk kalibrasi adalah paduan Al ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Kalibrasi energi dilakukan agar unsur yang terkandung dalam suatu bahan tepat pada energi yang semestinya. Kalibrasi dilakukan pada kondisi tegangan 14 kV dan arus 100 A dan kevakuman 300 m Torr.

2. Kalibrasi Pengukuran

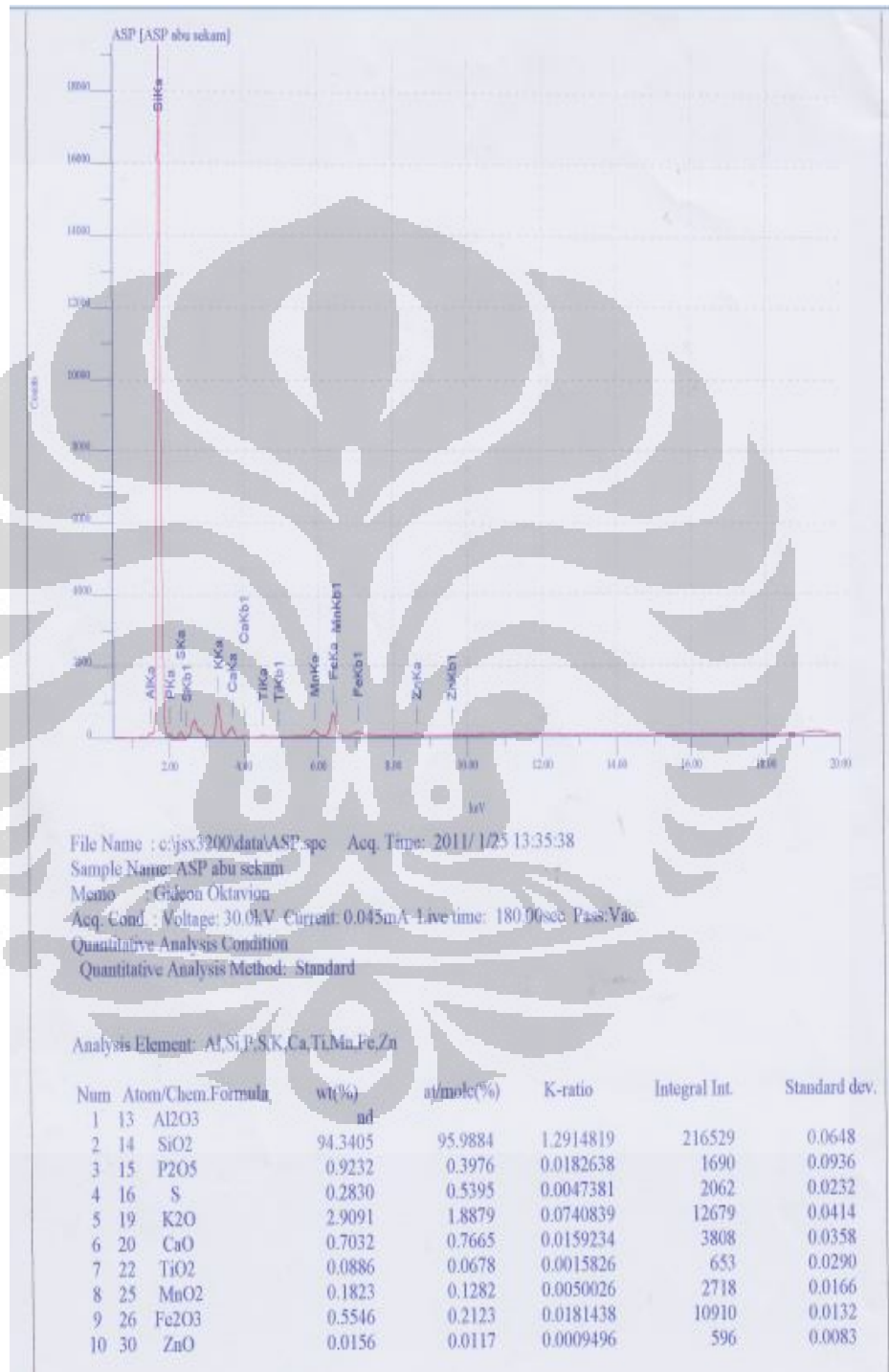
Kalibrasi pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui penyimpangan pengukuran dari alat. Bahan yang digunakan adalah logam U dan Zr yang telah diketahui konsentrasinya. Hasil kalibrasi pengukuran tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan daerah pengukuran sampel uji.

3. Pengukuran sampel

Pengukuran sampel uji untuk mengetahui jenis dan jumlah unsur yang terkandung didalam sampel. Sampel uji diletakkan di atas sampel holder selanjutnya dilakukan pengukuran. Hasil pengukuran sampel uji dihitung dengan membandingkan hasil kalibrasi pengukuran dari sampel standar.

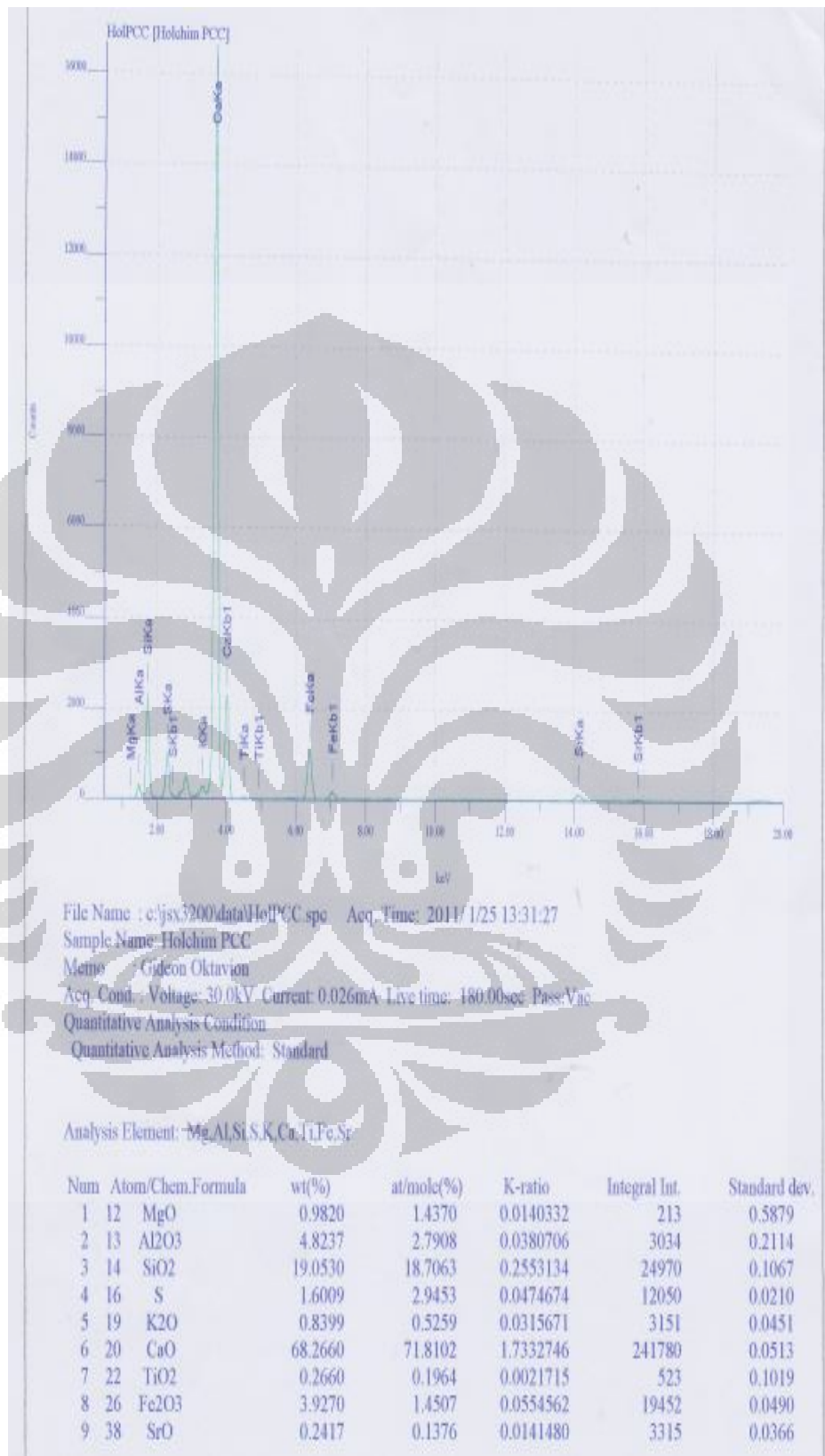
Adapun bahan-bahan yang diuji pada penelitian ini, adalah sebagai berikut :

a. Abu Sekam Padi



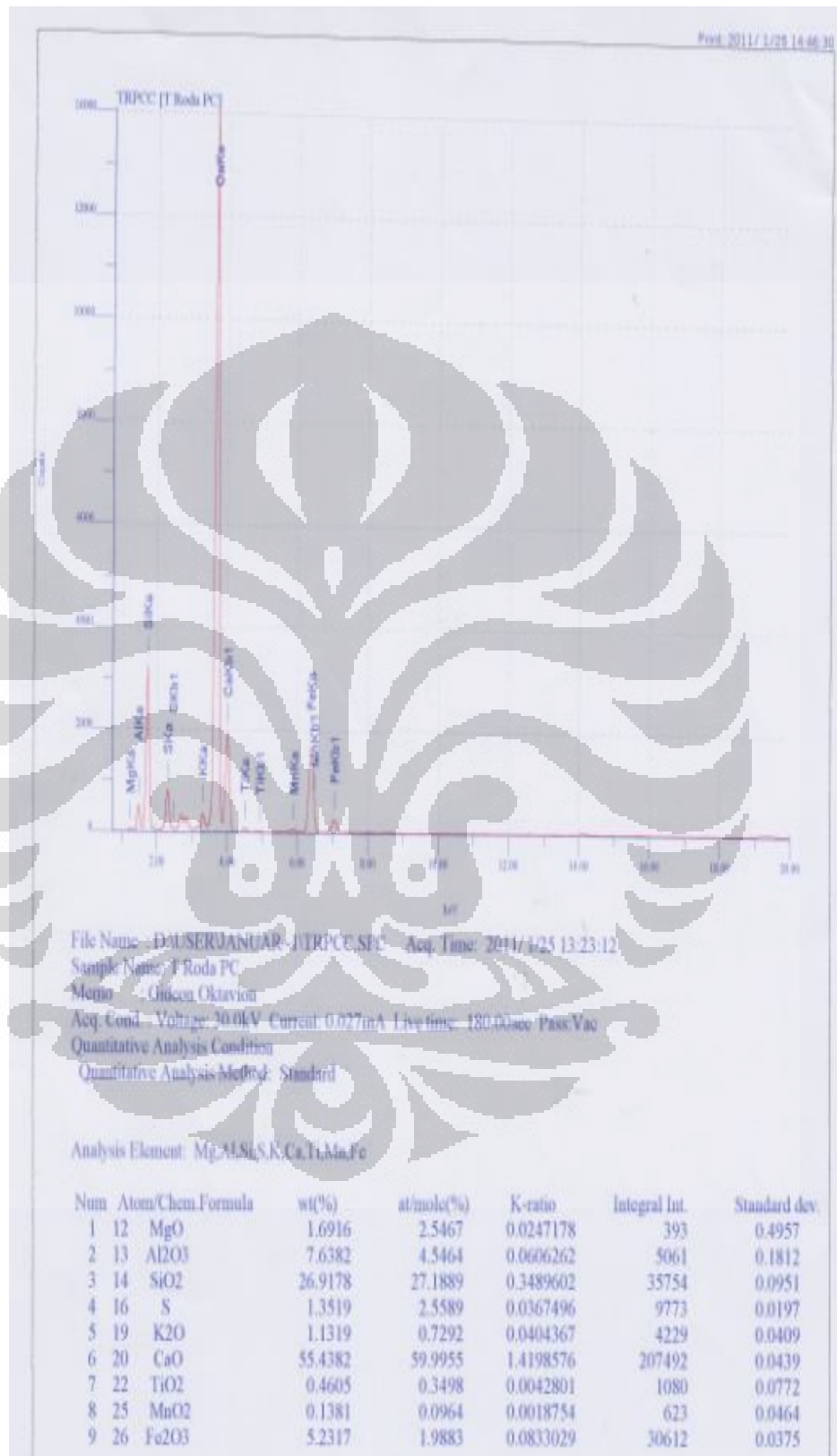
Gambar 4.1 Hasil XRF Abu Sekam Padi

b. PCC Holcim



Gambar 4.2 Hasil XRF PCC Holcim

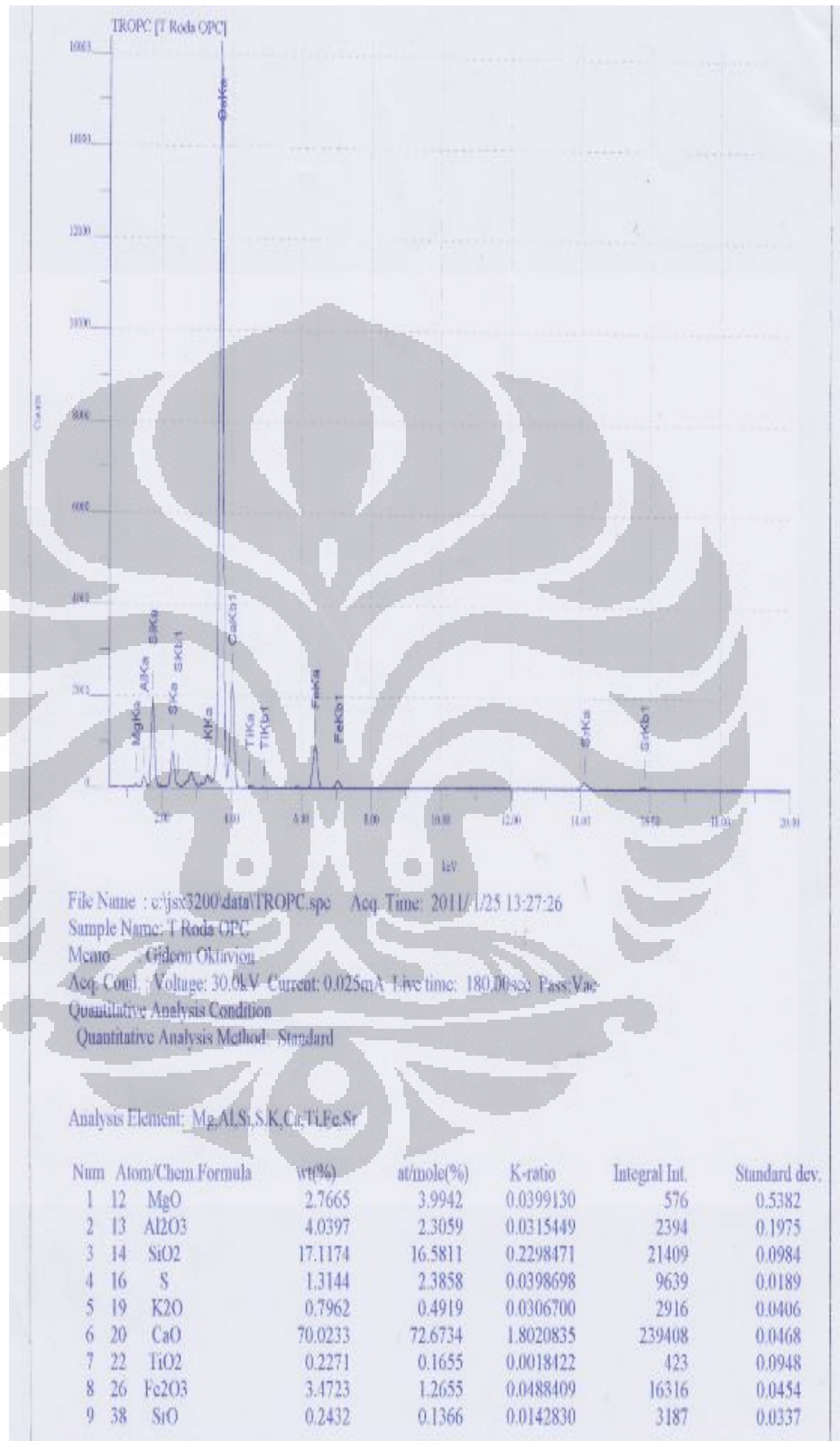
c. PCC Tiga Roda



Gambar 4.3 Hasil XRF PCC Tiga Roda

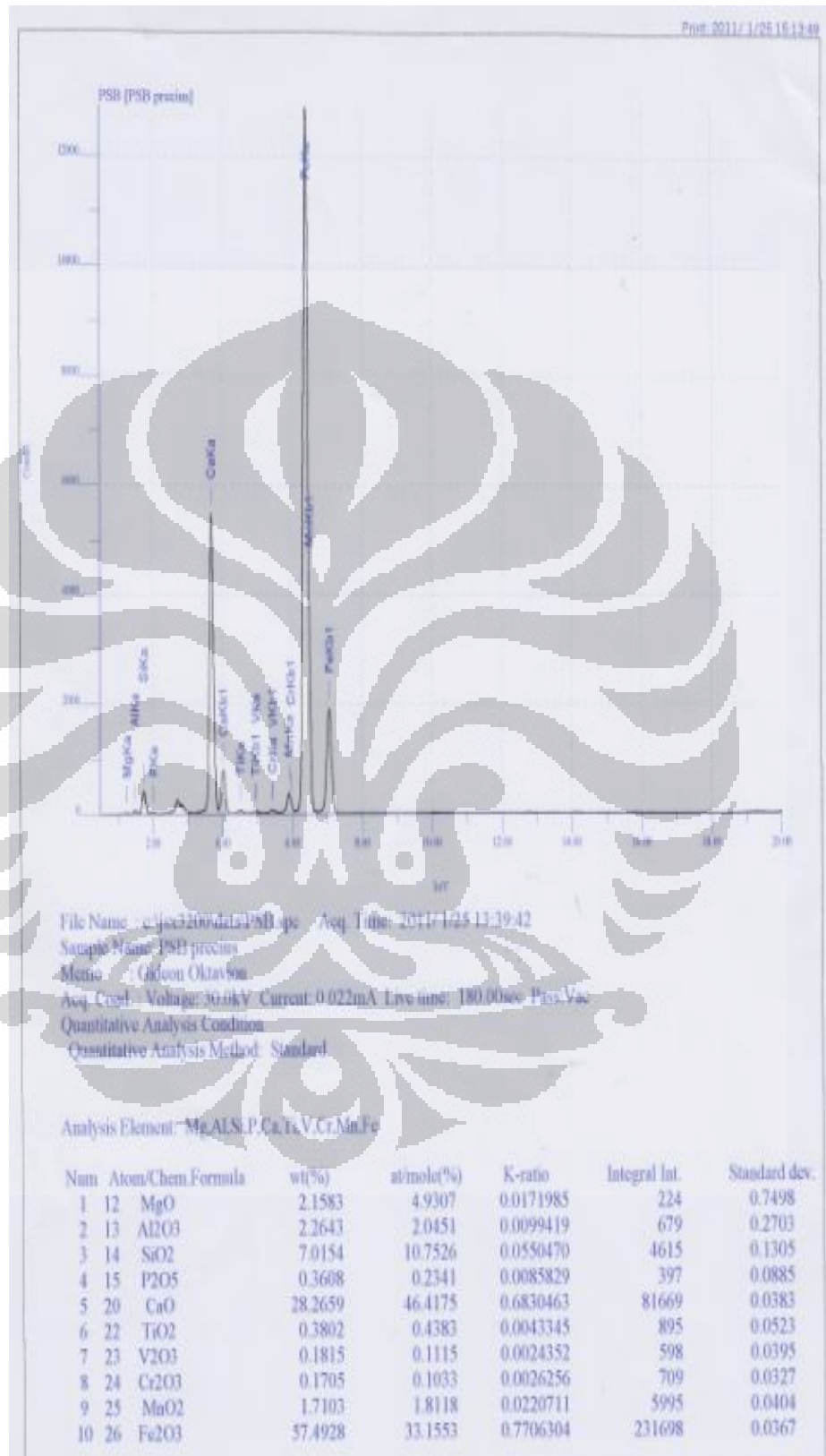


d. OPC Tiga Roda



Gambar 4.4 Hasil XRF OPC Tiga Roda

e. Precious Slag Ball



Gambar 4.5 Hasil XRF Precious Slag Ball

#### 4.1.2 *Scanning Electrone Microscope (SEM)*

SEM merupakan sebuah mikroskop yang mampu untuk melakukan pembesaran objek sampai 2 juta kali, yang menggunakan elektrostatik dan elektromagnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya. Mikroskop elektron ini menggunakan jauh lebih banyak energi dan radiasi elektromagnetik yang lebih pendek dibandingkan mikroskop cahaya.

Sebelum melakukan pengujian SEM, terlebih dahulu sampel didispersikan dengan cara melarutkannya dalam aseton kemudian disonik selama  $\pm 1$  menit. Selanjutnya, larutan ini dituangkan pada kaca preparat dan ditunggu hingga mengering. Setelah mengering sampel yang ada ditempelkan dengan selotip karbon dan ditempelkan dalam wadah sampel khusus dan selanjutnya dilapisi dengan emas. Setelah dilapisi emas sampel siap untuk diobservasi.

SEM dengan merek Jeol Scanning Microscope (JSM) 5310 LV digunakan agar kita dapat secara visual melihat bentuk dan ukuran serbuk yang didapatkan melalui hasil ekstraksi. Proses ekstraksi dilakukan pada pasir dengan persentase kandungan titanium yang tinggi. HCL yang digunakan adalah HCL teknis dengan konsentrasi 33%, sedangkan Fe pereduktornya (Fe-red) adalah Fe tunggal yang didapatkan dari proses elektrolisis. Fe-red berbentuk bongkahan padat kecil  $\pm 1$  cm, untuk mendapatkannya dalam bentuk serbuk Fe-red di-milling selama  $\pm 30$  menit.

Pada sebuah mikroskop elektron (SEM) terdapat beberapa peralatan utama antara lain:

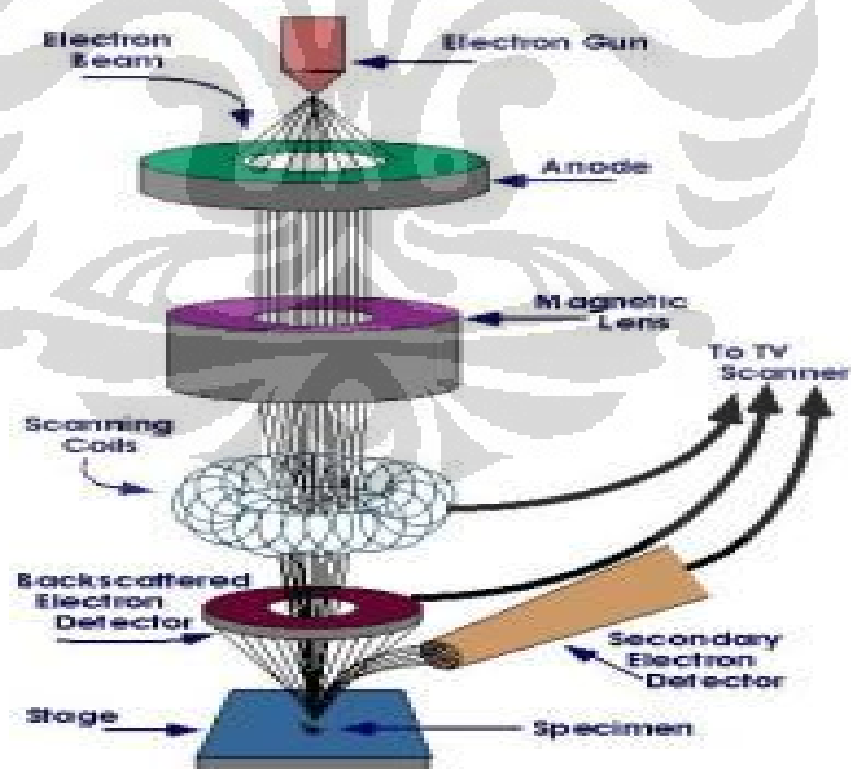
1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas electron misal tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.

3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut :

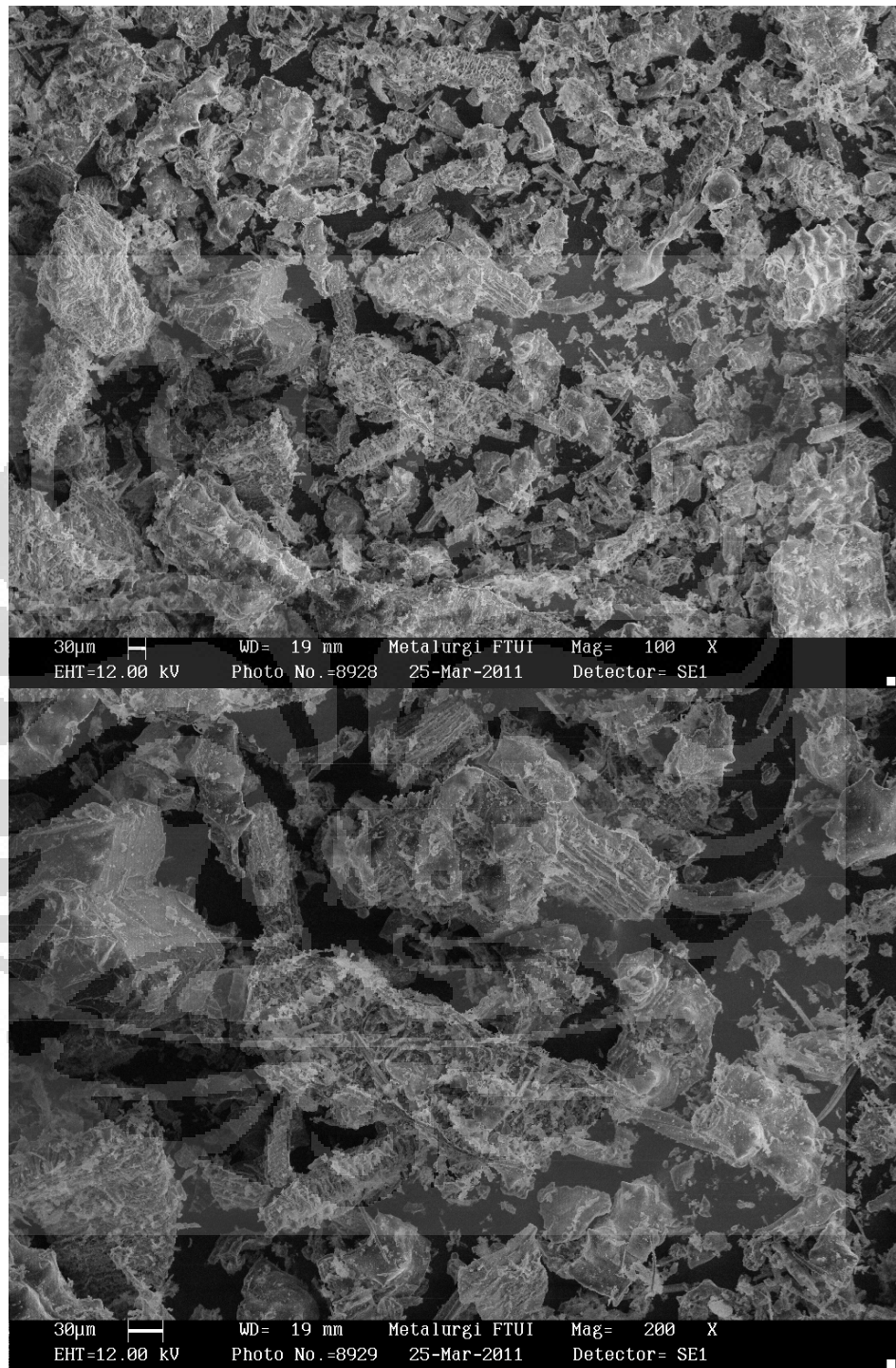
1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Secara lengkap skema SEM dijelaskan oleh gambar dibawah ini:

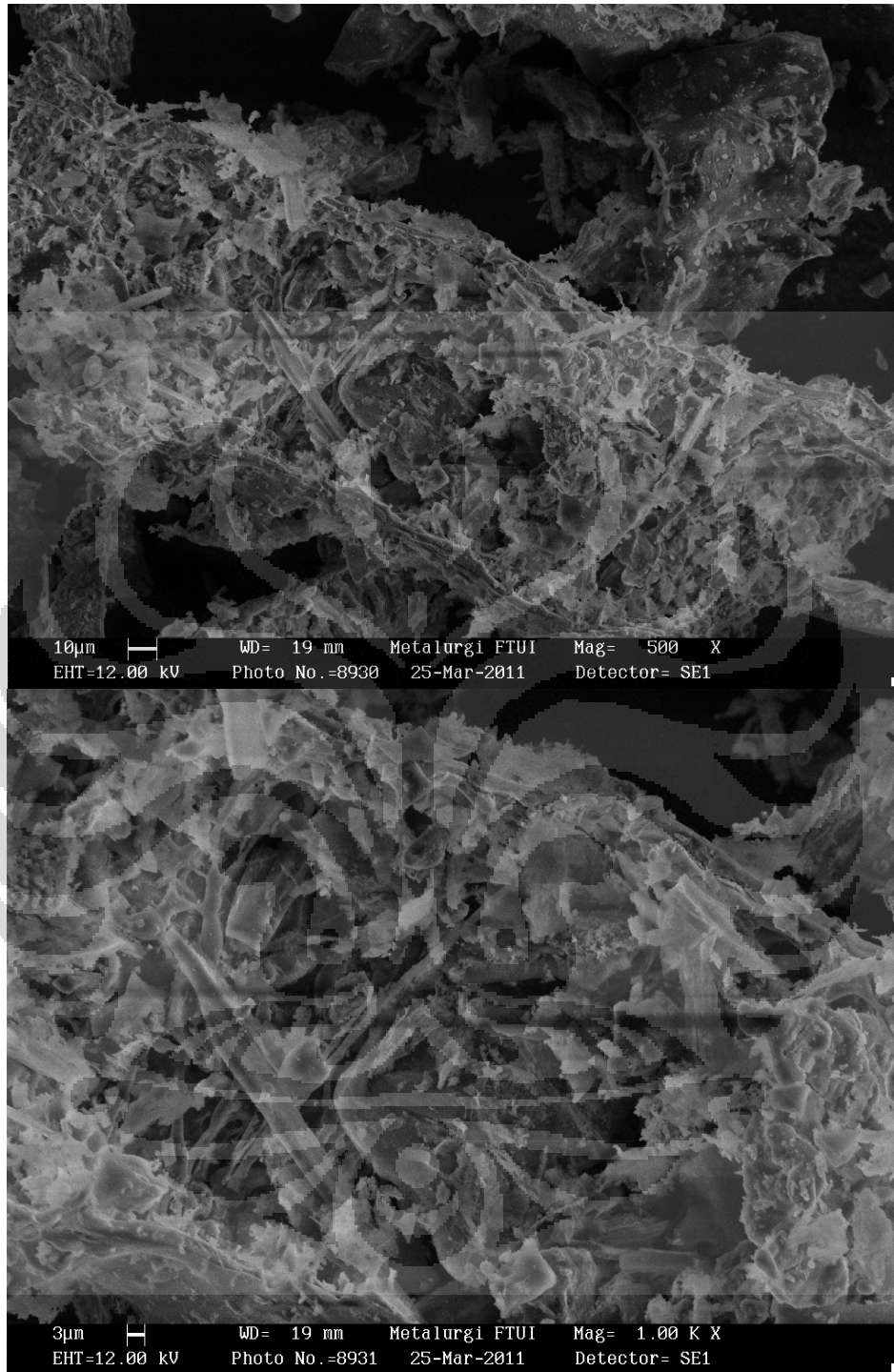


Gambar 4.6 Skema Prosedur uji SEM

Adapun bahan-bahan yang diuji pada penelitian ini, adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Hasil Pengujian SEM



**Gambar 4.8** Hasil Pengujian SEM

### 4.1.3 Particle Size Analyzer (PSA)

PSA merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran material kurang dari 0,4 mikron. Pengujian PSA dapat dilakukan dengan menggunakan alat The LS 100.



Gambar 4.9 Alat PSA ( LS 100 )

Bahan - bahan penunjang yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Larutan Aquades
- Pipet tetes sebanyak 3 buah
- Gelas ukur
- Sendok ukur



Gambar 4.10 Peralatan penunjang uji PSA

Adapun bahan-bahan yang diuji pada penelitian ini, adalah sebagai berikut :

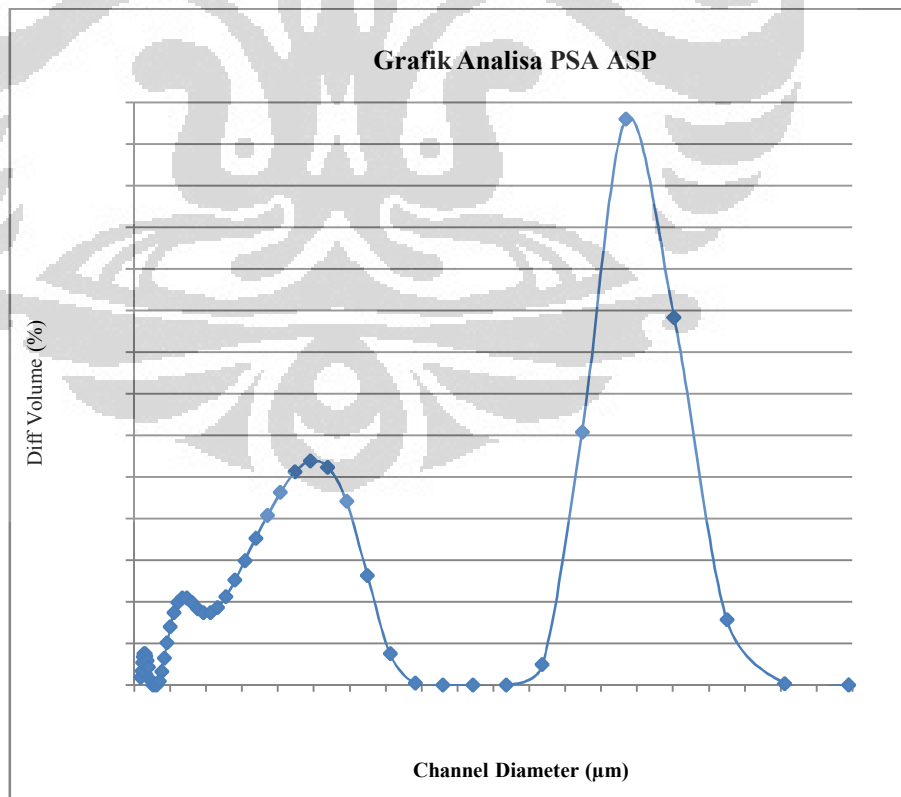
a. Abu Sekam Padi

**Tabel 4.1** Hasil PSA Abu Sekam Padi

No	Channel Diameter (Lower) $\mu\text{m}$	Diff Volume	Diff Volume %
1	0.375	0.18	18
2	0.412	0.34	34
3	0.452	0.54	54
4	0.496	0.68	68
5	0.545	0.75	75
6	0.598	0.76	76
7	0.656	0.70	70
8	0.721	0.59	59
9	0.791	0.44	44
10	0.868	0.27	27
11	0.953	0.10	10
12	1.047	0.0091	0.91
13	1.149	0	0
14	1.261	0.0067	0.67
15	1.384	0.097	9.7
16	1.520	0.33	33
17	1.668	0.65	65
18	1.832	1.02	102
19	2.011	1.40	140
20	2.207	1.74	174
21	2.423	1.98	198
22	2.660	2.10	210
23	2.920	2.09	209
24	3.205	1.98	198
25	3.519	1.84	184
26	3.863	1.74	174
27	4.240	1.74	174
28	4.655	1.87	187
29	5.110	2.13	213
30	5.610	2.52	252
31	6.158	2.99	299
32	6.760	3.52	352
33	7.421	4.08	408
34	8.147	4.63	463
35	8.943	5.12	512
36	9.818	5.38	538
37	10.78	5.24	524
38	11.83	4.41	441
39	12.99	2.63	263
40	14.26	0.75	75
41	15.65	0.047	4.7
42	17.18	0	0
43	18.86	0	0
44	20.71	0	0
45	22.73	0.49	49
46	24.95	6.08	608
47	27.39	13.6	1360
48	30.07	8.84	884
49	33.01	1.57	157
50	36.24	0.039	3.9
51	39.78	0	0
52	43.67	0	0
53	47.94	0	0
54	52.62	0	0



55	57.77	0	0
56	63.41	0	0
57	69.61	0	0
58	76.42	0	0
59	83.89	0	0
60	92.09	0	0
61	101.10	0	0
62	111.00	0	0
63	121.80	0	0
64	133.70	0	0
65	146.80	0	0
66	161.20	0	0
67	176.90	0	0
68	194.20	0	0
69	213.20	0	0
70	234.00	0	0
71	256.90	0	0
72	282.10	0	0
73	309.60	0	0
74	339.90	0	0
75	373.10	0	0
76	409.60	0	0
77	449.70	0	0
78	493.60	0	0
79	541.90	0	0
80	594.80	0	0
81	653.00	0	0
82	716.80	0	0
83	786.90	0	0
84	863.90	0	0



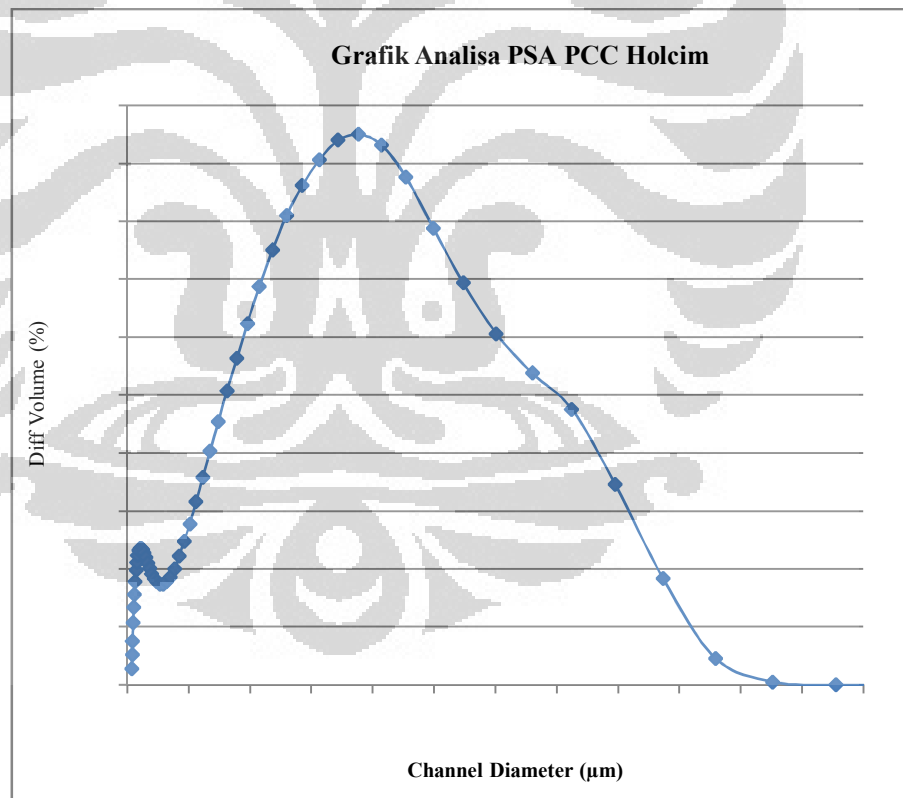
**Grafik 4.1** Ukuran vs Volume PSA ASP

b. PCC Holcim

Tabel 4.2 Hasil PSA PCC Holcim

No	Channel Diameter (Lower) $\mu\text{m}$	Diff Volume	Diff Volume %
1	0.375	0.14	14
2	0.412	0.26	26
3	0.452	0.38	38
4	0.496	0.54	54
5	0.545	0.67	67
6	0.598	0.78	78
7	0.656	0.89	89
8	0.721	0.99	99
9	0.791	1.06	106
10	0.868	1.12	112
11	0.953	1.16	116
12	1.047	1.18	118
13	1.149	1.18	118
14	1.261	1.17	117
15	1.384	1.14	114
16	1.520	1.10	110
17	1.668	1.05	105
18	1.832	1.01	101
19	2.011	0.96	96
20	2.207	0.92	92
21	2.423	0.89	89
22	2.660	0.87	87
23	2.920	0.87	87
24	3.205	0.89	89
25	3.519	0.93	93
26	3.863	1.00	100
27	4.240	1.11	111
28	4.655	1.24	124
29	5.110	1.39	139
30	5.610	1.58	158
31	6.158	1.79	179
32	6.760	2.02	202
33	7.421	2.27	227
34	8.147	2.54	254
35	8.943	2.82	282
36	9.818	3.12	312
37	10.78	3.44	344
38	11.83	3.75	375
39	12.99	4.05	405
40	14.26	4.31	431
41	15.65	4.53	453
42	17.18	4.7	470
43	18.86	4.75	475
44	20.71	4.66	466
45	22.73	4.38	438
46	24.95	3.94	394
47	27.39	3.47	347
48	30.07	3.03	303
49	33.01	2.69	269
50	36.24	2.38	238
51	39.78	1.73	173
52	43.67	0.92	92
53	47.94	0.23	23
54	52.62	0.025	2.5
55	57.77	0	0
56	63.41	0	0
57	69.61	0	0
58	76.42	0	0
59	83.89	0	0

60	92.09	0	0
61	101.10	0	0
62	111.00	0	0
63	121.80	0	0
64	133.70	0	0
65	146.80	0	0
66	161.20	0	0
67	176.90	0	0
68	194.20	0	0
69	213.20	0	0
70	234.00	0	0
71	256.90	0	0
72	282.10	0	0
73	309.60	0	0
74	339.90	0	0
75	373.10	0	0
76	409.60	0	0
77	449.70	0	0
78	493.60	0	0
79	541.90	0	0
80	594.80	0	0
81	653.00	0	0
82	716.80	0	0
83	786.90	0	0
84	863.90	0	0



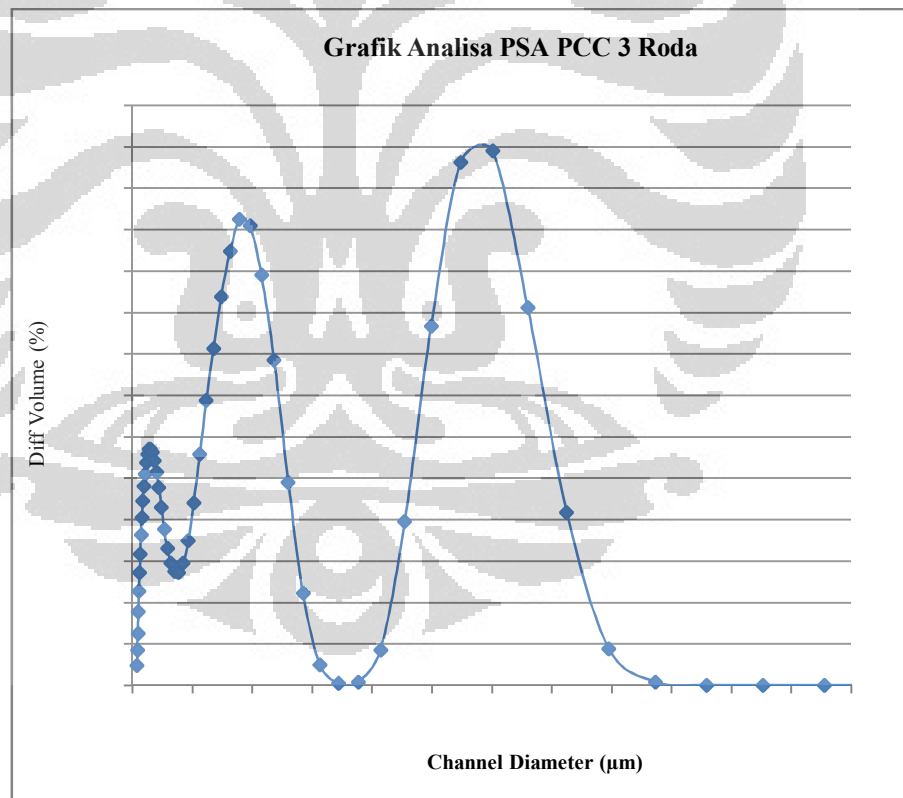
**Grafik 4.2** Ukuran vs Volume PSA PCC Holcim

c. PCC Tiga Roda

Tabel 4.3 Hasil PSA PCC Tiga Roda

No	Channel Diameter (Lower) $\mu\text{m}$	Diff Volume	Diff Volume %
1	0.375	0.19	19
2	0.412	0.34	34
3	0.452	0.50	50
4	0.496	0.71	71
5	0.545	0.91	91
6	0.598	1.09	109
7	0.656	1.27	127
8	0.721	1.45	145
9	0.791	1.62	162
10	0.868	1.78	178
11	0.953	1.92	192
12	1.047	2.04	204
13	1.149	2.15	215
14	1.261	2.23	223
15	1.384	2.28	228
16	1.520	2.28	228
17	1.668	2.25	225
18	1.832	2.17	217
19	2.011	2.06	206
20	2.207	1.91	191
21	2.423	1.72	172
22	2.660	1.51	151
23	2.920	1.32	132
24	3.205	1.18	118
25	3.519	1.10	110
26	3.863	1.09	109
27	4.240	1.18	118
28	4.655	1.40	140
29	5.110	1.76	176
30	5.610	2.23	223
31	6.158	2.75	275
32	6.760	3.25	325
33	7.421	3.75	375
34	8.147	4.19	419
35	8.943	4.50	450
36	9.818	4.44	444
37	10.78	3.96	396
38	11.83	3.14	314
39	12.99	1.96	196
40	14.26	0.89	89
41	15.65	0.2	20
42	17.18	0.02	2
43	18.86	0.031	3.1
44	20.71	0.34	34
45	22.73	1.58	158
46	24.95	3.47	347
47	27.39	5.05	505
48	30.07	5.16	516
49	33.01	3.65	365
50	36.24	1.67	167
51	39.78	0.35	35
52	43.67	0.031	3.1
53	47.94	0	0
54	52.62	0	0
55	57.77	0	0
56	63.41	0	0
57	69.61	0	0
58	76.42	0	0
59	83.89	0	0

60	92.09	0	0
61	101.10	0	0
62	111.00	0	0
63	121.80	0	0
64	133.70	0	0
65	146.80	0	0
66	161.20	0	0
67	176.90	0	0
68	194.20	0	0
69	213.20	0	0
70	234.00	0	0
71	256.90	0	0
72	282.10	0	0
73	309.60	0	0
74	339.90	0	0
75	373.10	0	0
76	409.60	0	0
77	449.70	0	0
78	493.60	0	0
79	541.90	0	0
80	594.80	0	0
81	653.00	0	0
82	716.80	0	0
83	786.90	0	0
84	863.90	0	0



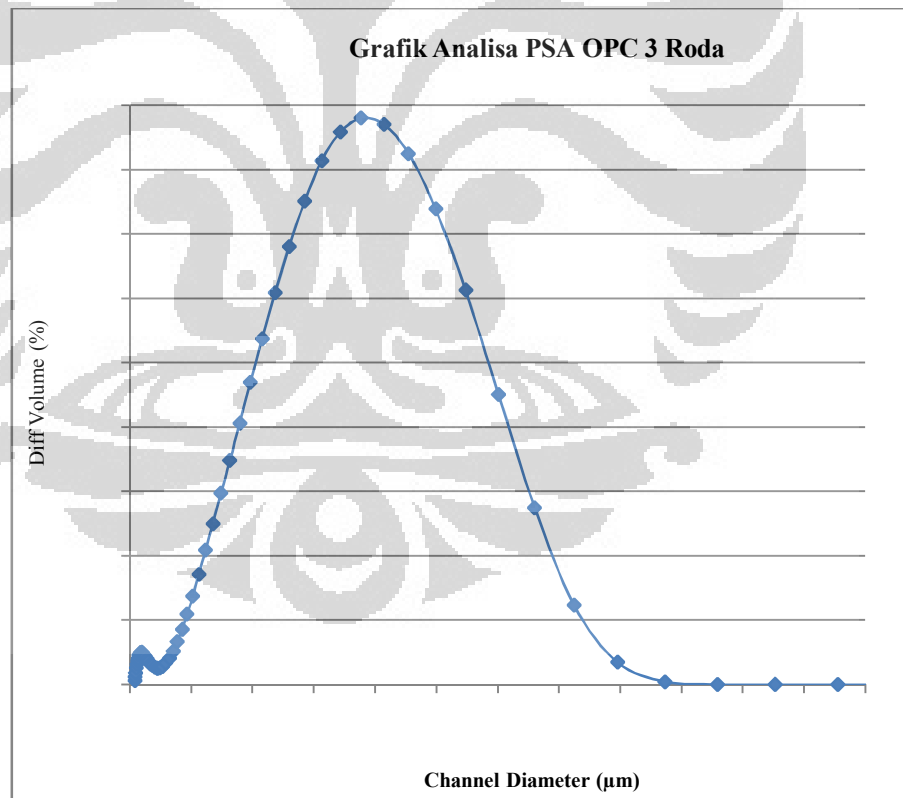
**Grafik 4.3** Ukuran vs Volume PSA PCC Tiga Roda

d. OPC Tiga Roda

Tabel 4.4 Hasil PSA OPC Tiga Roda

No	Channel Diameter (Lower) $\mu\text{m}$	Diff Volume	Diff Volume %
1	0.375	0.06	5.5
2	0.412	0.10	10
3	0.452	0.15	15
4	0.496	0.21	21
5	0.545	0.26	26
6	0.598	0.30	30
7	0.656	0.33	33
8	0.721	0.37	37
9	0.791	0.39	39
10	0.868	0.40	40
11	0.953	0.4	40
12	1.047	0.39	39
13	1.149	0.37	37
14	1.261	0.35	35
15	1.384	0.32	32
16	1.520	0.29	29
17	1.668	0.26	26
18	1.832	0.24	24
19	2.011	0.22	22
20	2.207	0.20	20
21	2.423	0.21	21
22	2.660	0.23	23
23	2.920	0.27	27
24	3.205	0.33	33
25	3.519	0.42	42
26	3.863	0.54	54
27	4.240	0.69	69
28	4.655	0.88	88
29	5.110	1.10	110
30	5.610	1.37	137
31	6.158	1.67	167
32	6.760	2.00	200
33	7.421	2.38	238
34	8.147	2.79	279
35	8.943	3.25	325
36	9.818	3.76	376
37	10.78	4.30	430
38	11.83	4.87	487
39	12.99	5.44	544
40	14.26	6.01	601
41	15.65	6.51	651
42	17.18	6.87	687
43	18.86	7.04	704
44	20.71	6.96	696
45	22.73	6.6	660
46	24.95	5.91	591
47	27.39	4.9	490
48	30.07	3.61	361
49	33.01	2.2	220
50	36.24	0.99	99
51	39.78	0.28	28
52	43.67	0.038	3.8
53	47.94	0.0015	0.15
54	52.62	0	0
55	57.77	0	0
56	63.41	0	0
57	69.61	0	0
58	76.42	0	0
59	83.89	0	0

60	92.09	0	0
61	101.10	0	0
62	111.00	0	0
63	121.80	0	0
64	133.70	0	0
65	146.80	0	0
66	161.20	0	0
67	176.90	0	0
68	194.20	0	0
69	213.20	0	0
70	234.00	0	0
71	256.90	0	0
72	282.10	0	0
73	309.60	0	0
74	339.90	0	0
75	373.10	0	0
76	409.60	0	0
77	449.70	0	0
78	493.60	0	0
79	541.90	0	0
80	594.80	0	0
81	653.00	0	0
82	716.80	0	0
83	786.90	0	0
84	863.90	0	0



**Grafik 4.4** Ukuran vs Volume PSA OPC Tiga Roda

## 4.2 Pemeriksaan Bahan Pembentuk Mortar

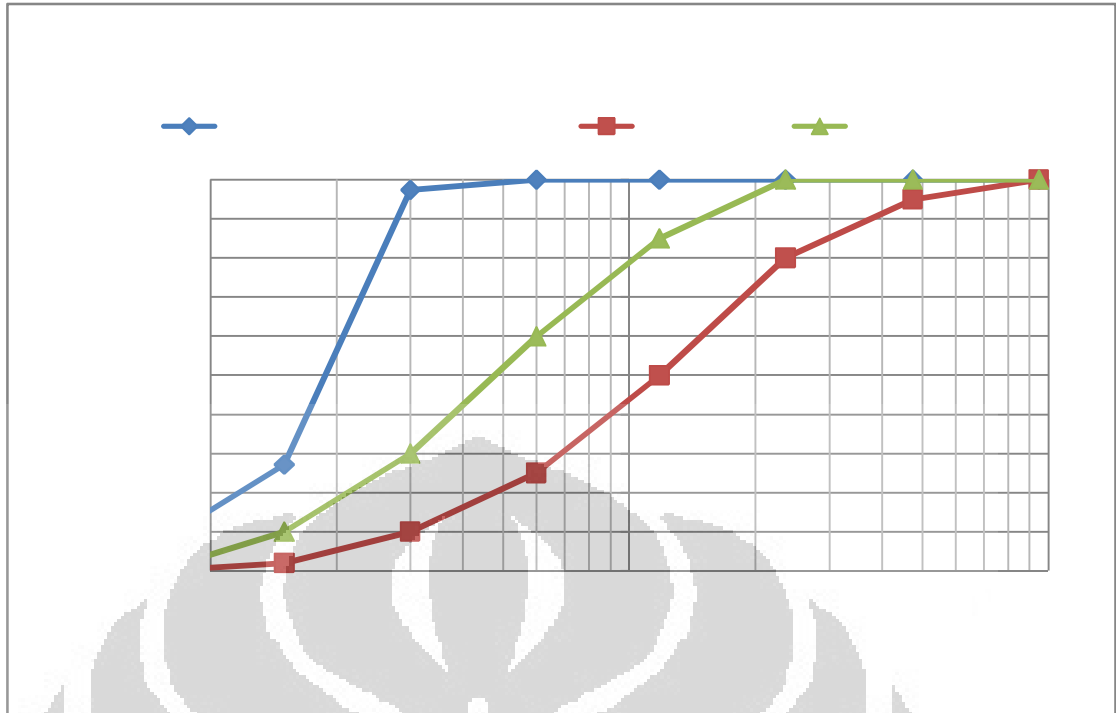
### 4.2.1 Abu Sekam Padi (ASP) dan *Precious Slag Ball* (PSB)

Pemeriksaan bahan untuk mortar dengan campuran ASP dan PSB yang akan digunakan dalam campuran mortar semen, merupakan suatu keharusan untuk mengetahui sifat atau karakter dari ASP dan PSB itu sendiri. Hasil-hasil pengujian ASP dan PSB pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Pengujian analisa ayak Abu Sekam Padi.

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan ASTM	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	80.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	50.00%	85.00%
5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	25.00%	60.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	10.00%	30.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	2.00%	10.00%
8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	

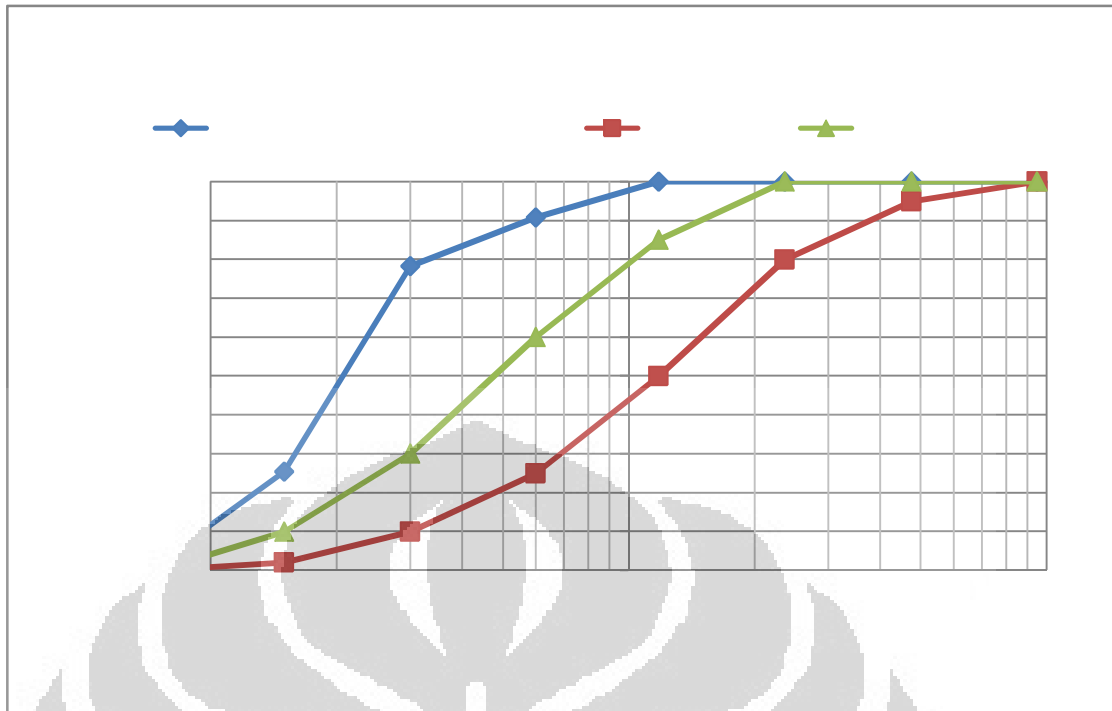




**Grafik 4.5** Pengujian analisa ayak Abu Sekam Padi.

**Tabel 4.6** Pengujian analisa ayak Precious Slag Ball.

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan ASTM	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	80.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	50.00%	85.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	25.00%	60.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	10.00%	30.00%
7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	2.00%	10.00%
8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	



**Grafik 4.6** Pengujian analisa ayak Precious Slag Ball.

#### 4.2.2 Nilai Faktor Air Semen

Jumlah air yang digunakan untuk campuran mortar eratkan sekali hubungannya dengan sifat kemudahan dan keanehan mortar semen untuk dikerjakan. Karena konsistensi/kelecekan mortar tergantung dari kadar air yang terkandung dalam mortar itu sendiri.

**Tabel 4.7** Nilai faktor air semen campuran.

No	Variasi			Berat Campuran (gram)				Total (gram)	Nilai FAM	Nilai FAS
	PCC	PSB	ASP	PCC	PSB	ASP	Air			
1	30	70	0	150.00	350.00	0.00	50.00	500.00	0.10	0.33
2	30	40	30	150.00	200.00	150.00	250.00	500.00	0.50	1.67
3	30	45	25	150.00	225.00	125.00	210.00	500.00	0.42	1.40
4	30	50	20	150.00	250.00	100.00	185.00	500.00	0.37	1.23
5	30	55	15	150.00	275.00	75.00	150.00	500.00	0.30	1.00

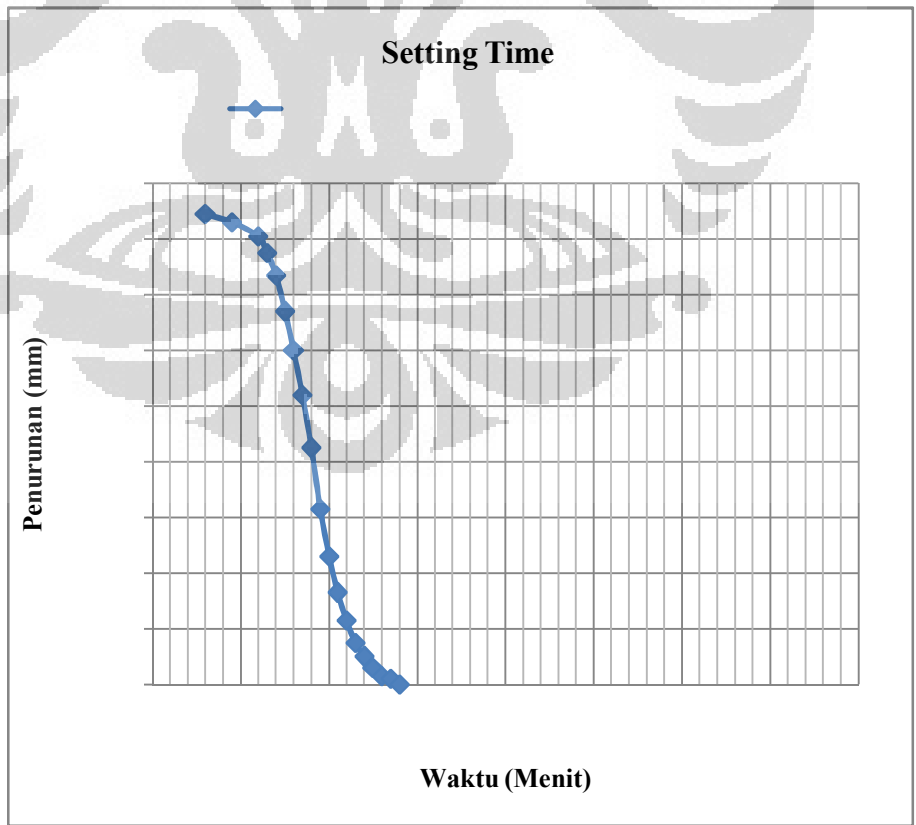
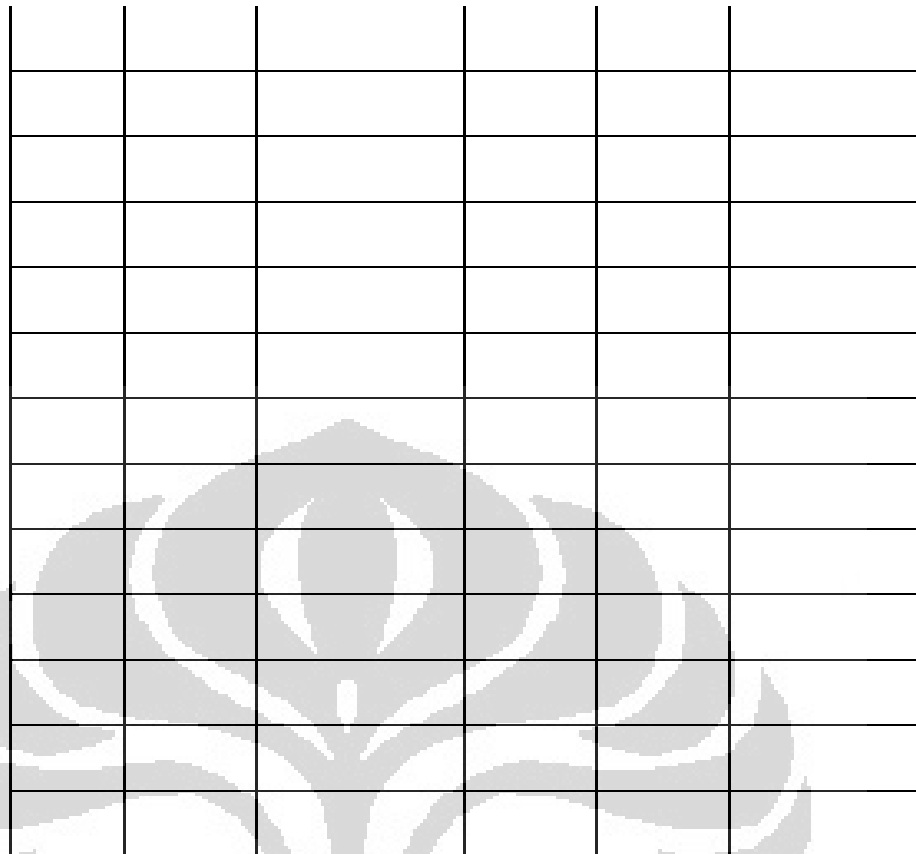
Dari percobaan dengan metode *trial & error* didapatkan nilai faktor air semen sebesar 0,33 untuk campuran 30% PCC dan 70% PSB yang ekuivalen dengan faktor air mortar sebesar 0,10, untuk campuran 30% PCC, 20% ASP, 50% PSB didapatkan nilai faktor air semen sebesar 1,23 yang ekuivalen dengan faktor air mortar sebesar 0,37.

#### 4.2.3 Nilai *Setting Time*

Tujuannya adalah untuk mengetahui kapan mortar semen tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, mortar semen tidak boleh diganggu lagi ataupun diubah kembali kedudukannya. Adapun mortar semen yang dilakukan pengujian adalah :

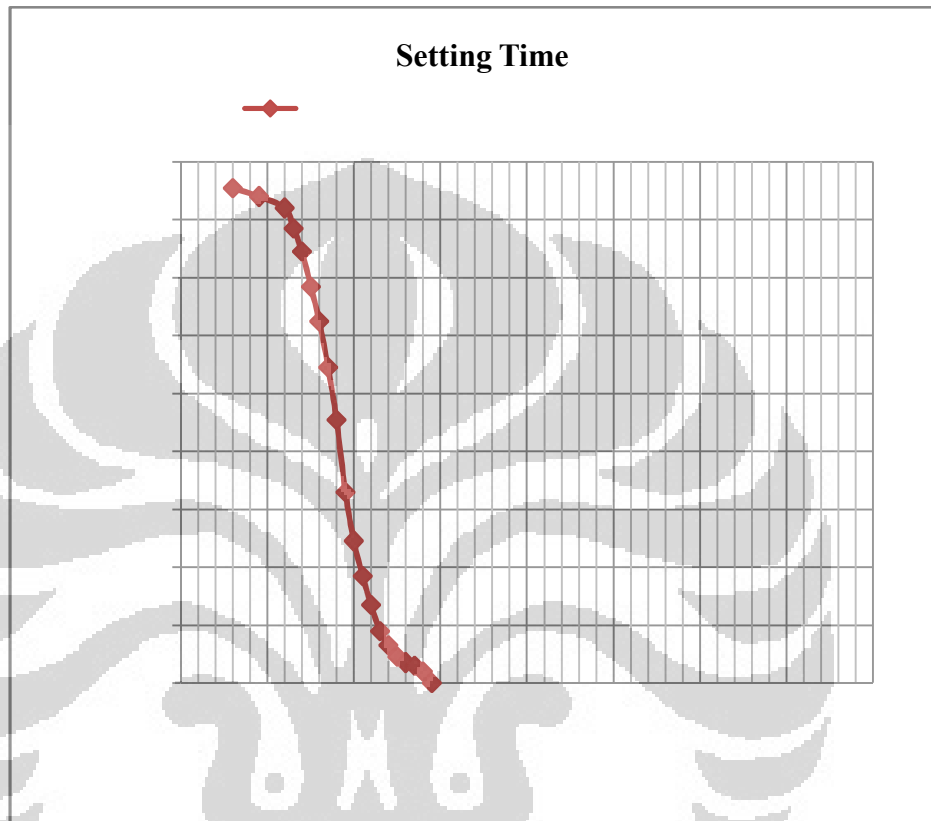
- Mortar semen 30% PCC dan 70% PSB menggunakan semen *Type 1*.
- Mortar semen 30% PCC dan 70% PSB menggunakan semen *Type 2*.
- Mortar semen 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB menggunakan semen *Type 1*.
- Mortar semen 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB menggunakan semen *Type 2*.

**Tabel 4.8** Nilai *setting time* 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.

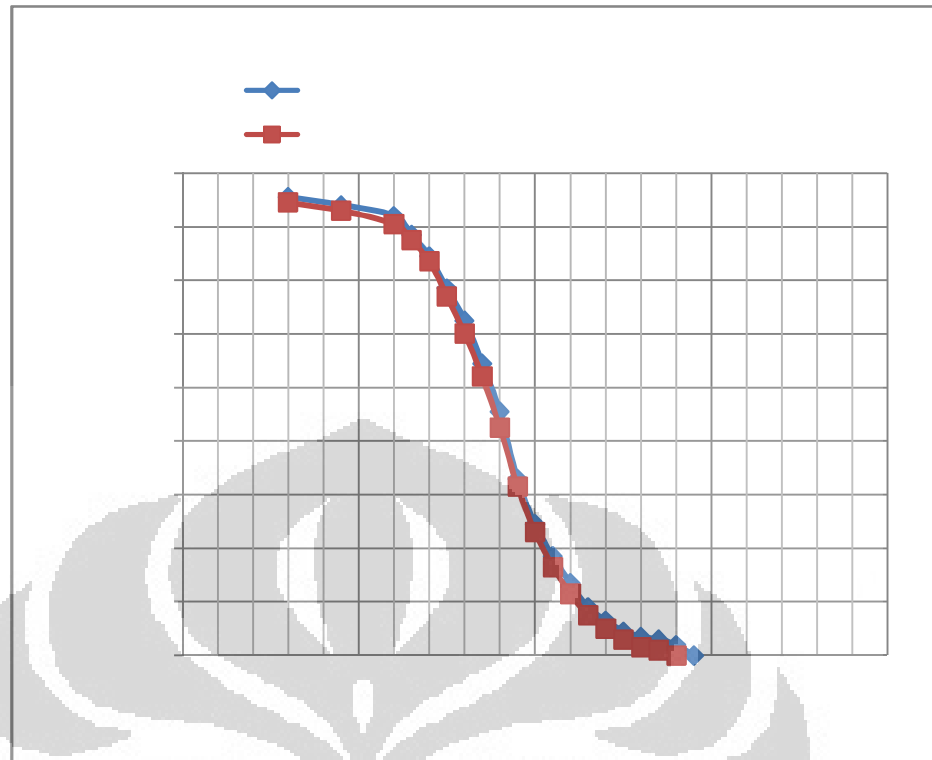
**Grafik 4.7** *Setting Time* 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.



**Grafik 4.8** *Setting Time* 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2*.

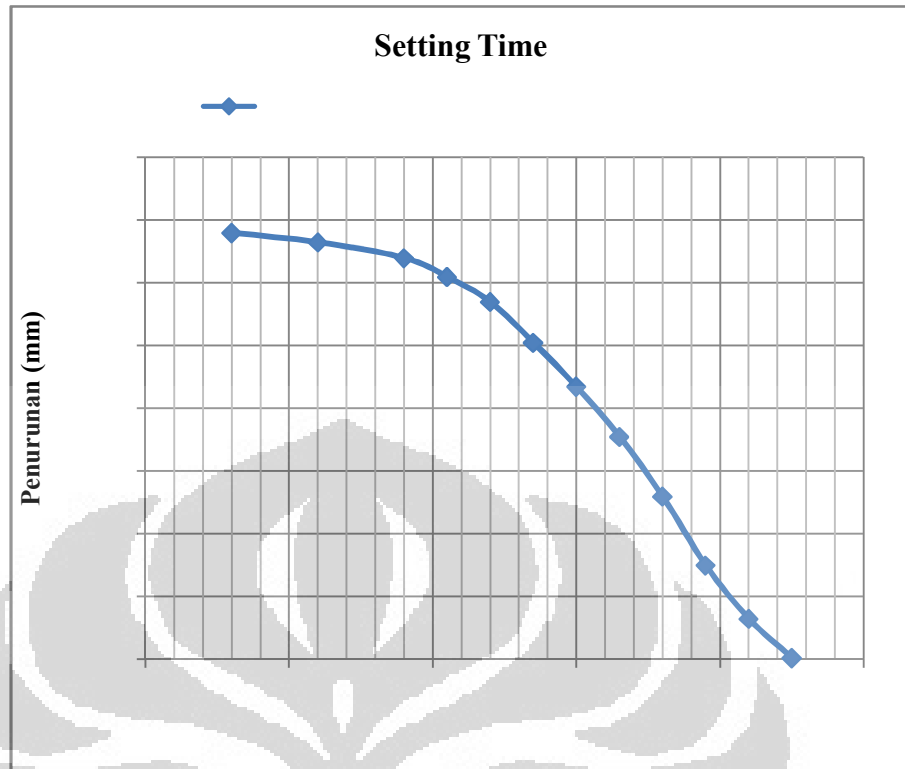
Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC dan 70% PSB dengan semen *Type 2* tercapai setelah 88 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 145 menit.



**Grafik 4.9** Nilai *Setting Time* Gabungan 30% PCC dan 70% PSB

**Tabel 4.10** Nilai *Setting Time* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1*.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	34,25	33,75	34,00
3	30	60	33,75	32,75	33,25
4	30	90	32,25	31,75	32,00
5	15	105	30,75	30,25	30,50
6	15	120	28,25	28,75	28,50
7	15	135	25,25	25,25	25,25
8	15	150	21,75	21,75	21,75
9	15	165	17,75	17,75	17,75
10	15	180	13,25	12,75	13,00
11	15	195	7,75	7,25	7,50
12	15	210	3,25	3,25	3,25
13	15	225	0,25	0,00	0,13
14	15	240	0,00	0,00	0,00



**Grafik 4.10** *Setting Time* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1*

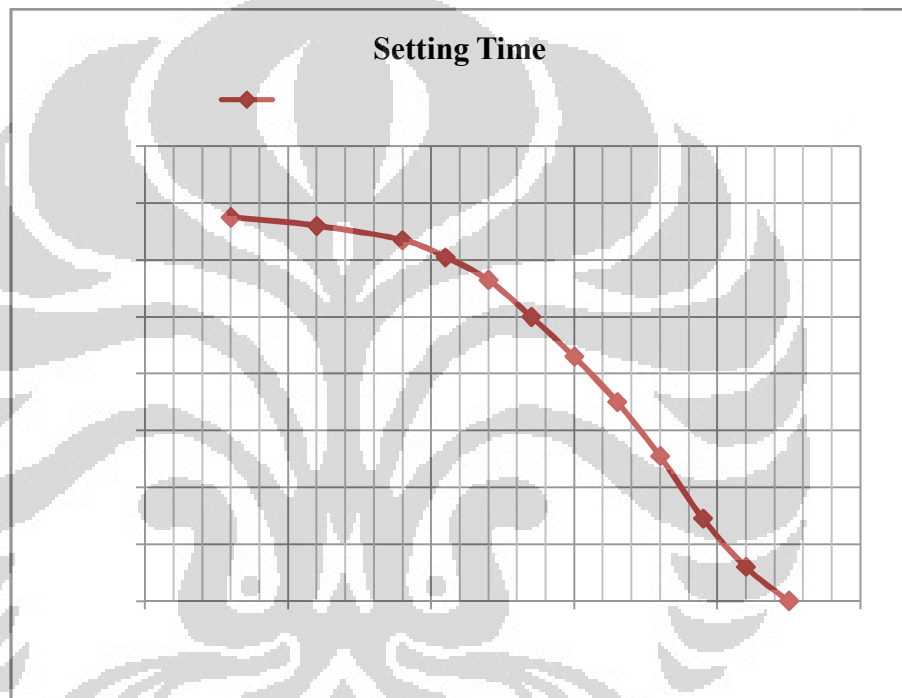
Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB dengan semen *Type 1* tercapai setelah 135 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 225 menit.

**Tabel 4.11** Nilai *Setting Time* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 2*.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	34,00	33,50	33,75
3	30	60	33,50	32,50	33,00
4	30	90	32,00	31,50	31,75
5	15	105	30,50	30,00	30,25

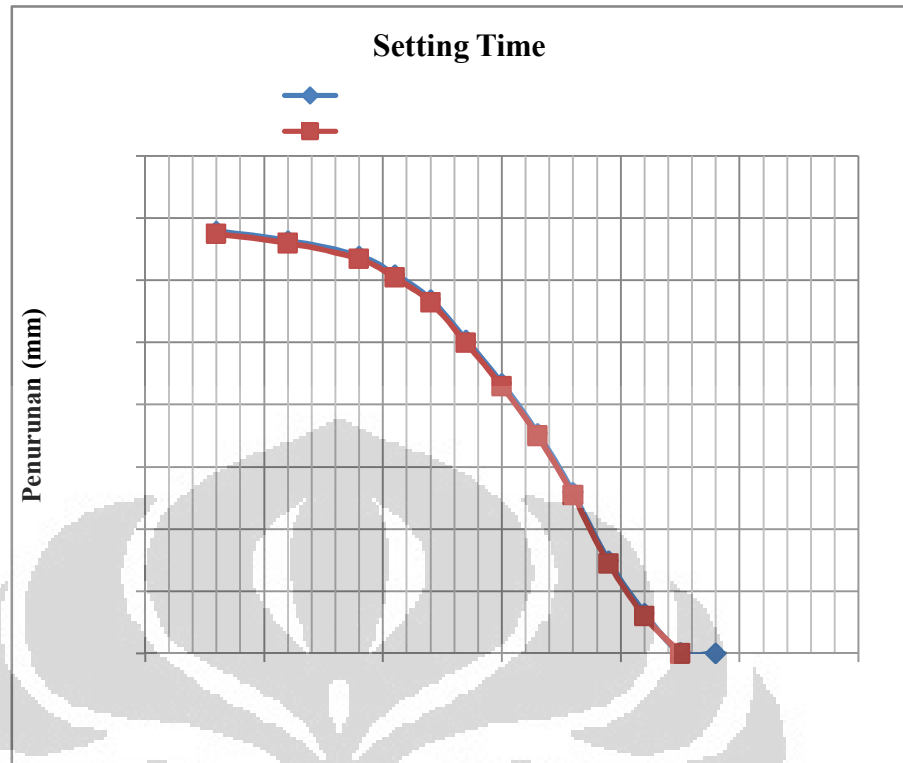


6	15	120	28,00	28,50	28,25
7	15	135	25,00	25,00	25,00
8	15	150	21,50	21,50	21,50
9	15	165	17,50	17,50	17,50
10	15	180	13,00	12,50	12,75
11	15	195	7,50	7,00	7,25
12	15	210	3,00	3,00	3,00
13	15	225	0,00	0,00	0,00



**Grafik 4.11** *Setting Time* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 2*

Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB dengan semen *Type 2* tercapai setelah 135 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 225 menit.



Grafik 4.12 Nilai *Setting Time* Gabungan 30% PCC, 20 ASP, dan 50% PSB

### 4.3 Desain Campuran Mortar

#### 4.3.1 Campuran 30 % PCC type 1 dan 70 % PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran 30% PSB dan PCC type 1 tanpa ASP yang akan digunakan untuk pengujian.

Data :

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,1
- Type Semen = Semen curah tipe 1
- *Precious Slag Ball (PSB)*

Dengan menggunakan perbandingan berat maka berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut, misal jumlah satu benda uji tanpa air (PCC + PSB) adalah 1000 kg, maka dengan Campuran PCC : PSB = 30% : 70% didapat :

$$\text{Berat PCC} = 30\% \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Berat PSB} = 70\% \times 1000 \text{ kg} = 700 \text{ kg}$$

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m<sup>3</sup> dan PCC = 3,3 t/m<sup>3</sup> maka didapatkan volume masing-masing bahan :

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3,3} = 0,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{700 \text{ kg}}{2,5} = 0,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume bahan} = 0,37 \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tekan = 0,05x0,05x0,05x35 buah = 0,004375 m<sup>3</sup>
- Modulus Elastisitas = 0,025x0,025x0,27x5 buah = 0,00084375 m<sup>3</sup>

- Absorpsi =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$  buah =  $0,000625 \text{ m}^3$
- Density =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$  buah =  $0,000625 \text{ m}^3$

Total kebutuhan bahan =  $0,00646875 \text{ m}^3$

Dengan bahan 1000 kg menghasilkan  $0,37 \text{ m}^3$ , maka  $0,00648 \text{ m}^3 = 17,513 \text{ kg}$ .

Berat PCC =  $30\% \times 17,513 = 5,2539 \text{ kg}$

Berat PSB =  $70\% \times 17,513 = 12,2591 \text{ kg}$

Berat air =  $(17,513 \times 0,3) = 5,2539 \text{ kg}$

#### 4.3.2 Campuran 30 % PCC type 2 dan 70 % PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran 30% PSB dan PCC type 2 tanpa ASP yang akan digunakan untuk pengujian.

Data :

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,1
- Type Semen = Semen Curah tipe 2
- *Precious Slag Ball (PSB)*

Dengan menggunakan perbandingan berat maka berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut, misal jumlah satu benda uji tanpa air (PCC + PSB) adalah 1000 kg, maka dengan Campuran PCC : PSB = 30% : 70% didapat :

Berat PCC =  $30\% \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$

Berat PSB =  $70\% \times 1000 \text{ kg} = 700 \text{ kg}$

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m<sup>3</sup> dan PCC = 3,3 t/m<sup>3</sup> maka didapatkan volume masing-masing bahan :

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3,3} = 0,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{700 \text{ kg}}{2,5} = 0,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume bahan} = 0,37 \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tekan = 0,05x0,05x0,05x35 buah = 0,004375 m<sup>3</sup>
- Modulus Elastisitas = 0,025x0,025x0,27x5 buah = 0,00084375 m<sup>3</sup>
- Absorpsi = 0,05x0,05x0,05x5 buah = 0,000625 m<sup>3</sup>
- Density = 0,05x0,05x0,05x5 buah = 0,000625 m<sup>3</sup>

$$\text{Total kebutuhan bahan} = 0,00646875 \text{ m}^3$$

Dengan bahan 1000 kg menghasilkan 0,37 m<sup>3</sup>, maka 0,00648 m<sup>3</sup> = 17,513 kg.

$$\text{Berat PCC} = 30\% \times 17,513 = 5,2539 \text{ kg}$$

$$\text{Berat PSB} = 70\% \times 17,513 = 12,2591 \text{ kg}$$

$$\text{Berat air} = (17,513 \times 0,3) = 5,2539 \text{ kg}$$

#### 4.3.3 Campuran 30% PCC Type 1, 20% ASP dan 50% PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran dengan komposisi PCC : ASP : PSB = 30% : 20% : 50%.

Data :

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,37

- Tipe Semen = Semen Curah tipe 1
- *Precious Slag Ball (PSB)*
- Abu Sekam Padi

Dengan menggunakan perbandingan berat maka berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut, misal jumlah satu benda uji tanpa air (PCC+PSB+ASP) adalah 1000 kg, maka dengan campuran PCC : ASP : PSB = 30% : 20% : 50% didapat :

$$\text{Berat PCC} = 30\% \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Berat ASP} = 20\% \times 1000 \text{ kg} = 200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat PSB} = 50\% \times 1000 \text{ kg} = 500 \text{ kg}$$

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m<sup>3</sup> dan PCC = 3,3 t/m<sup>3</sup>, ASP = 0,8 t/m<sup>3</sup> maka didapatkan volume masing-masing bahan :

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3,3} = 0,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume ASP} = \frac{200 \text{ kg}}{0,8} = 0,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{500 \text{ kg}}{2,5} = 0,20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume bahan} = 0,54 \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tekan = 0,05x0,05x0,05x35 buah = 0,004375 m<sup>3</sup>
- Modulus Elastisitas = 0,025x0,025x0,27x5 buah = 0,00084375 m<sup>3</sup>
- Absorpsi = 0,05x0,05x0,05x5 buah = 0,000625 m<sup>3</sup>
- Density = 0,05 x 0,05 x 0,05 x 5 buah = 0,000625 m<sup>3</sup>

Total kebutuhan bahan =  $0,00646875 \text{ m}^3$

Dengan bahan 1000 kg menghasilkan 0,54 m<sup>3</sup>, maka  $0,00648 \text{ m}^3 = 12 \text{ kg}$ .

Berat PCC =  $30\% \times 12 = 3,6 \text{ kg}$

Berat ASP =  $20\% \times 12 = 2,4 \text{ kg}$

Berat PSB =  $50\% \times 12 = 6,0 \text{ kg}$

Berat air =  $(12 \times 0,37) = 4,44 \text{ kg}$

#### 4.3.4 Campuran 30% PCC Type 2, 20% ASP dan 50% PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran dengan komposisi PCC : ASP : PSB = 30% : 20% : 50%.

Data :

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,37
- Tipe Semen = Semen tipe 2
- *Precious Slag Ball (PSB)*
- Abu Sekam Padi

Dengan menggunakan perbandingan berat maka berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut, misal jumlah satu benda uji tanpa air (PCC+PSB+ASP) adalah 1000 kg, maka dengan campuran PCC : ASP : PSB = 30% : 20% : 50% didapat :

Berat PCC =  $30\% \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$

Berat ASP =  $20\% \times 1000 \text{ kg} = 200 \text{ kg}$

Berat PSB =  $50\% \times 1000 \text{ kg} = 500 \text{ kg}$

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m<sup>3</sup> dan PCC = 3,3 t/m<sup>3</sup>, ASP = 0,8 t/m<sup>3</sup>  
maka didapatkan volume masing-masing bahan :

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3,3} = 0,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume ASP} = \frac{200 \text{ kg}}{0,8} = 0,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{500 \text{ kg}}{2,5} = 0,20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume bahan} = 0,54 \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tekan =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 35$  buah =  $0,004375 \text{ m}^3$
- Modulus Elastisitas =  $0,025 \times 0,025 \times 0,27 \times 5$  buah =  $0,00084375 \text{ m}^3$
- Absorpsi =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$  buah =  $0,000625 \text{ m}^3$
- Density =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$  buah =  $0,000625 \text{ m}^3$

$$\text{Total kebutuhan bahan} = 0,00646875 \text{ m}^3$$

Dengan bahan 1000 kg menghasilkan  $0,54 \text{ m}^3$ , maka  $0,00648 \text{ m}^3 = 12$   
kg.

$$\text{Berat PCC} = 30\% \times 12 = 3,6 \text{ kg}$$

$$\text{Berat ASP} = 20\% \times 12 = 2,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat PSB} = 50\% \times 12 = 6,0 \text{ kg}$$

$$\text{Berat air} = (12 \times 0,37) = 4,44 \text{ kg}$$



Berikut rekapitulasi perhitungan bahan tiap komposisi campuran :

**Tabel 4.12** Kebutuhan bahan pengujian untuk satu *type* semen.

	No	Uraian	Kebutuhan		Keterangan	Catatan
			Volume	Berat		

**Tabel 4.13** Volume benda uji untuk satu *type* semen.

No	Uraian	Volume						Keterangan	Catatan
		1	2	3	4	5	6		

#### 4.4 ANALISA DISTRIBUSI DATA

Pengujian tekan pada penelitian ini dilakukan dengan mesin tekan merk MaTest. Dari masing-masing komposisi dibuat benda uji kubus 50 x 50 x 50 mm sebanyak 5 buah. Berikut ini merupakan data kuat tekan mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Sebelum data kuat tekan diolah, data kuat tekan akan dicek terlebih dahulu distribusinya dengan menggunakan metode *chi-square*.

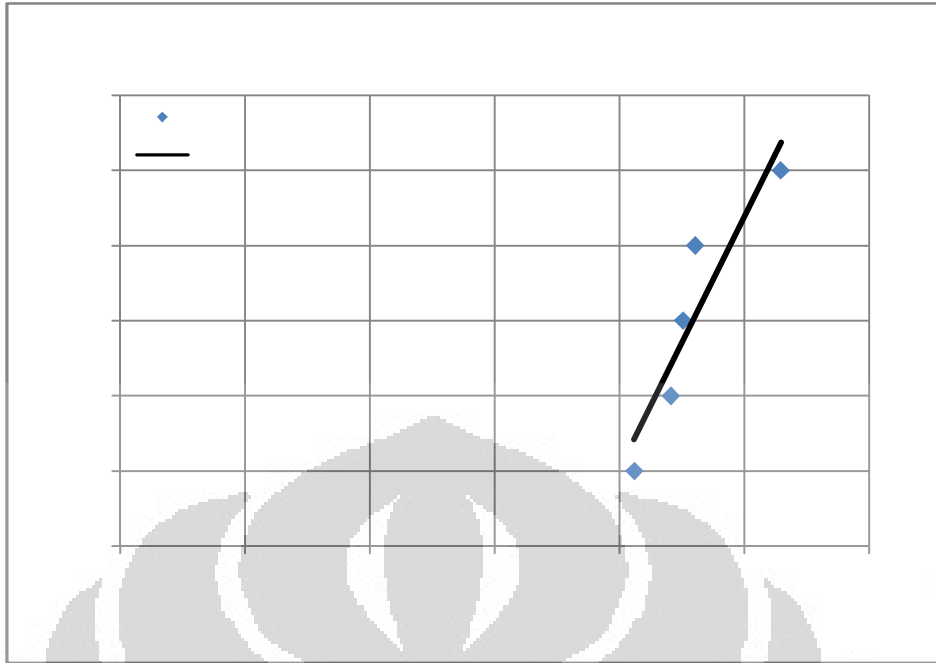
##### 4.4.1 Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB Semen Type 1

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk variasi 30% PCC dan 70% PSB semen Type 1 memiliki total 35 benda uji, masing-masing 5 *sample* tiap umur pengujian. Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal, sebagai berikut :

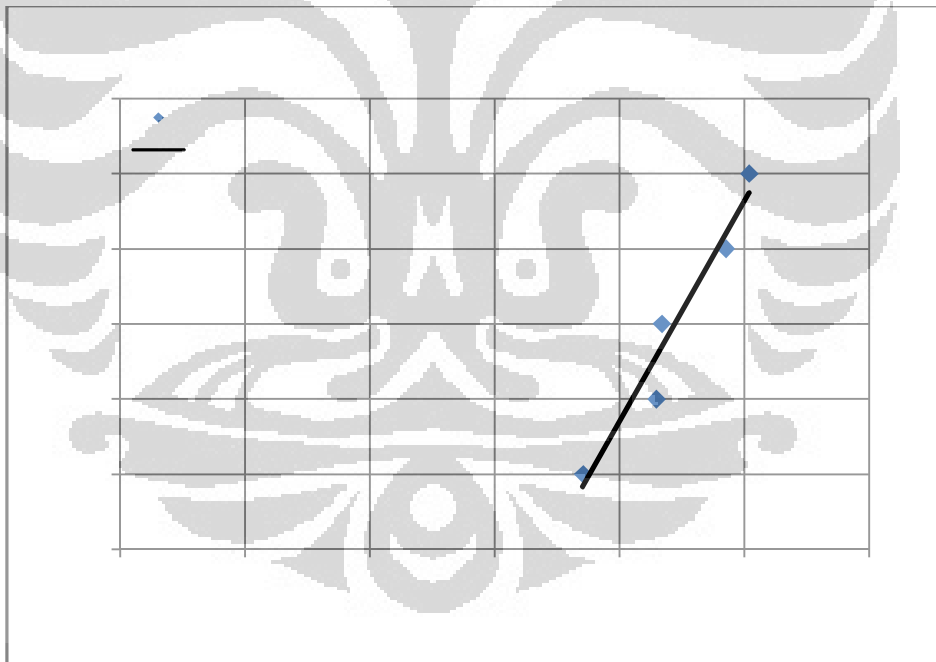
Tabel 4.14 Perhitungan Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB semen type 1

FREKUENSI KOMULATIF SAMPEL	FREKUENSI RELATIF	DATA	FREKUENSI	df	X <sup>2</sup> TEORITIS CHI SQUARE		
					10%	5%	1%
<b>3 HARI</b>							
1	20	41.16	0.23	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	44.10	1.47				
3	60	45.08	1.62				
4	80	46.06	0.00				
5	100	52.92	1.72				
<b>7 HARI</b>							
1	20	37.04	0.72	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	42.92	0.36				
3	60	43.36	0.27				
4	80	48.49	0.35				
5	100	50.37	1.61				

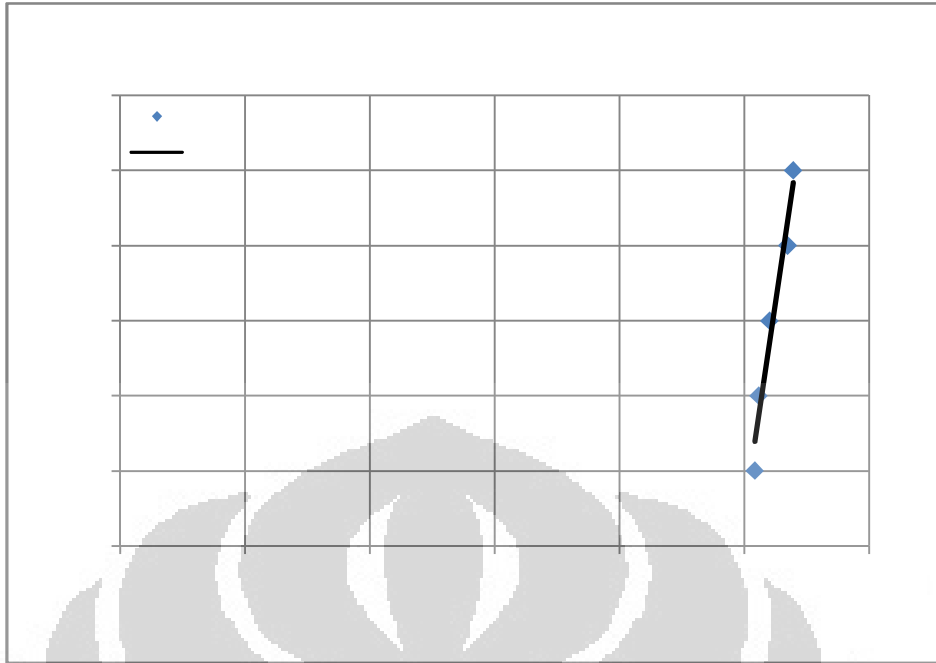
<b>14 HARI</b>							
1	20	50.84	0.90	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	51.12	0.65				
3	60	52.02	0.53				
4	80	53.47	0.82				
5	100	53.90	1.89				
<b>21 HARI</b>							
1	20	51.27	1.65	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	55.08	0.39				
3	60	55.23	0.72				
4	80	55.66	1.23				
5	100	58.02	2.02				
<b>28 HARI</b>							
1	20	50.96	0.41	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	53.04	0.91				
3	60	55.51	0.21				
4	80	59.90	1.24				
5	100	60.37	2.02				
<b>56 HARI</b>							
1	20	66.64	1.09	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	67.82	0.78				
3	60	71.93	0.76				
4	80	73.97	1.17				
5	100	74.13	2.07				
<b>90 HARI</b>							
1	20	73.70	0.57	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	77.34	0.80				
3	60	78.64	0.28				
4	80	80.48	2.26				
5	100	85.22	2.26				



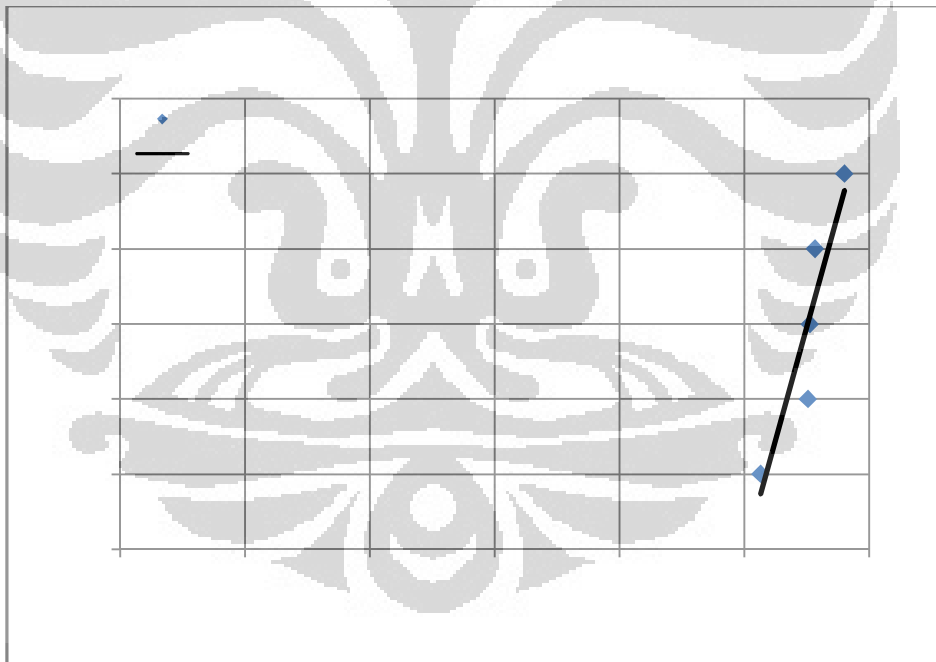
**Grafik 4.13** Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari



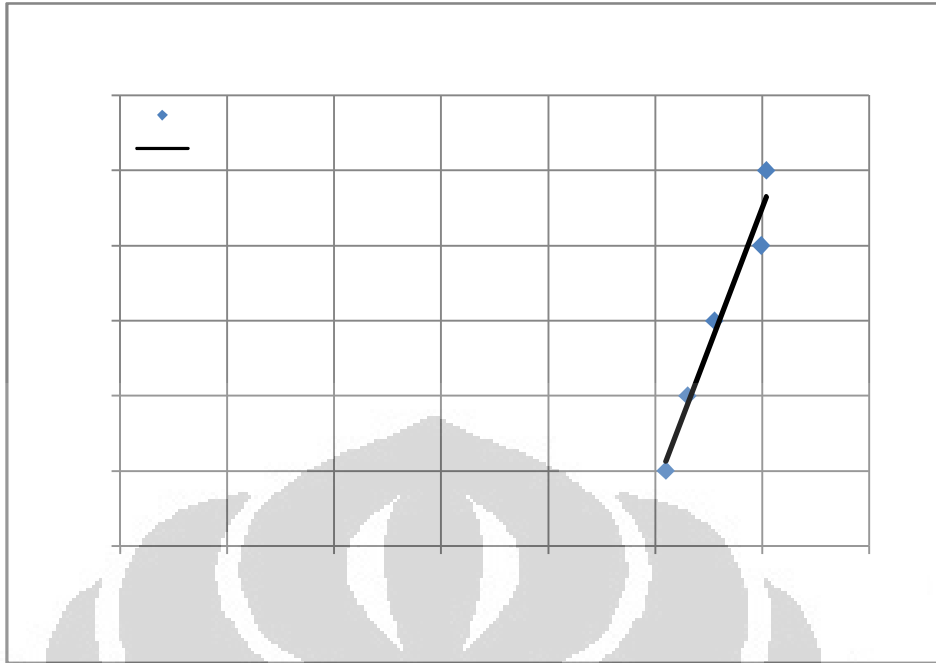
**Grafik 4.14** Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari



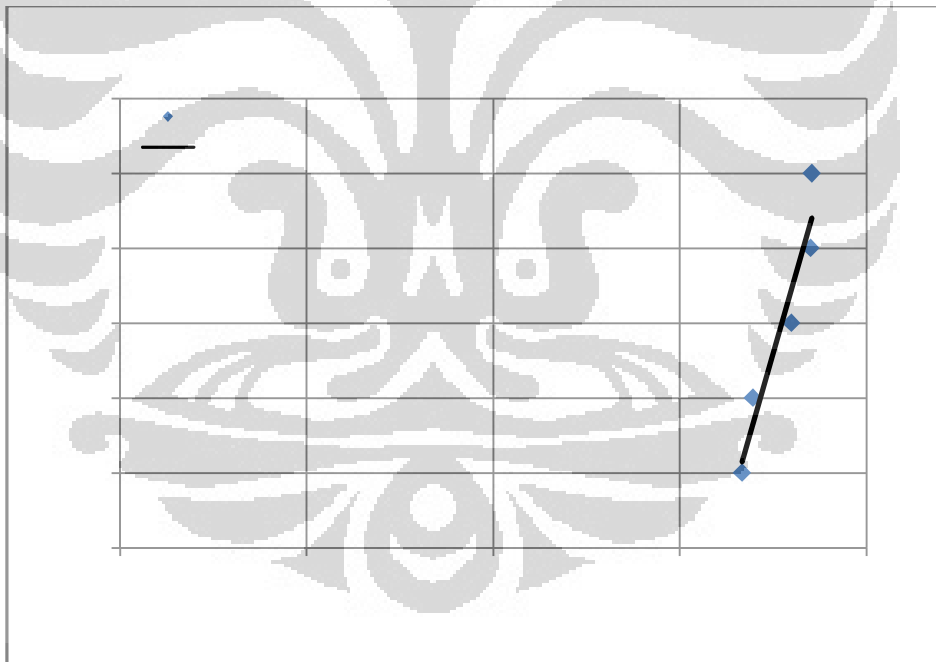
**Grafik 4.15** Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari



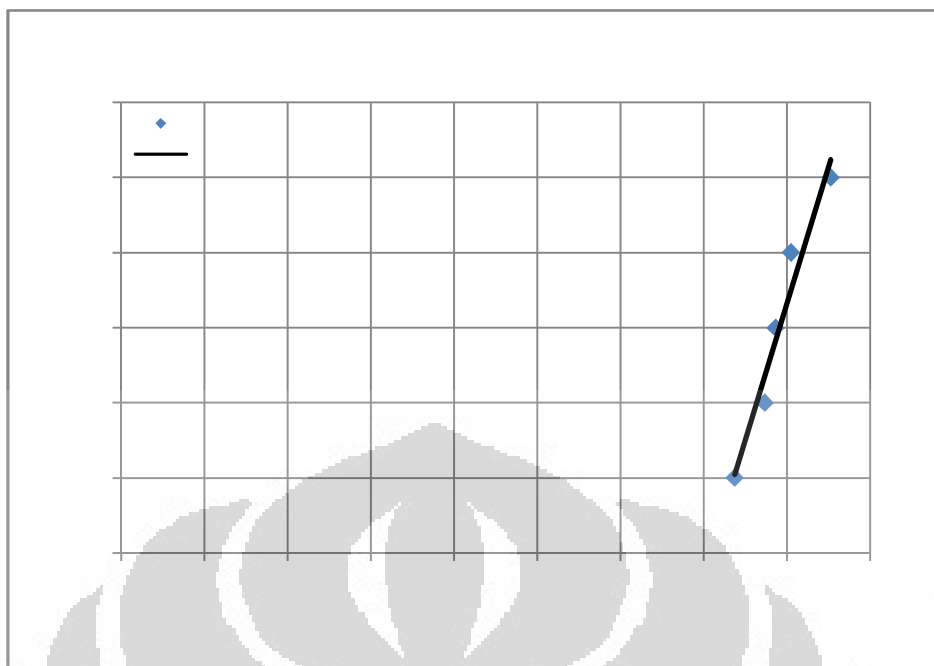
**Grafik 4.16** Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari



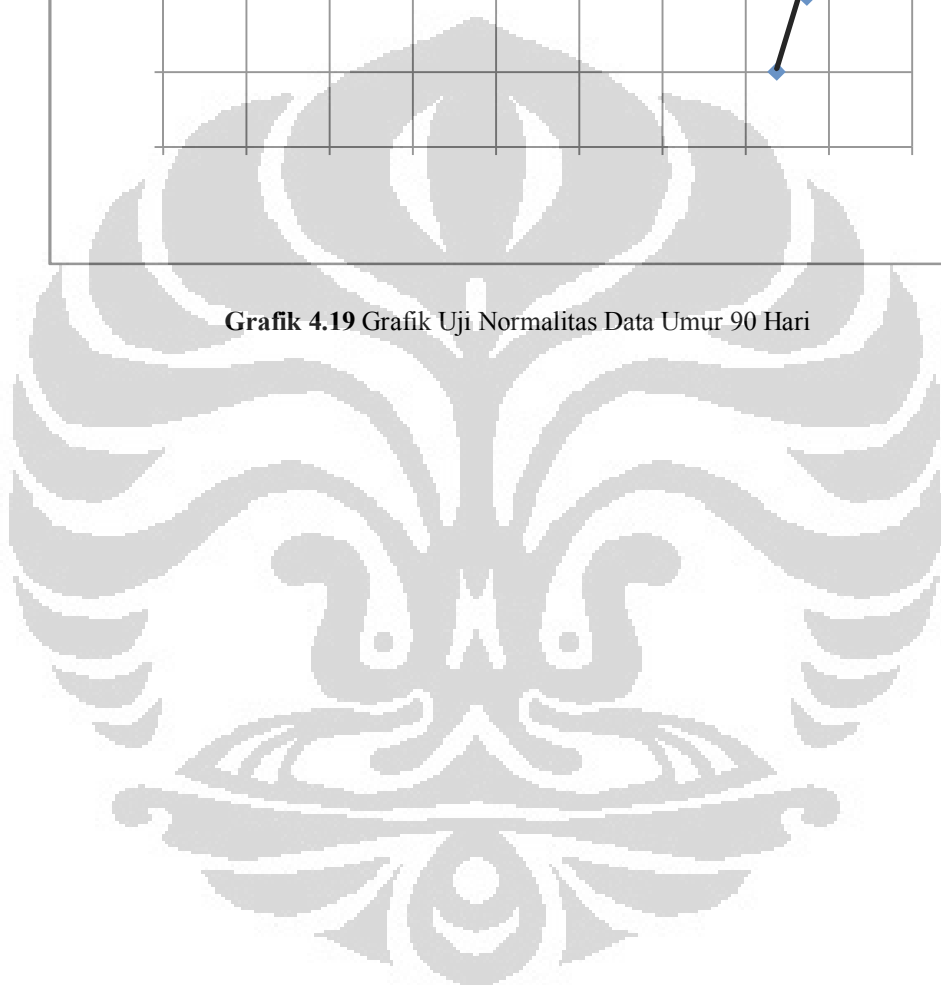
**Grafik 4.17** Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari



**Grafik 4.18** Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari



Grafik 4.19 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari



#### 4.4.2 Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB Semen Type 2

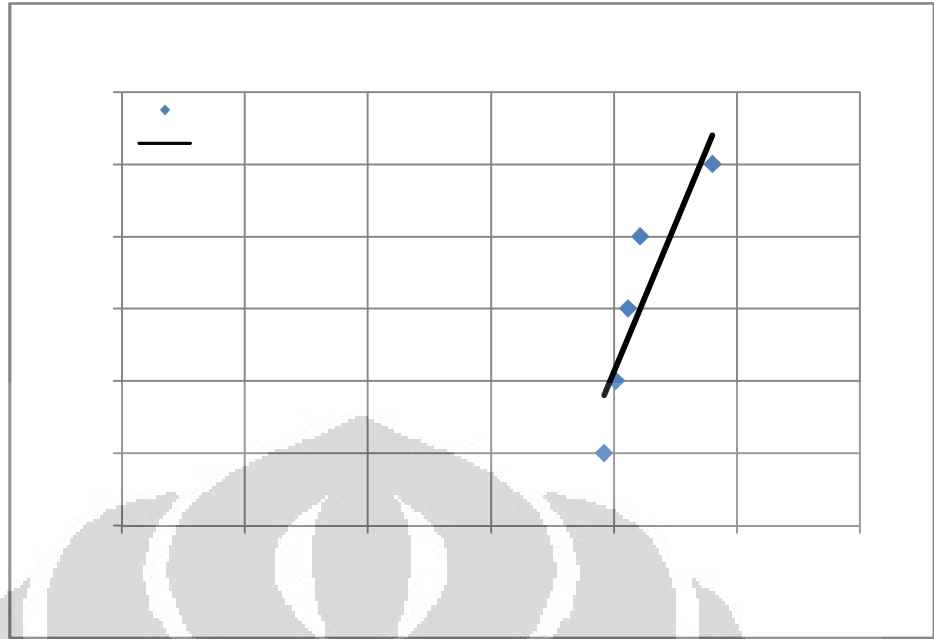
Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk variasi 30% PCC dan 70% PSB semen Type 2 memiliki total 35 benda uji, masing-masing 5 *sample* tiap umur pengujian. Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai, sebagai berikut :

Tabel 4.15 Perhitungan Chi-Square 30% PCC dan 70% PSB semen type 2

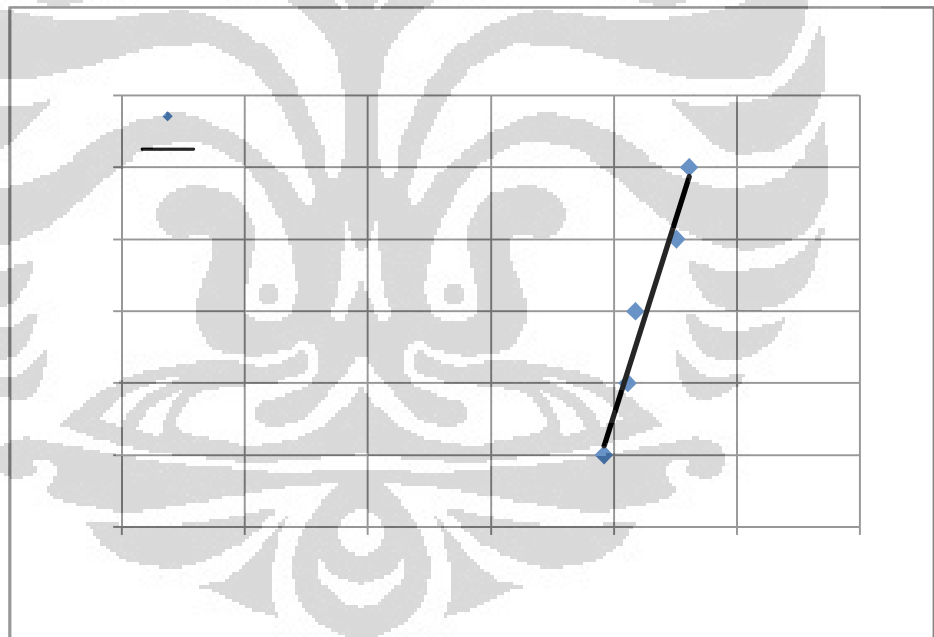
FREKUENSI KOMULATIF SAMPEL	FREKUENSI RELATIF	DATA	FREKUENSI	df	X <sup>2</sup> TEORITIS CHI SQUARE			
					10%	5%	1%	
<b>3 HARI</b>								
1	20	39.20	0.23	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	40.18	1.47					
3	60	41.16	1.62					
4	80	42.14	0.00					
5	100	48.02	1.72					
<b>7 HARI</b>								
1	20	39.20	0.72	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	41.16	0.36					
3	60	41.75	0.27					
4	80	45.08	0.35					
5	100	46.14	1.61					
<b>14 HARI</b>								
1	20	44.37	0.90	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	45.71	0.65					
3	60	46.45	0.53					
4	80	46.61	0.82					
5	100	48.77	1.89					
<b>21 HARI</b>								
1	20	50.53	1.65	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	52.72	0.39					
3	60	53.31	0.72					
4	80	54.88	1.23					



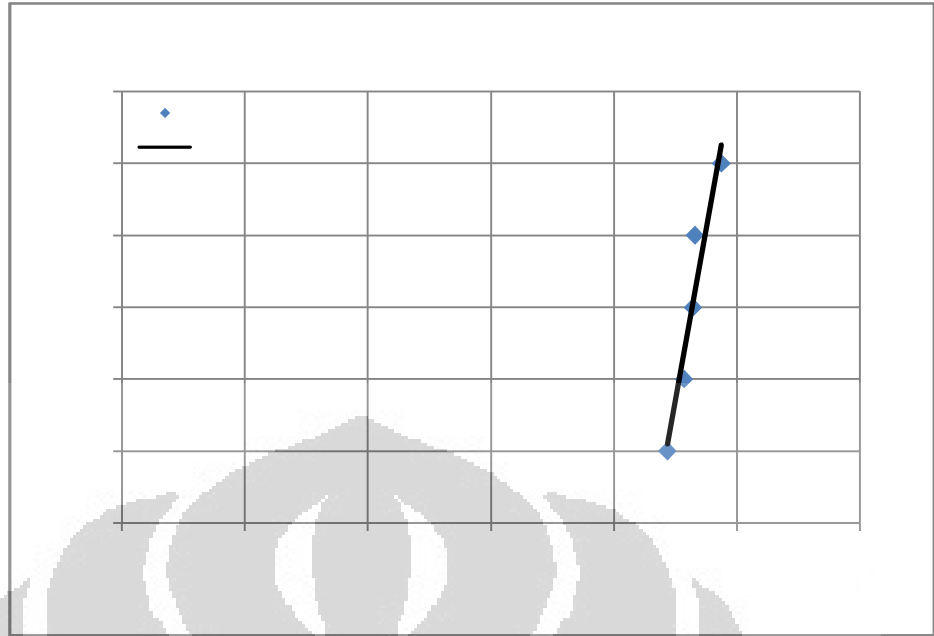
5	100	58.76	2.02				
<b>28 HARI</b>							
1	20	46.57	0.41	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	51.71	0.91				
3	60	54.06	0.21				
4	80	56.10	1.24				
5	100	61.98	2.02				
<b>56 HARI</b>							
1	20	60.64	1.09	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	62.99	0.78				
3	60	64.45	0.76				
4	80	68.95	1.17				
5	100	71.07	2.07				
<b>90 HARI</b>							
1	20	70.76	0.57	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	76.75	0.80				
3	60	81.30	0.28				
4	80	84.24	2.26				
5	100	86.75	2.26				



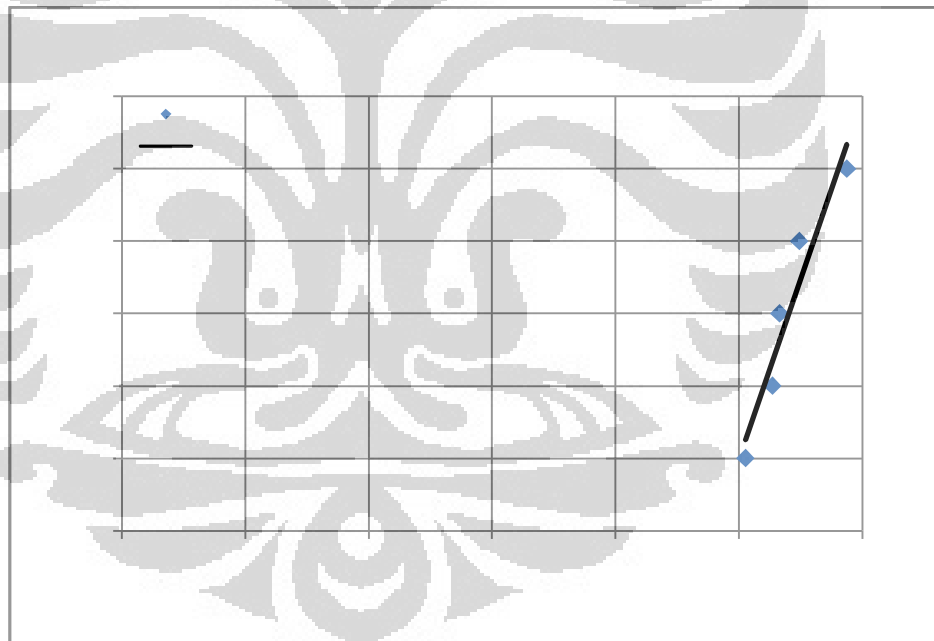
**Grafik 4.20** Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari



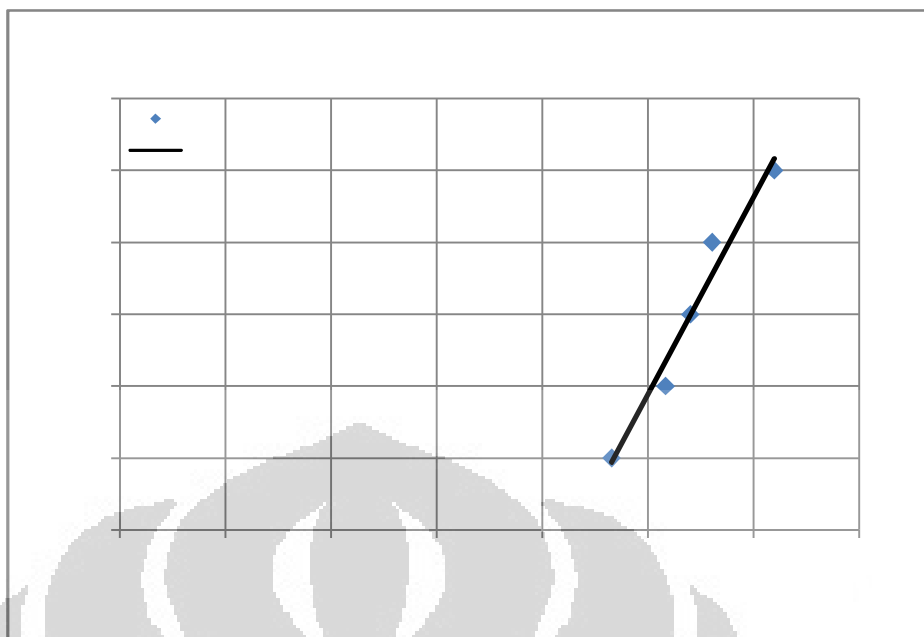
**Grafik 4.21** Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari



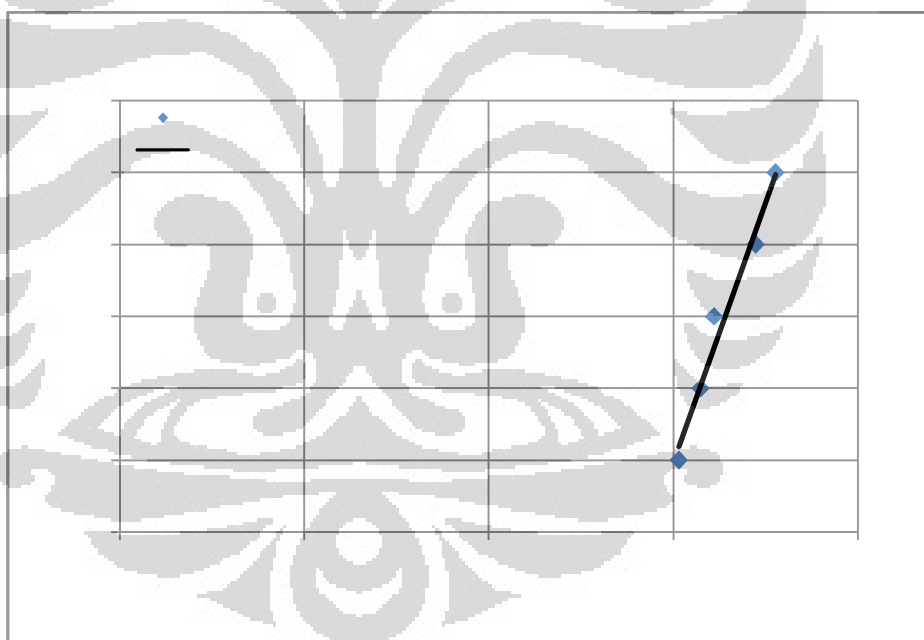
**Grafik 4.22** Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari



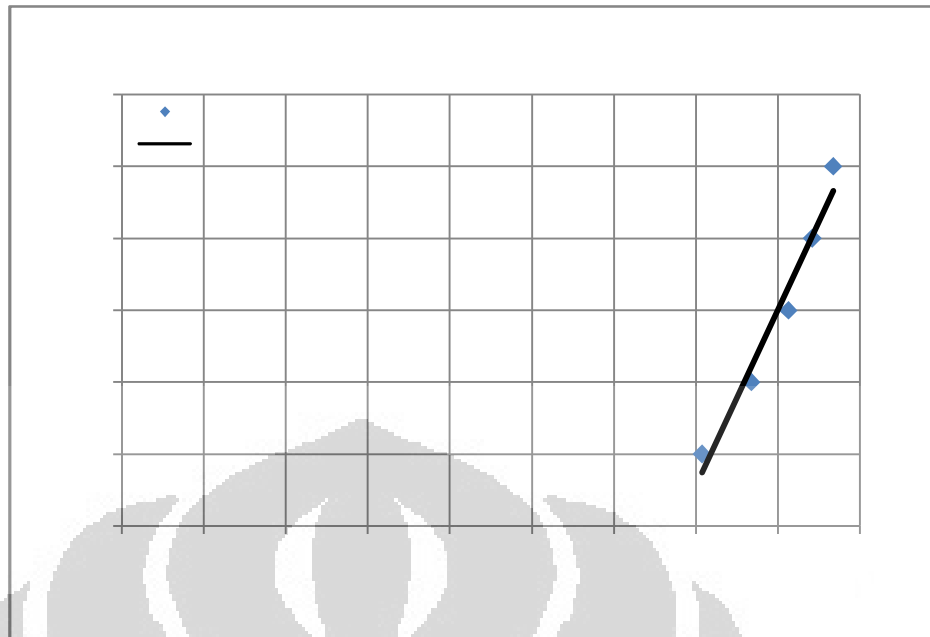
**Grafik 4.23** Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari



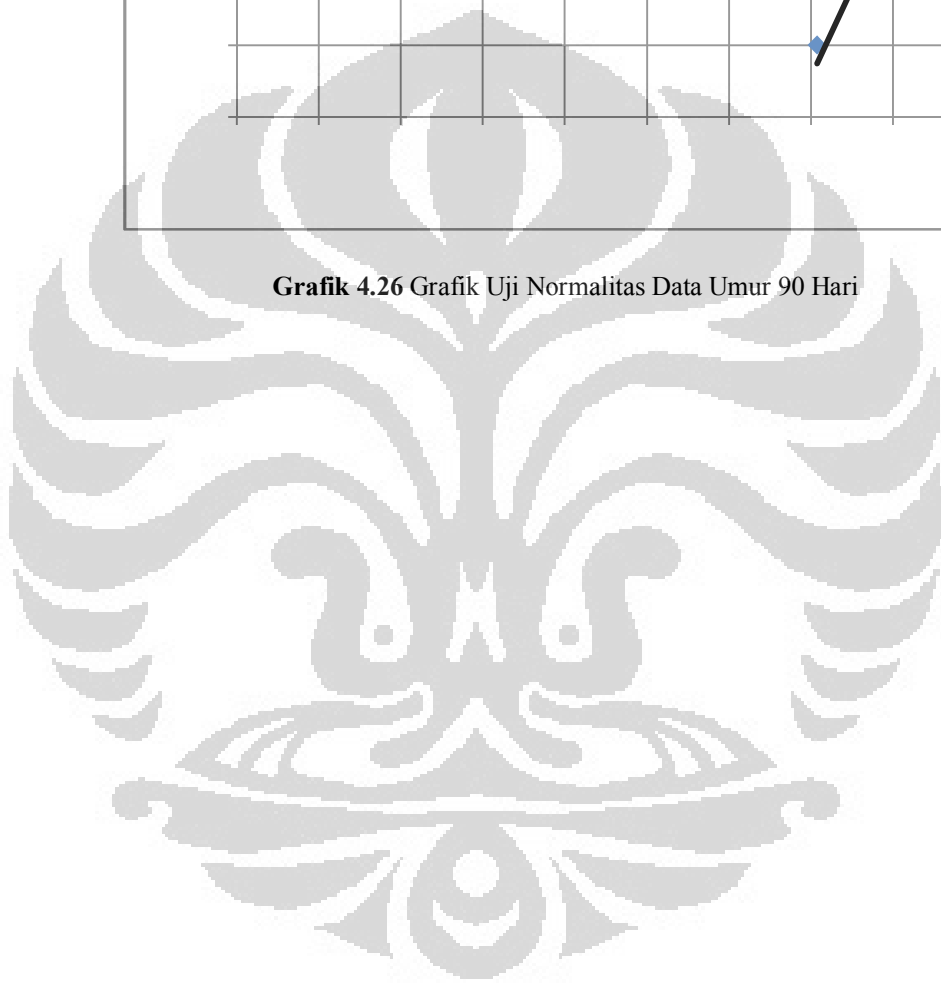
**Grafik 4.24** Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari



**Grafik 4.25** Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari



**Grafik 4.26** Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari



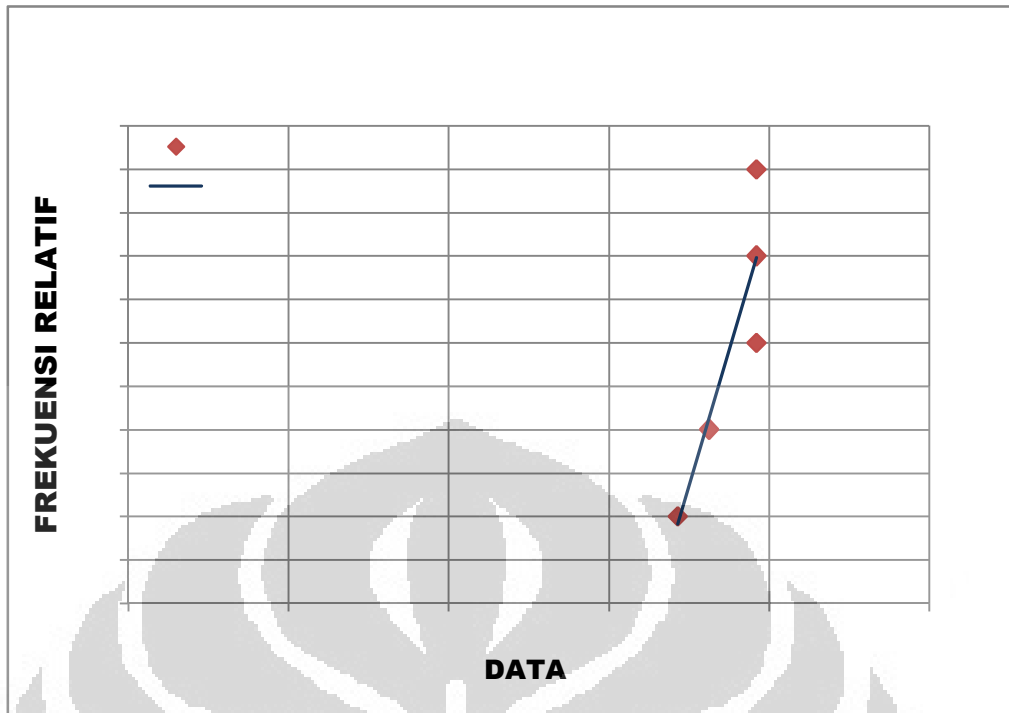
#### 4.4.3 Chi-Square 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen Type 1

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 1 memiliki total 35 benda uji, masing-masing 5 *sample* tiap umur pengujian. Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai, sebagai berikut :

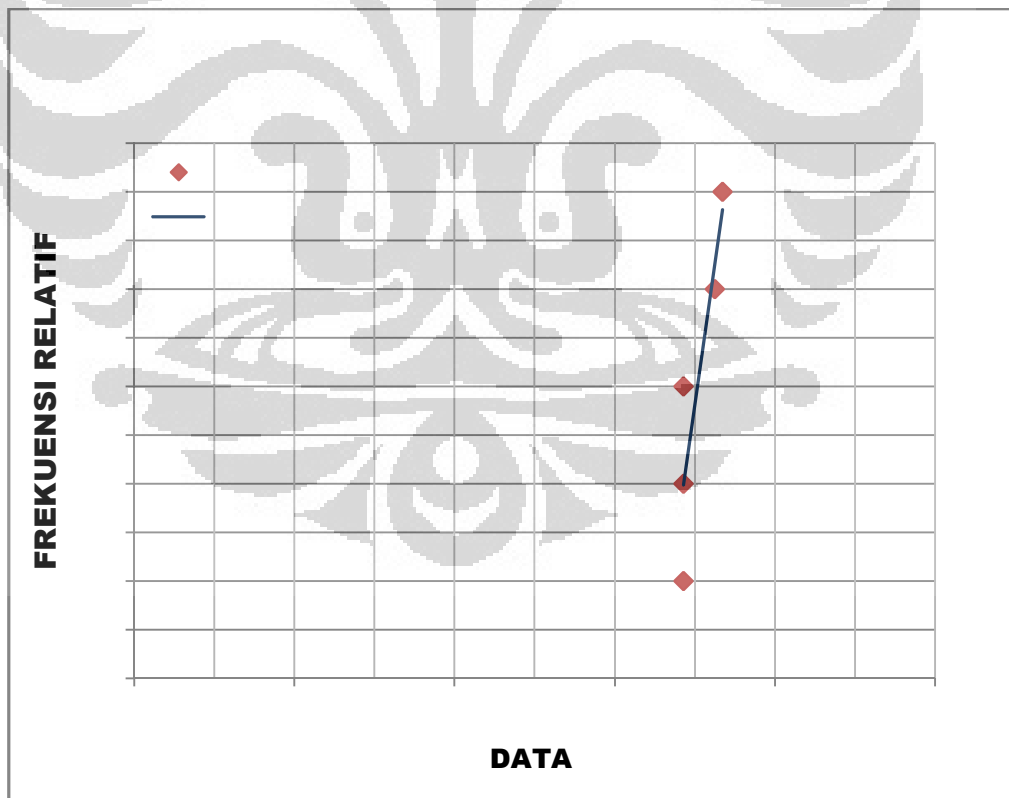
**Tabel 4.16** Perhitungan Chi-Square 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen Type 1

FREKUENSI KOMULATIF SAMPEL	FREKUENSI RELATIF	DATA	FREKUENSI	df	X <sup>2</sup> TEORITIS CHI SQUARE			
					10%	5%	1%	
<b>3 HARI</b>								
1	20	6.86	0.23	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	7.25	1.47					
3	60	7.84	1.62					
4	80	7.84	0.00					
5	100	7.84	1.72					
<b>7 HARI</b>								
1	20	6.86	0.72	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	6.86	0.36					
3	60	6.86	0.27					
4	80	7.25	0.35					
5	100	7.35	1.61					
<b>14 HARI</b>								
1	20	7.35	0.90	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	7.35	0.65					
3	60	7.84	0.53					
4	80	8.33	0.82					
5	100	8.82	1.89					
<b>21 HARI</b>								
1	20	10.39	1.65	2.00	4.605	5.991	9.210	
2	40	10.78	0.39					
3	60	10.78	0.72					
4	80	12.74	1.23					

5	100	12.94	2.02				
<b>28 HARI</b>							
1	20	11.76	0.41	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	12.25	0.91				
3	60	12.74	0.21				
4	80	13.72	1.24				
5	100	14.70	2.02				
<b>56 HARI</b>							
1	20	9.41	1.09	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	12.54	0.78				
3	60	12.74	0.76				
4	80	13.92	1.17				
5	100	14.50	2.07				
<b>90 HARI</b>							
1	20	14.21	0.57	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	14.70	0.80				
3	60	14.70	0.28				
4	80	15.68	2.26				
5	100	15.68	2.26				

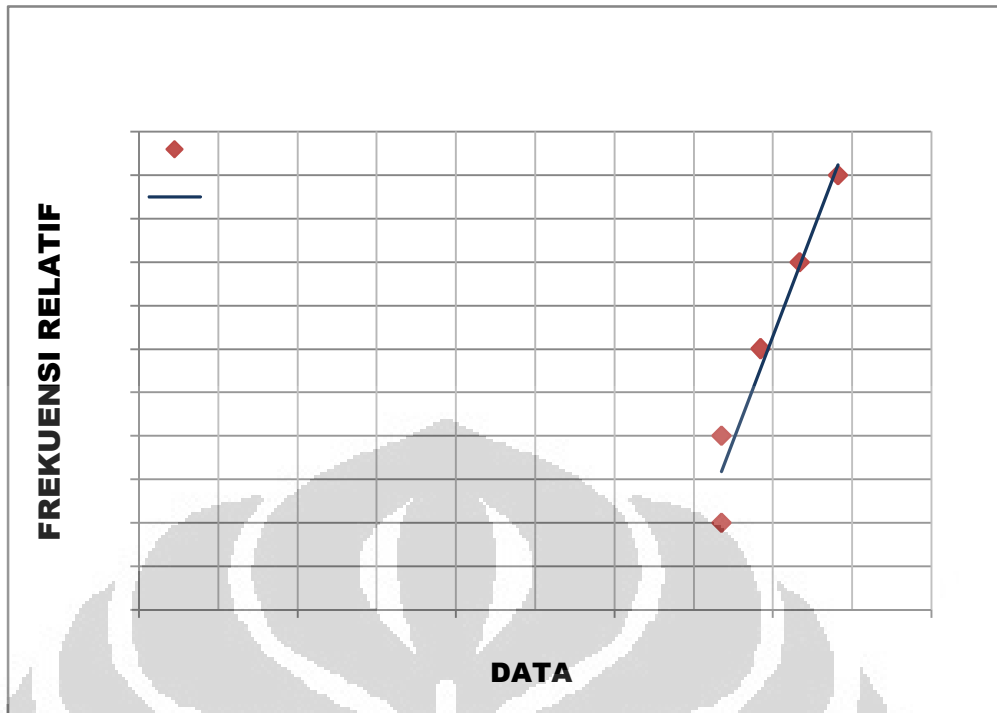


Grafik 4.27 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari

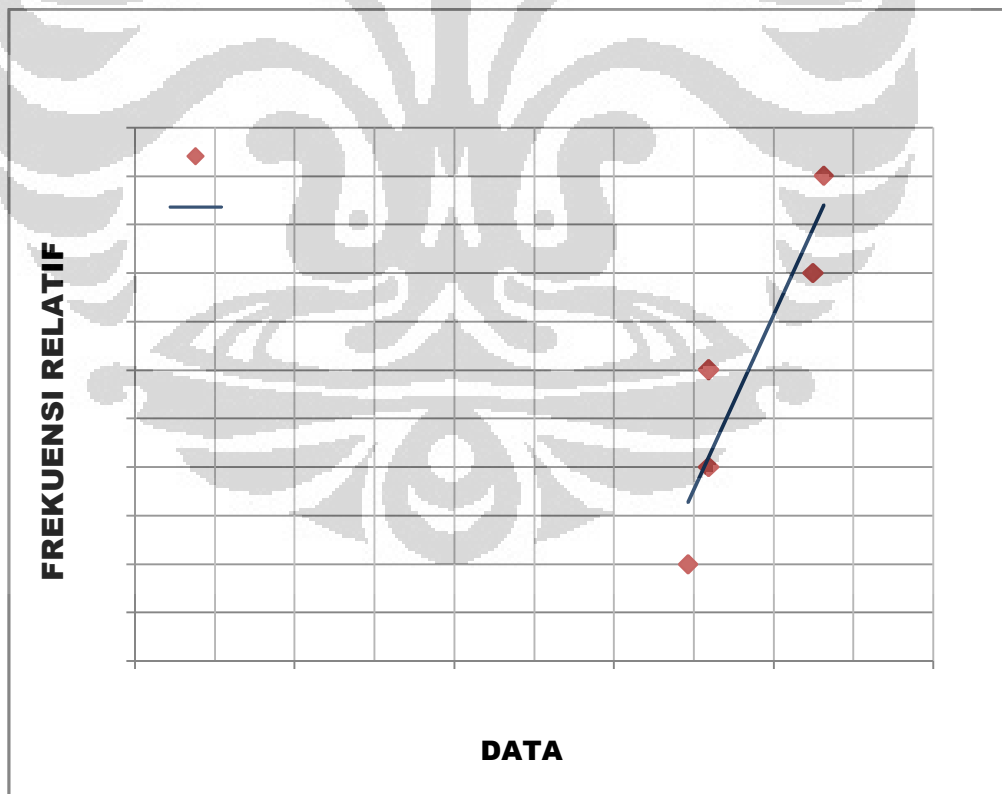


Grafik 4.28 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari

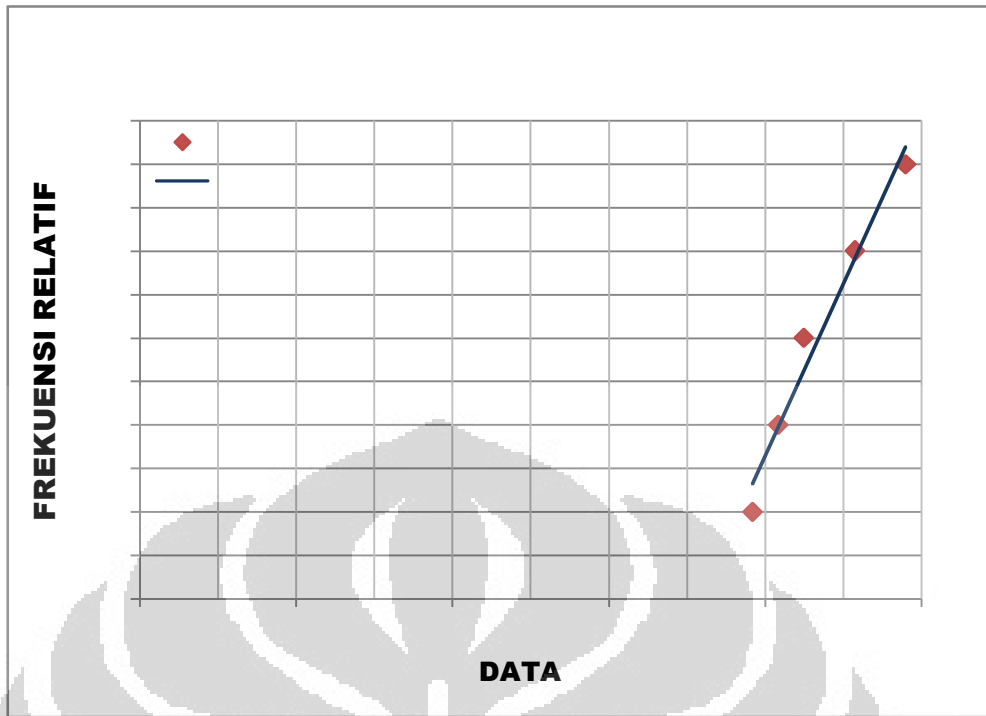




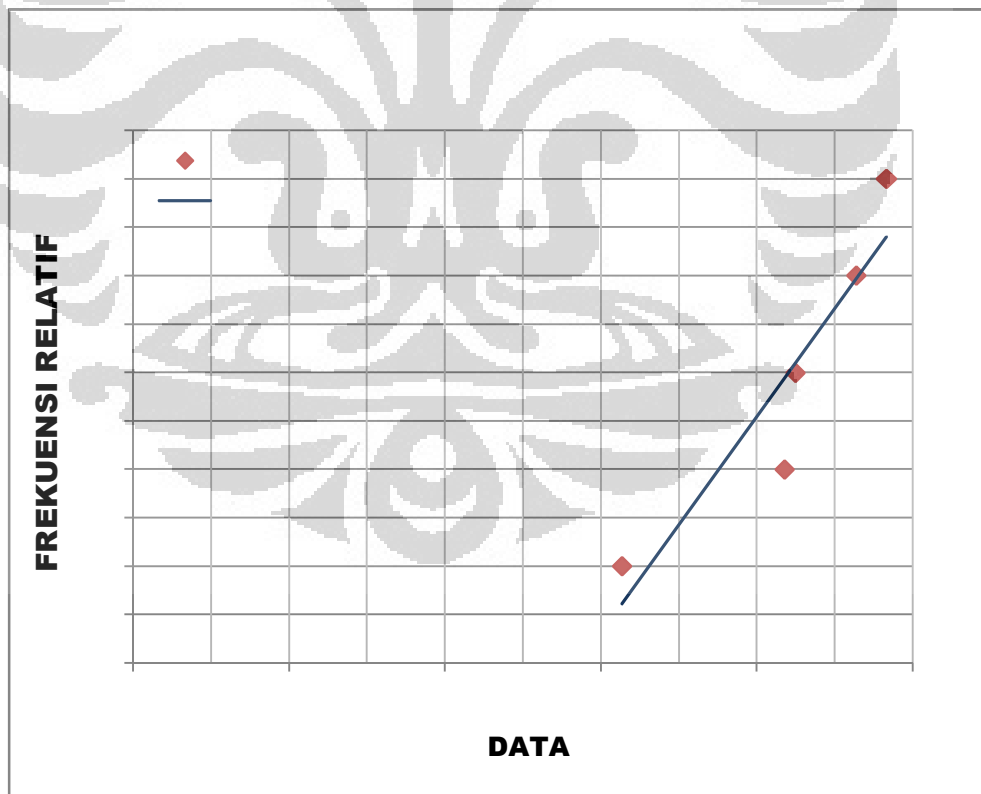
Grafik 4.29 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari



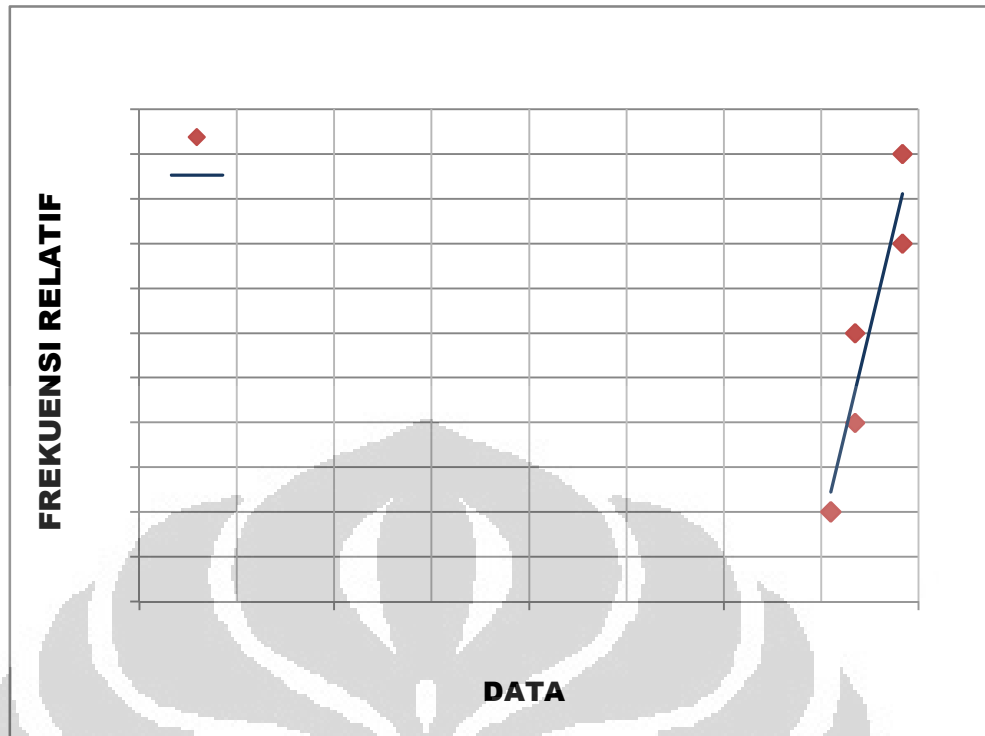
Grafik 4.30 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari



Grafik 4.31 Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari



Grafik 4.32 Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari



Grafik 4.33 Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari

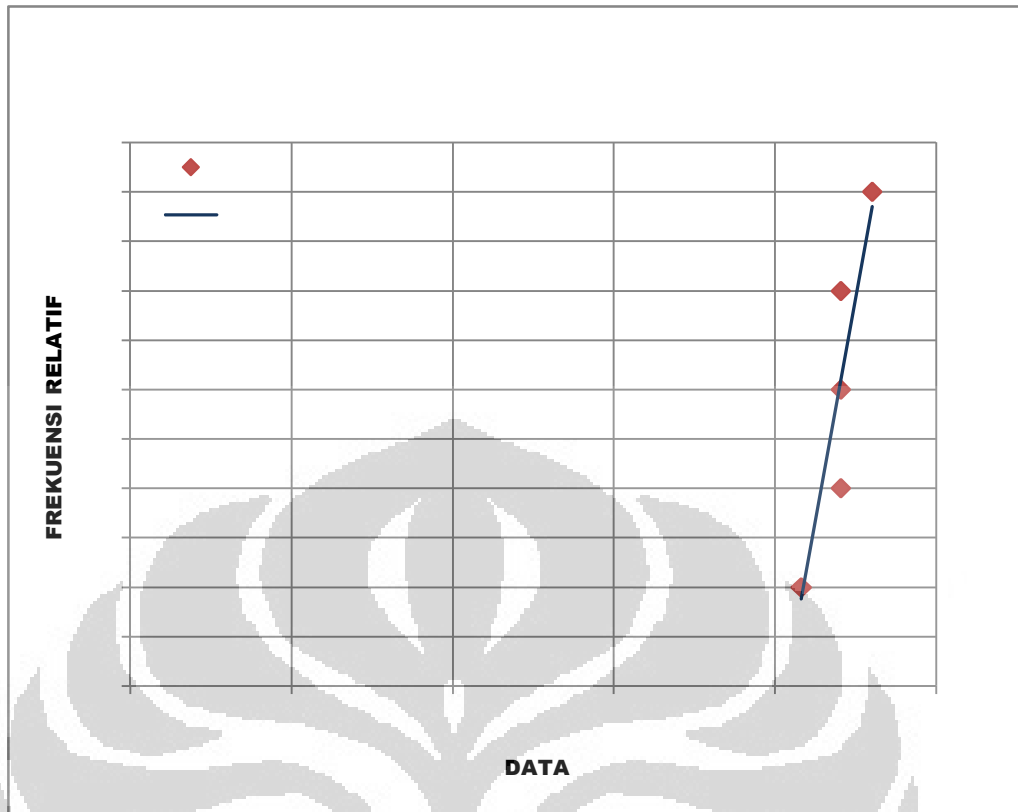
#### 4.4.4 Chi-Square 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen Type 2

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 2 memiliki total 35 benda uji, masing-masing 5 *sample* tiap umur pengujian. Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai, sebagai berikut :

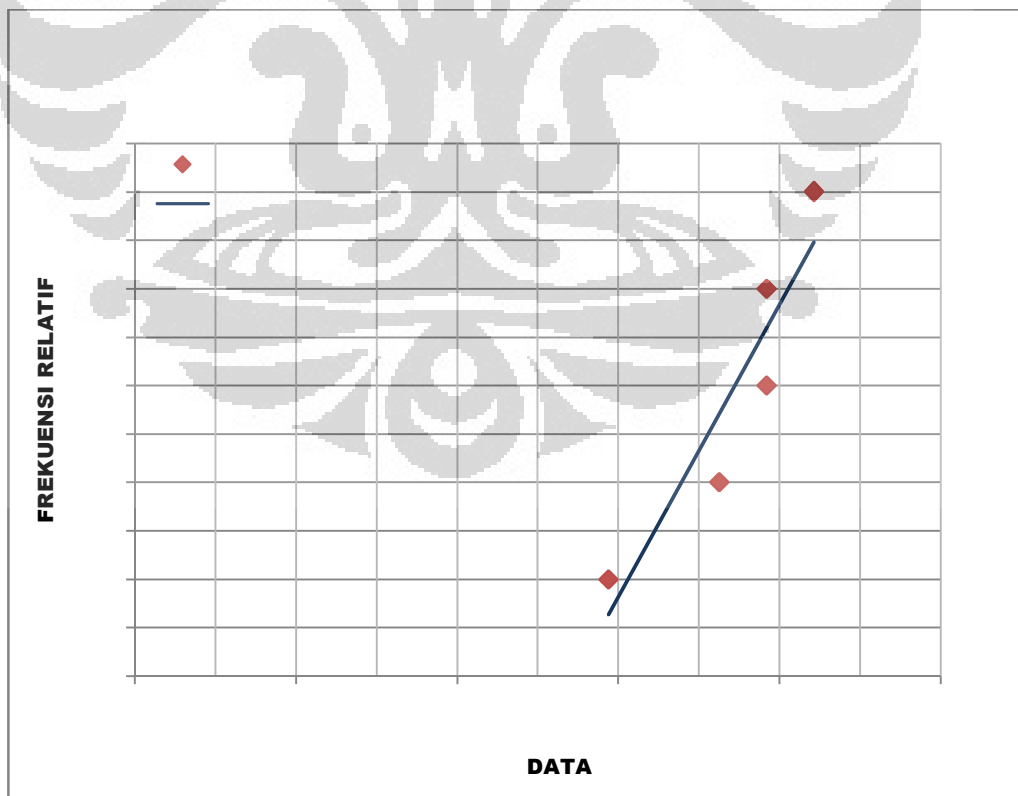
Tabel 4.17 Perhitungan Chi-Square 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Semen Type 2

FREKUENSI KOMULATIF SAMPEL	FREKUENSI RELATIF	DATA	FREKUENSI	df	X <sup>2</sup> TEORITIS CHI SQUARE		
					10%	5%	1%
<b>3 HARI</b>							
1	20	8.33	0.23	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	8.82	1.47				
3	60	8.82	1.62				
4	80	8.82	0.00				
5	100	9.21	1.72				
<b>7 HARI</b>							
1	20	5.88	0.72	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	7.25	0.36				
3	60	7.84	0.27				
4	80	7.84	0.35				
5	100	8.43	1.61				
<b>14 HARI</b>							
1	20	8.33	0.90	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	8.33	0.65				
3	60	9.31	0.53				
4	80	9.80	0.82				
5	100	10.49	1.89				
<b>21 HARI</b>							
1	20	10.78	1.65	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	11.56	0.39				
3	60	11.96	0.72				
4	80	12.05	1.23				

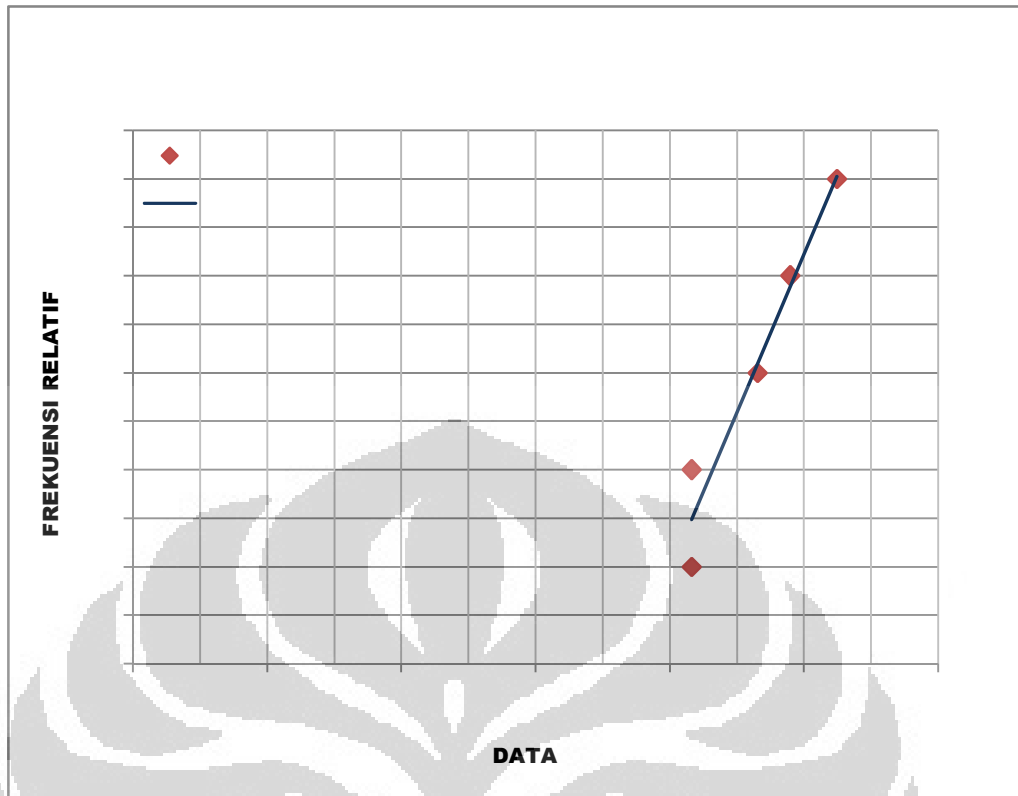
5	100	12.54	2.02				
<b>28 HARI</b>							
1	20	11.17	0.41	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	11.76	0.91				
3	60	12.25	0.21				
4	80	13.03	1.24				
5	100	14.31	2.02				
<b>56 HARI</b>							
1	20	11.76	1.09	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	12.74	0.78				
3	60	13.33	0.76				
4	80	13.33	1.17				
5	100	13.52	2.07				
<b>90 HARI</b>							
1	20	14.70	0.57	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	15.09	0.80				
3	60	15.68	0.28				
4	80	16.66	2.26				
5	100	17.64	2.26				



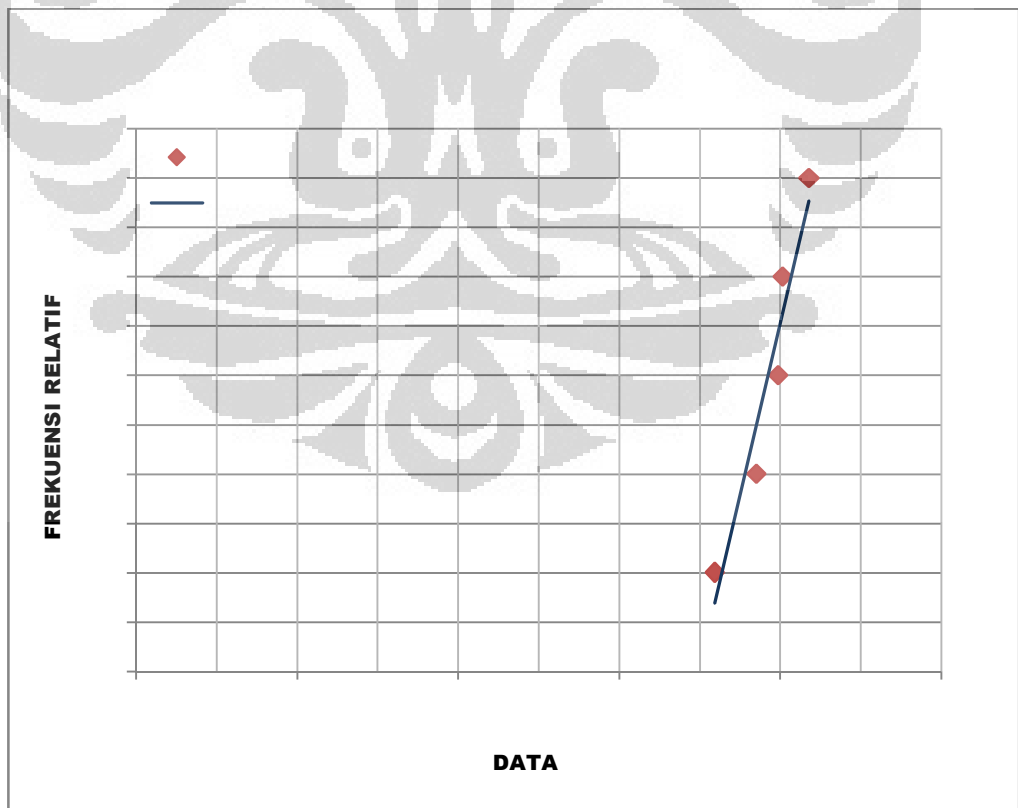
Grafik 4.34 Grafik Uji Normalitas Data Umur 3 Hari



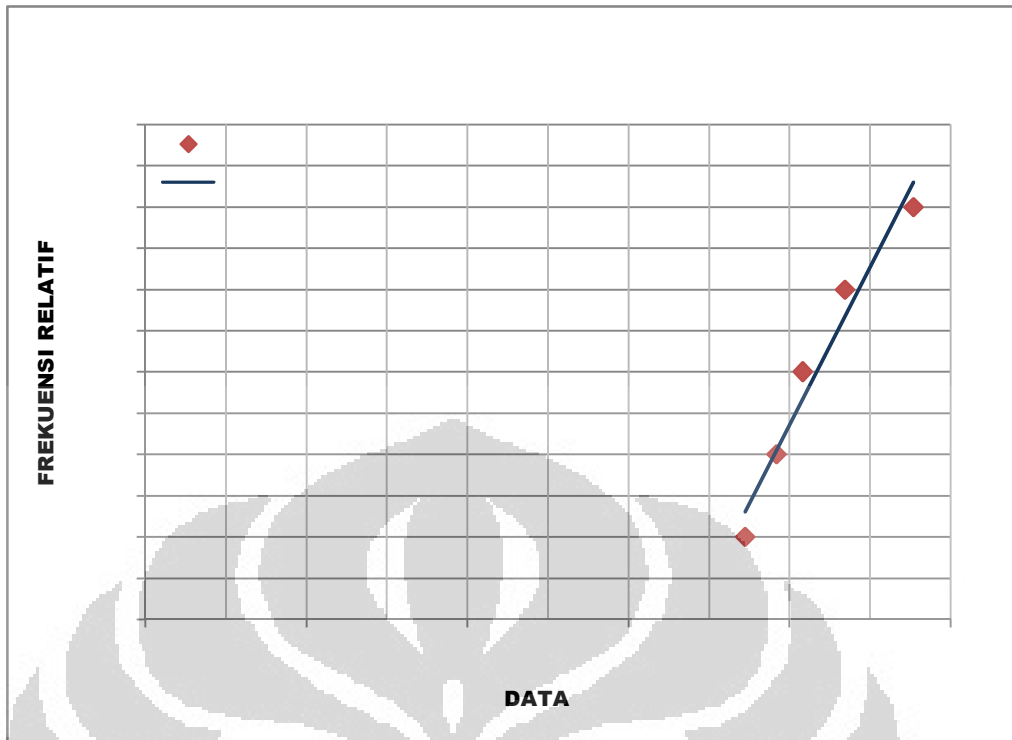
Grafik 4.35 Grafik Uji Normalitas Data Umur 7 Hari



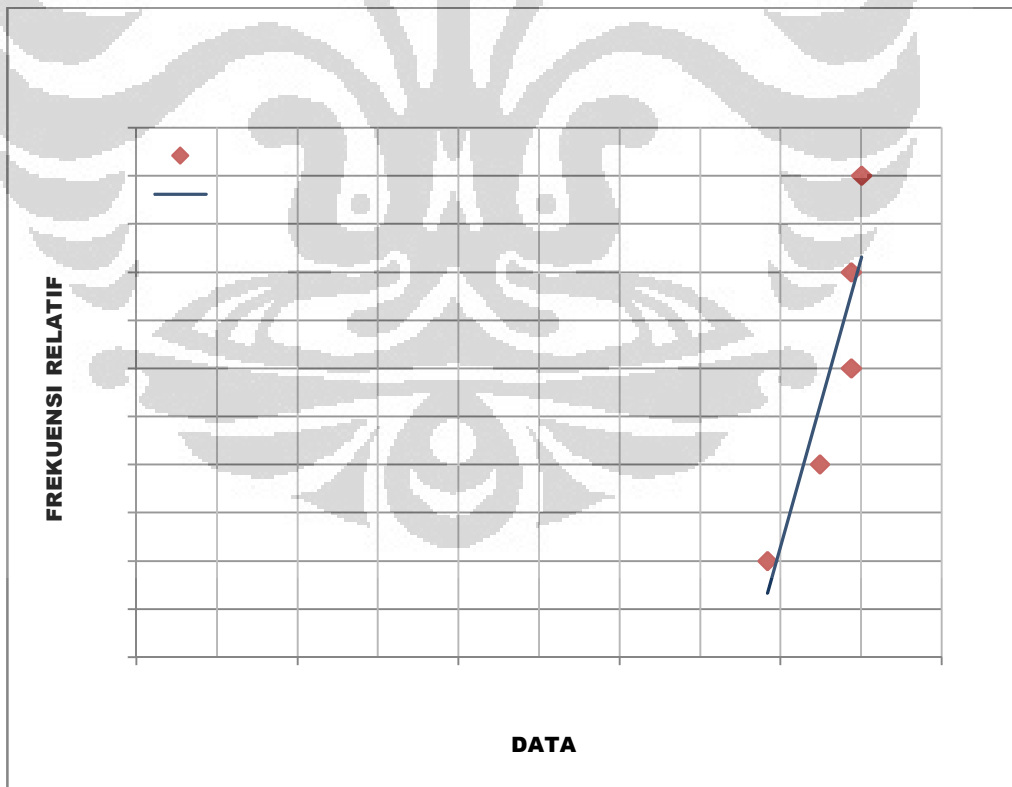
Grafik 4.36 Grafik Uji Normalitas Data Umur 14 Hari



Grafik 4.37 Grafik Uji Normalitas Data Umur 21 Hari

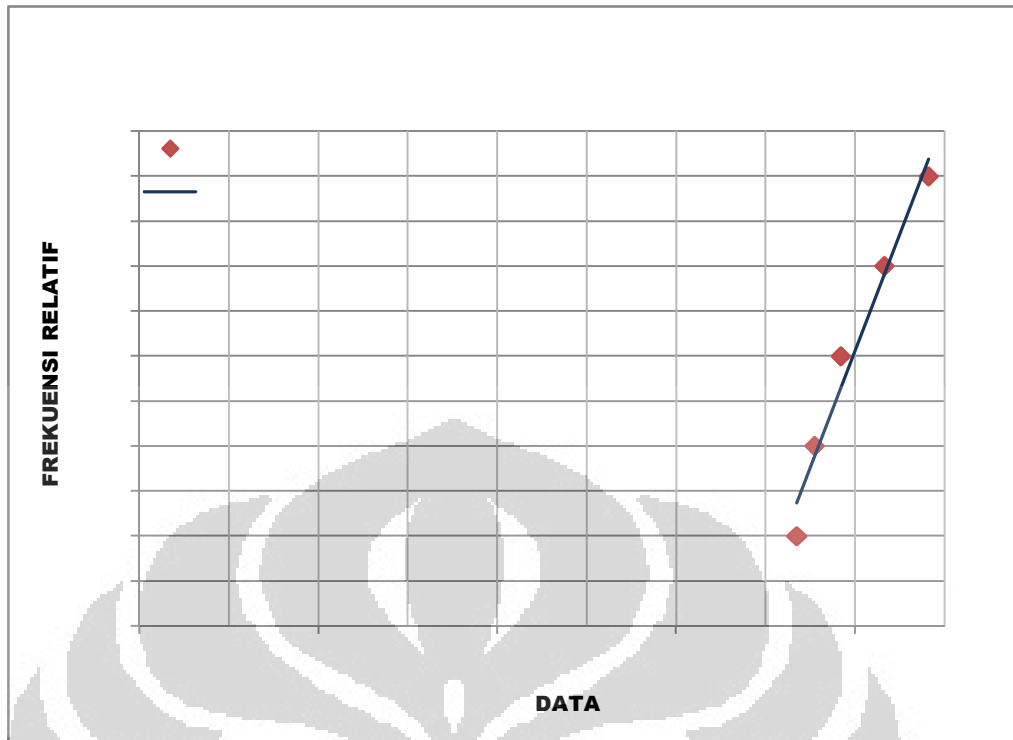


**Grafik 4.38** Grafik Uji Normalitas Data Umur 28 Hari



**Grafik 4.39** Grafik Uji Normalitas Data Umur 56 Hari





**Grafik 4.40** Grafik Uji Normalitas Data Umur 90 Hari

## 4.5 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN

### 4.5.1 Kuat Tekan 30% PCC dan 70% PSB

Dari pengujian *chi-square* diatas diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal, sehingga dengan jumlah 5 *sample* tiap umur pengujian, maka data yang ada tidak perlu diolah lagi secara statistik dan dapat diambil nilai rata-rata dari 5 *sample* yang ada. Berikut adalah tabulasi nilai kuat tekan untuk persentase 30% PCC dan 70% PSB.

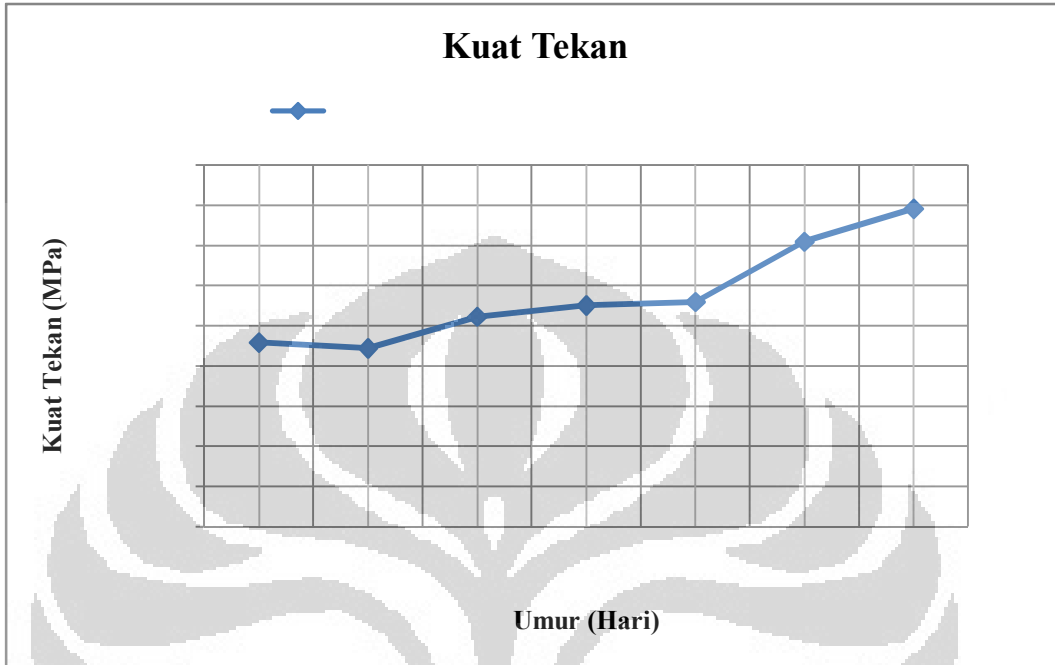
**Tabel 4.18** Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (gram)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
				Pencetakan	Pengujian				
1	T.0.03.R.R	25	<i>Type 1</i>	18 Okt 2010	21 Okt 2010	3	367.0	11700.0	45.864
2	T.0.07.R.R	25	<i>Type 1</i>	11 Okt 2010	18 Okt 2010	7	351.0	11336.0	44.437
3	T.0.14.R.R	25	<i>Type 1</i>	11 Okt 2010	25 Okt 2010	14	347.6	13334.0	52.269
4	T.0.21.R.R	25	<i>Type 1</i>	27 Sep 2010	18 Okt 2010	21	343.8	14044.0	55.052
5	T.0.28.R.R	25	<i>Type 1</i>	27 Sep 2010	25 Okt 2010	28	347.4	14274.0	55.954
6	T.0.56.R.R	25	<i>Type 1</i>	20 Sep 2010	15 Nov 2010	56	346.8	18086.0	70.897
7	T.0.90.R.R	25	<i>Type 1</i>	20 Sep 2010	19 Des 2010	90	341.4	20172.0	79.074

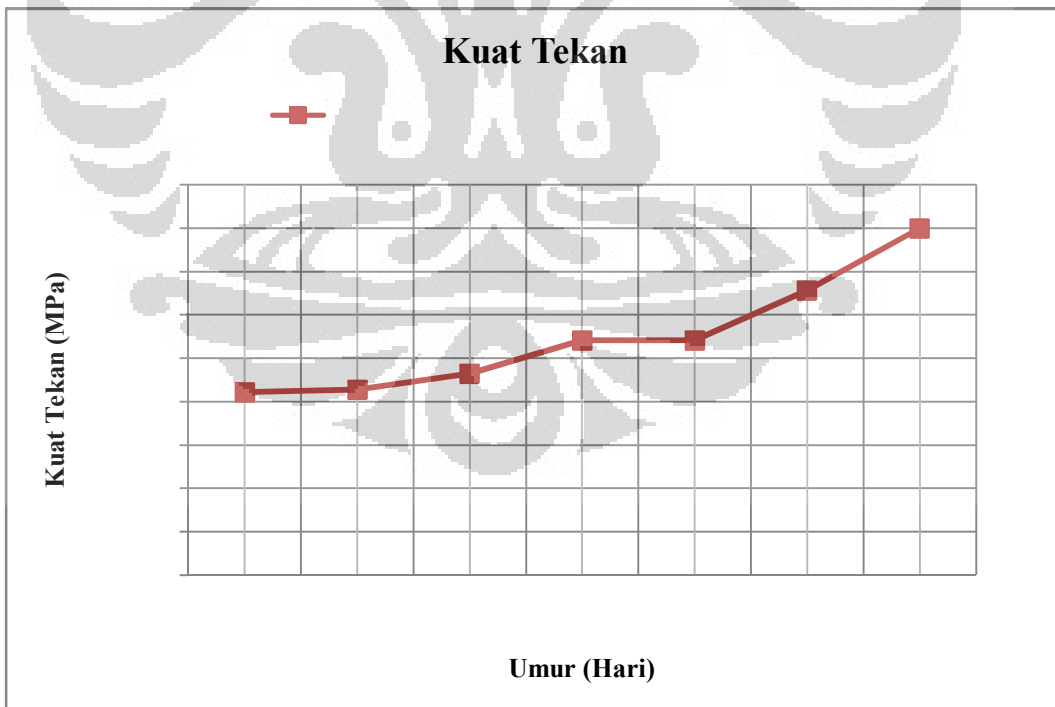
**Tabel 4.19** Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (gram)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
				Pencetakan	Pengujian				
1	T.0.03.H.H	25	<i>Type 2</i>	18 Okt 2010	21 Okt 2010	3	360.0	10750.0	42.140
2	T.0.07.H.H	25	<i>Type 2</i>	11 Okt 2010	18 Okt 2010	7	356.8	10884.0	42.665
3	T.0.14.H.H	25	<i>Type 2</i>	11 Okt 2010	25 Okt 2010	14	357.2	11832.0	46.381
4	T.0.21.H.H	25	<i>Type 2</i>	27 Sep 2010	18 Okt 2010	21	349.4	13786.0	54.041
5	T.0.28.H.H	25	<i>Type 2</i>	27 Sep 2010	25 Okt 2010	28	362.8	13796.0	54.080

6	T.0.56.H.H	25	Type 2	20 Sep 2010	15 Nov 2010	56	366.2	16740.0	65.621
7	T.0.90.H.H	25	Type 2	20 Sep 2010	19 Des 2010	90	352.8	20398.0	79.960



Grafik 4.41 Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.



Grafik 4.42 Kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

#### 4.5.2 Kuat Tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB

Dari pengujian *chi-square* diatas diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal, sehingga dengan jumlah 5 *sample* tiap umur pengujian, maka data yang ada tidak perlu diolah lagi secara statistik dan dapat diambil nilai rata-rata dari 5 *sample* yang ada. Berikut adalah tabulasi nilai kuat tekan untuk persentase 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB.

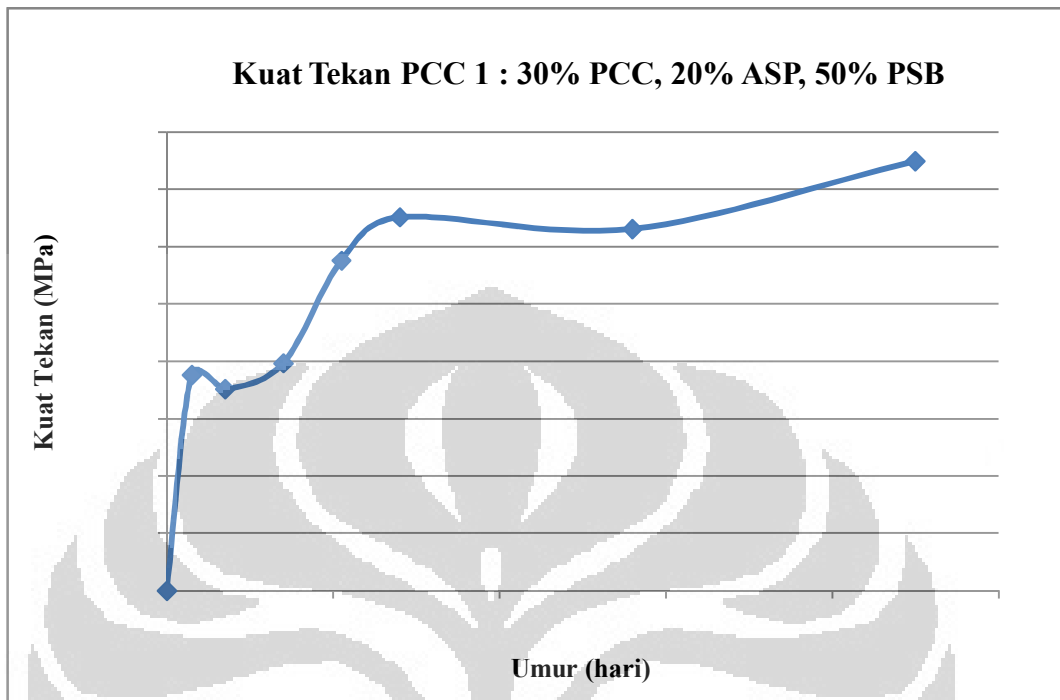
**Tabel 4.20** Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 1*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (gram)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
				Pencetakan	Pengujian				
1	T.3.03.R.R	25	<i>Type 1</i>	19 Okt 2010	22 Okt 2010	3	232,2	1920	7,53
2	T.3.07.R.R	25	<i>Type 1</i>	15 Okt 2010	22 Okt 2010	7	228,8	1795	7,04
3	T.3.14.R.R	25	<i>Type 1</i>	15 Okt 2010	29 Okt 2010	14	220,6	2025	7,94
4	T.3.21.R.R	25	<i>Type 1</i>	29 Sep 2010	20 Okt 2010	21	230,8	2940	11,52
5	T.3.28.R.R	25	<i>Type 1</i>	29 Sep 2010	27 Okt 2010	28	228,6	3325	13,03
6	T.3.56.R.R	25	<i>Type 1</i>	23 Sep 2010	18 Nov 2010	56	234,2	3220	12,62
7	T.3.90.R.R	25	<i>Type 1</i>	23 Sep 2010	22 Des 2010	90	222,4	3825	14,99

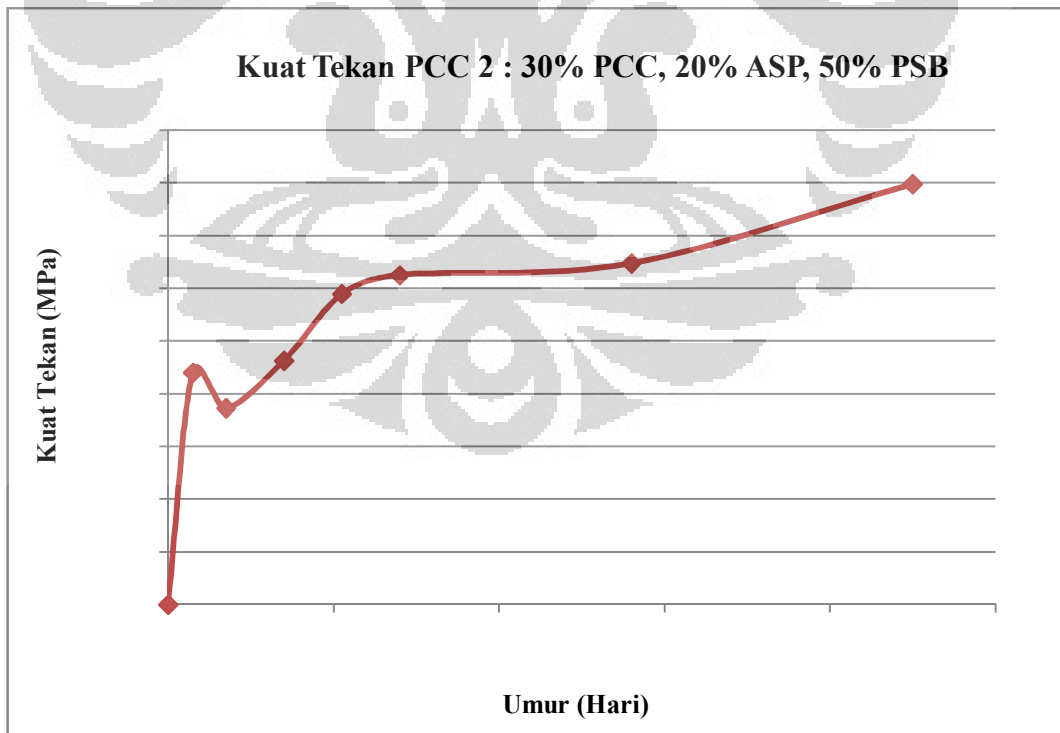
**Tabel 4.21** Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 2*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (gram)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
				Pencetakan	Pengujian				
1	T.3.03.H.H	25	<i>Type 2</i>	19 Okt 2010	22 Okt 2010	3	222,2	2245	8,80
2	T.3.07.H.H	25	<i>Type 2</i>	15 Okt 2010	22 Okt 2010	7	222	1900	7,45
3	T.3.14.H.H	25	<i>Type 2</i>	15 Okt 2010	29 Okt 2010	14	222,2	2360	9,25
4	T.3.21.H.H	25	<i>Type 2</i>	29 Sep 2010	20 Okt 2010	21	228,8	3005	11,78
5	T.3.28.H.H	25	<i>Type 2</i>	29 Sep 2010	27 Okt 2010	28	232,8	3190	12,50
6	T.3.56.H.H	25	<i>Type 2</i>	23 Sep 2010	18 Nov 2010	56	219,8	3300	12,94

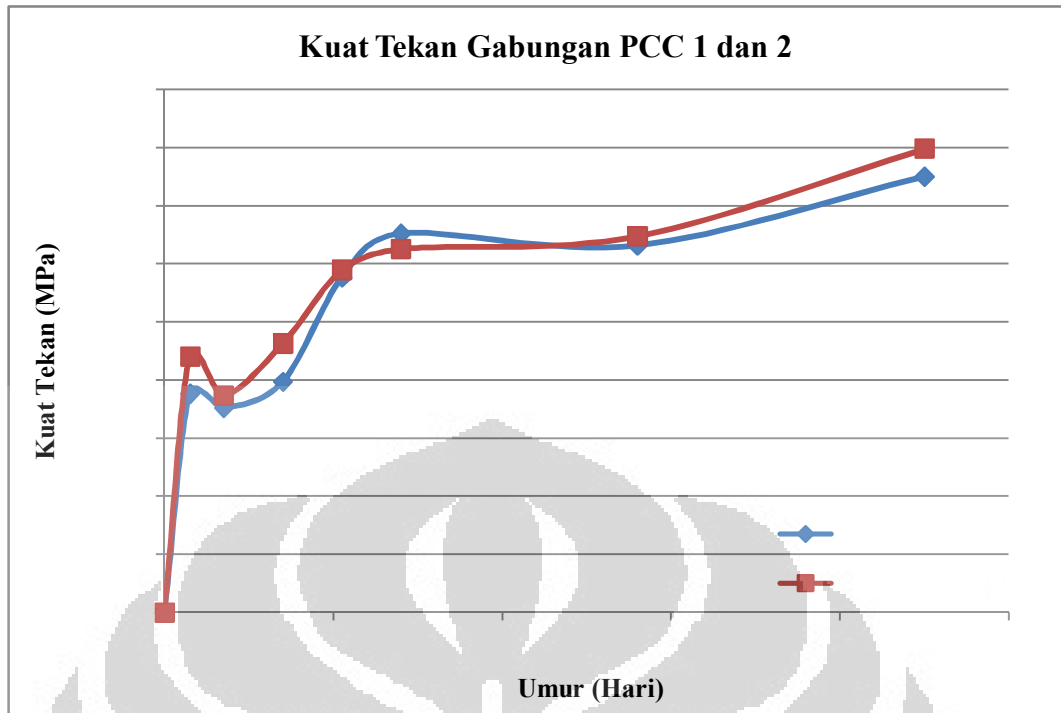
7	T.3.90.H.H	25	Type 2	23 Sep 2010	22 Des 2010	90	214,6	4070	15,95
---	------------	----	--------	-------------	-------------	----	-------	------	-------



**Grafik 4.43** Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 1*.



**Grafik 4.44** Kuat tekan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 2*.



Grafik 4.45 Kuat tekan Gabungan 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB.

#### 4.6 HASIL PENGUJIAN DENSITY

Pengujian *density* menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,5 gram. Dari masing-masing komposisi dibuat benda uji kubus 50 x 50 x 50 mm sebanyak 5 buah. Berikut ini merupakan data pengujian *density* mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$D_c = \frac{\gamma_w \cdot S}{S - I}$$

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w}$$

Dimana :  $\gamma_w$  = berat jenis air (gram/cm<sup>3</sup>).

S = berat benda uji kering udara (gram).

I = berat benda uji dalam air (gram).

Tabel 4.22 *Density* 30% PCC dan 70% PSB semen *Type* 1.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	D.0.28.1.R	25	<i>Type</i> 1	28	362.0	232.5	363.5	343.0	0.9975	2.788
2	D.0.28.2.R	25	<i>Type</i> 1	28	366.0	237.5	366.5	346.0	0.9975	2.841
3	D.0.28.3.R	25	<i>Type</i> 1	28	366.0	236.0	366.0	346.0	0.9975	2.808
4	D.0.28.4.R	25	<i>Type</i> 1	28	370.0	239.0	370.5	352.0	0.9975	2.817
5	D.0.28.5.R	25	<i>Type</i> 1	28	359.0	231.0	359.0	340.0	0.9975	2.798
				Rata <sup>2</sup>	364.6	235.2	365.1	345.4	0.9975	2.811

**Tabel 4.23** *Density* 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	D.0.28.1.H	25	Type 2	28	352.0	225.5	352.5	333.0	0.9975	2.776
2	D.0.28.2.H	25	Type 2	28	379.0	243.0	379.5	358.0	0.9975	2.780
3	D.0.28.3.H	25	Type 2	28	373.0	238.5	374.5	353.0	0.9975	2.766
4	D.0.28.4.H	25	Type 2	28	369.0	237.0	369.0	350.0	0.9975	2.788
5	D.0.28.5.H	25	Type 2	28	353.0	227.0	353.5	337.0	0.9975	2.795
				Rata <sup>2</sup>	365.2	234.2	365.8	346.2	0.9975	2.781

**Tabel 4.24** *Density* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 1*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	D.3.28.1.R	25	Type 1	28	219	99	224	180	0,9975	1,820
2	D.3.28.2.R	25	Type 1	28	231	107	233	186	0,9975	1,858
3	D.3.28.3.R	25	Type 1	28	226	104	228	179	0,9975	1,840
4	D.3.28.4.R	25	Type 1	28	235	109	237	188	0,9975	1,860
5	D.3.28.5.R	25	Type 1	28	234	109	236	191	0,9975	1,860
				Rata <sup>2</sup>	229	105	231	185	0,9975	1,848

**Tabel 4.25** *Density* 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 2*.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	D.3.28.1.H	25	Type 2	28	242	113	246	201	0,9975	1,871
2	D.3.28.2.H	25	Type 2	28	243	116	246	202	0,9975	1,909
3	D.3.28.3.H	25	Type 2	28	246	116	248	205	0,9975	1,888
4	D.3.28.4.H	25	Type 2	28	249	120	250	204	0,9975	1,925
5	D.3.28.5.H	25	Type 2	28	228	111	230	189	0,9975	1,944
				Rata <sup>2</sup>	242	115	244	200	0,9975	1,907



#### 4.7 HASIL PENGUJIAN ABSORPSI

Pengujian absorpsi menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,5 gram. Dari masing-masing komposisi dibuat benda uji kubus 50 x 50 x 50 mm sebanyak 5 buah. Berikut ini merupakan data pengujian absorpsi mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$A_t = (W_t - W_0) \times 10000 / L_1 \times L_2$$

Dimana :  $W_t$  = berat benda uji pada waktu T (gram)

$W_0$  = berat tetap awal benda uji (gram)

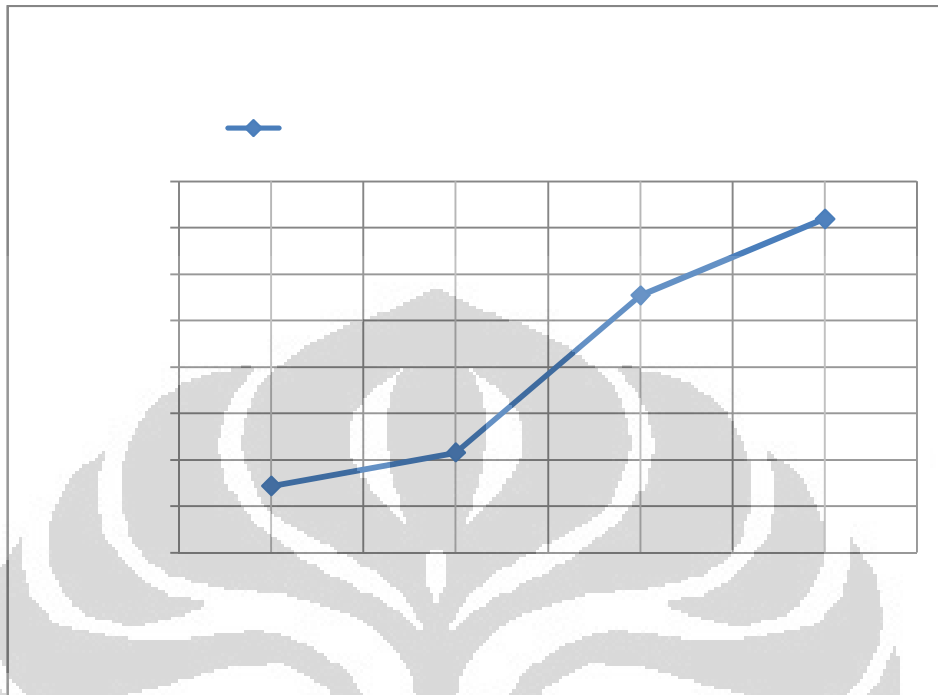
**Tabel 4.26** Absorpsi 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.

No	Kode Benda Uji	Luas (mm <sup>2</sup> )	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Kering Oven (gram)	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
										15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	A.0.2 8.1.R	2500	28	365	346	348	349	351	353	8	12	20	28
2	A.0.2 8.2.R	2500	28	360	342	343	344	348	350	4	8	25	32
3	A.0.2 8.3.R	2500	28	357	339	341	342	345	347	8	10	25	32
4	A.0.2 8.4.R	2500	28	354	337	339	340	343	344	8	10	23	28
5	A.0.2 8.5.R	2500	28	350	333	335	337	345	348	8	14	46	60
			Rata <sup>2</sup>	357.2	339.4	341.2	342.1	346.3	348.4	7.20	10.80	27.76	36.00

**Tabel 4.27** Absorpsi 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

No	Kode Benda Uji	Luas (mm <sup>2</sup> )	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Kering Oven (gram)	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
										15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	A.0.2 8.1.H	2500	28	369	350	352	355	361	364	8	20	42	56
2	A.0.2 8.2.H	2500	28	367	349	351	354	358	361	8	18	36	48
3	A.0.2 8.3.H	2500	28	369	350	352	354	359	362	8	14	36	48
4	A.0.2 8.4.H	2500	28	350	333	336	338	341	343	12	18	32	40
5	A.0.2 8.5.H	2500	28	350	335	337	340	344	346	8	20	36	44

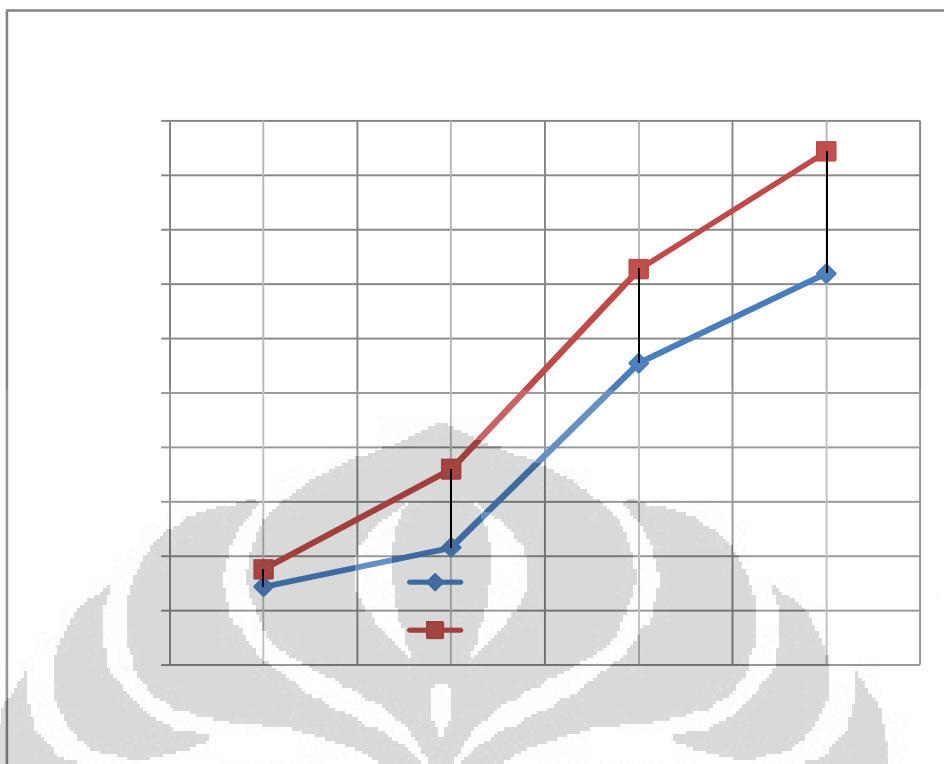
Rata <sup>2</sup>	361.0	343.4	345.6	347.9	352.5	355.2	8.80	18.0 0	36.4 0	47.2 0
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-----------	-----------	-----------



**Grafik 4.46** Absorpsi 30% PCC dan 70% PSB semen Type 1.



**Grafik 4.47** Absorpsi 30% PCC dan 70% PSB semen Type 2.



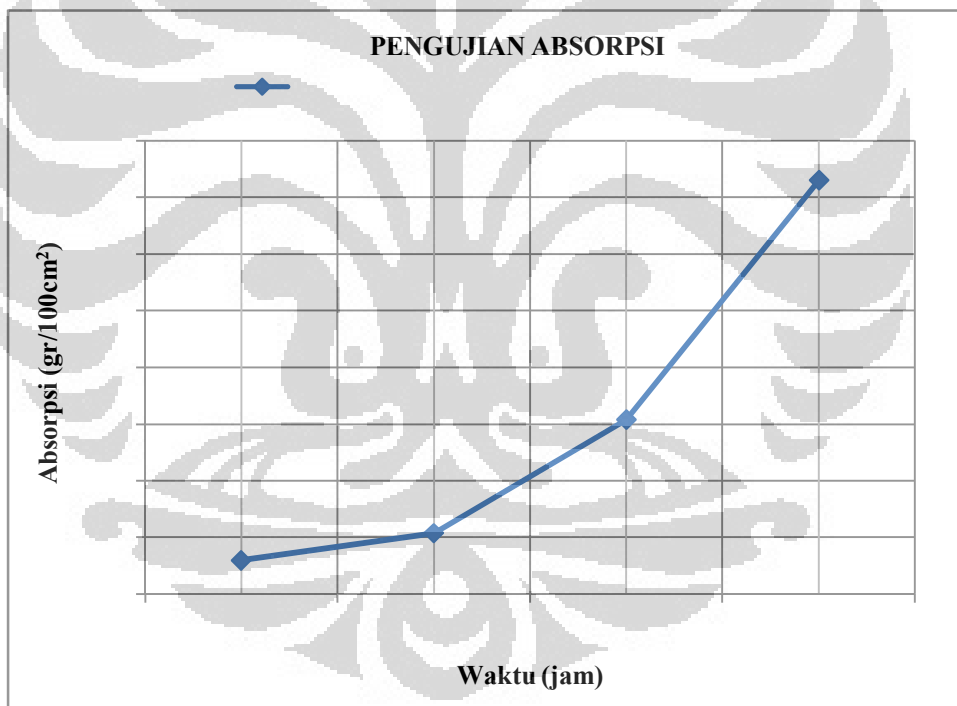
Grafik 4.48 Absorpsi 30% PCC tipe 1 dan 2 dan 70% PSB.

Tabel 4.28 Absorpsi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 1.

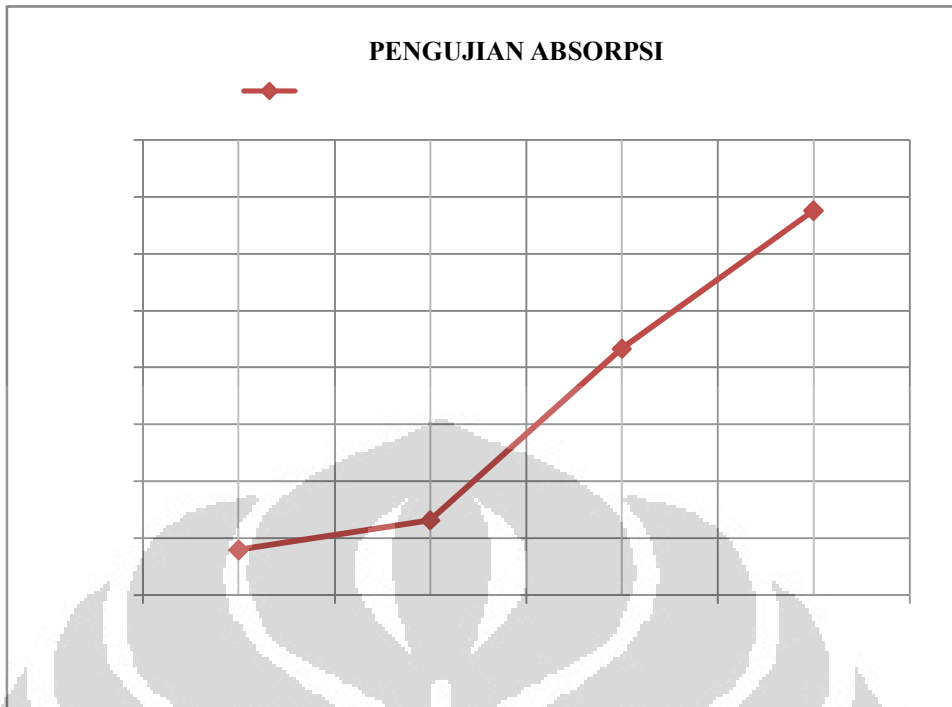
No	Kode lab	Umur (hari)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat sampel (gr)	Berat sampel kering oven (gr)	Berat sampel setelah direndam (gr)				Absorpsi (gram/100 cm <sup>2</sup> )			
						0,25 jam	1 jam	4 jam	24 jam	0,25 jam	1 jam	4 jam	24 jam
1	A.3.28.1.R	28	2500	213	182	186	189	201	224	16	28	76	168
2	A.3.28.2.R	28	2500	219	192	195	197	206	226	12	20	54	136
3	A.3.28.3.R	28	2500	221	188	191	192	203	226	12	16	60	150
4	A.3.28.4.R	28	2500	222	190	193	196	206	228	12	24	62	152
5	A.3.28.5.R	28	2500	223	190	192	195	204	221	8	20	56	124
Rata-rata										12	21.6	61.6	146

**Tabel 4.29** *Absorpsi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 2.*

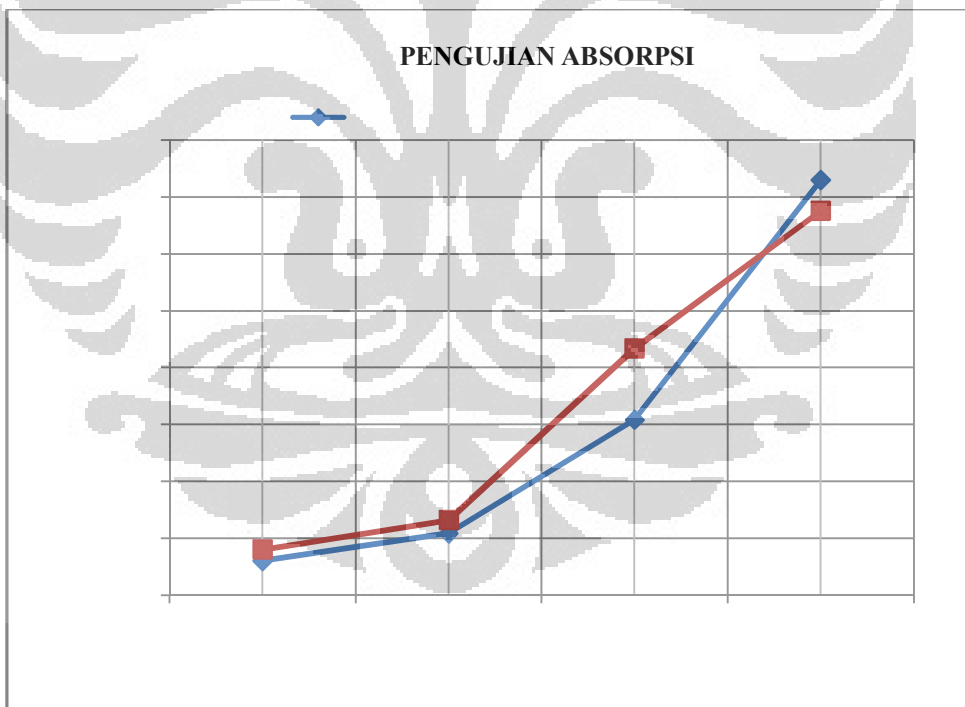
No	Kode lab	Umur (hari)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat sampel (gr)	Berat sampel kering oven (gr)	Berat sampel setelah direndam ( gr )				Absorpsi ( gram/100 cm <sup>2</sup> )			
						0,25 jam	1 jam	4 jam	24 jam	0,25 jam	1 jam	4 jam	24 jam
1	A.3.28.1.H	28	2500	235	202	206	209	224	239	16	28	88	148
2	A.3.28.2.H	28	2500	241	210	212	213	227	240	8	12	68	120
3	A.3.28.3.H	28	2500	238	206	207	209	222	234	4	12	64	112
4	A.3.28.4.H	28	2500	240	207	211	214	231	242	16	28	97.6	140
5	A.3.28.5.H	28	2500	239	207	216	220	236	246	36	52	116	156
Rata-rata										16	26.4	86.7 2	135. 2



**Grafik 4.49** *Absorpsi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 1.*



**Grafik 4.50** *Absorpsi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen Type 2.*



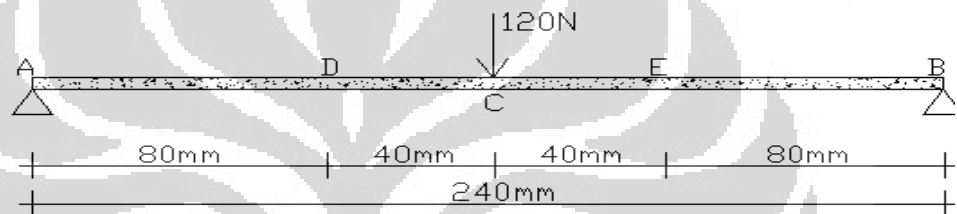
**Grafik 4.51** *Absorpsi Gabungan 30% PCC type 1 dan 2, 20% ASP, dan 50% PSB.*

## 4.8 HASIL PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS

Pengujian modulus elastisitas menggunakan 1 titik pembebanan, dimana lendutan yang dipantau terletak pada 2 titik. Pengujian ini menggunakan benda uji balok 25 x 25 x 270 mm sebanyak 5 buah. Berikut ini merupakan data pengujian modulus elastisitas mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Adapun contoh perhitungannya :

### • CONTOH PERHITUNGAN : METODE UNIT LOAD

#### A. AKIBAT BEBAN P SAJA :



Prosedur :

#### 1. Reaksi Perletakan :

$$V_a = 60 \text{ N}$$

$$V_b = 60 \text{ N}$$

Analisa Gaya Dalam :

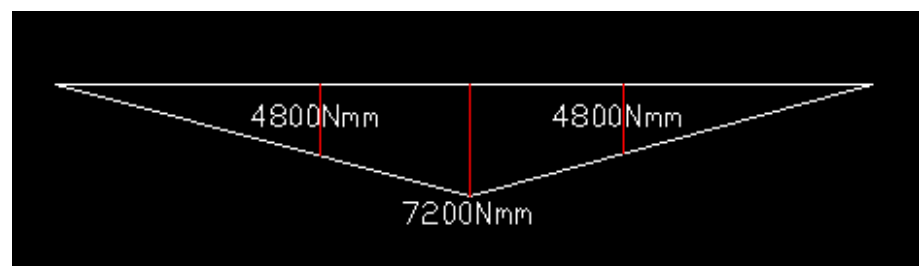
$$AD : 0 \leq x \leq 80 : M_x = 60x$$

$$DC : 0 \leq x \leq 40 : M_x = 60x + 4800$$

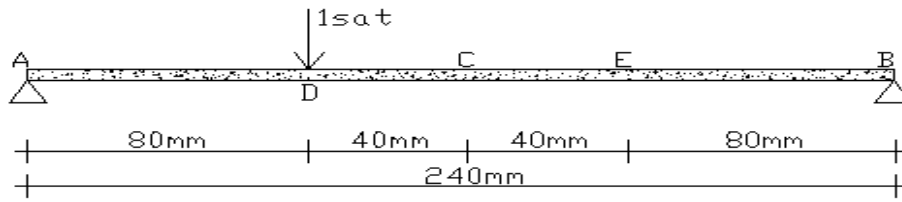
$$BE : 0 \leq x \leq 80 : M_x = 60x$$

$$EC : 0 \leq x \leq 40 : M_x = 60x + 4800$$

Diagram Gaya Dalam :



2. Lendutan di titik D dan E :



$$V_a = 0,67 \text{ N}$$

$$V_b = 0,33 \text{ N}$$

Analisa Gaya Dalam :

$$AD : 0 \leq x \leq 80 : mx = 0,67x$$

$$DC : 0 \leq x \leq 40 : mx = -0,33x + 53,6$$

$$BE : 0 \leq x \leq 80 : mx = 0,33x$$

$$EC : 0 \leq x \leq 40 : mx = 0,33x + 26,4$$

$$\Delta D = \sum \int_0^L \frac{M m dx}{EI}$$

$$= \int_0^{80} \frac{x}{EI} \cdot x dx + \int_0^{40} \frac{x}{EI} \cdot (-x) dx + \int_0^{80} \frac{x}{EI} \cdot x dx + \int_0^{40} \frac{60x+4800}{EI} \cdot (0,33x+26,4) dx$$

$$= \frac{6860800 + 11174400 + 3379200 + 8025600}{EI} = \frac{29440000}{EI}$$

Dari data pengujian didapat :

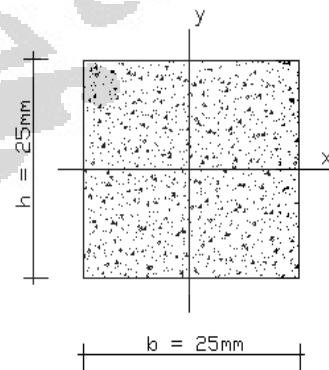
$$\Delta D = 0,11 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga ; } 0,11 = \frac{29440000}{EI}$$

$$3. \text{ Properties penampang : } I_x = \frac{1}{12} bh^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 25^3$$

$$= 32552,083 \text{ mm}^4$$



$$\text{Jadi, } 0,11 = \frac{29440000}{32552,083E}$$

$$E = 8221,789 \text{ Mpa}$$

4. Tegangan akibat adanya momen :

$$\text{Tegangan Lentur} = \frac{M y}{I}$$

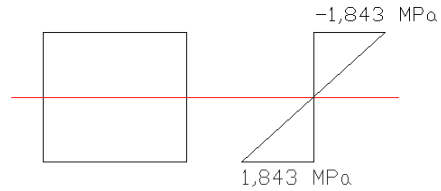
Momen yang terjadi adalah momen positif sebesar 4800Nmm, sehingga

$$\text{Teg. max} = \frac{4800 \frac{25}{2}}{32552083}$$

MPa

$$\text{Teg. min} = \frac{4800 \frac{25}{2}}{32552083}$$

- MPa



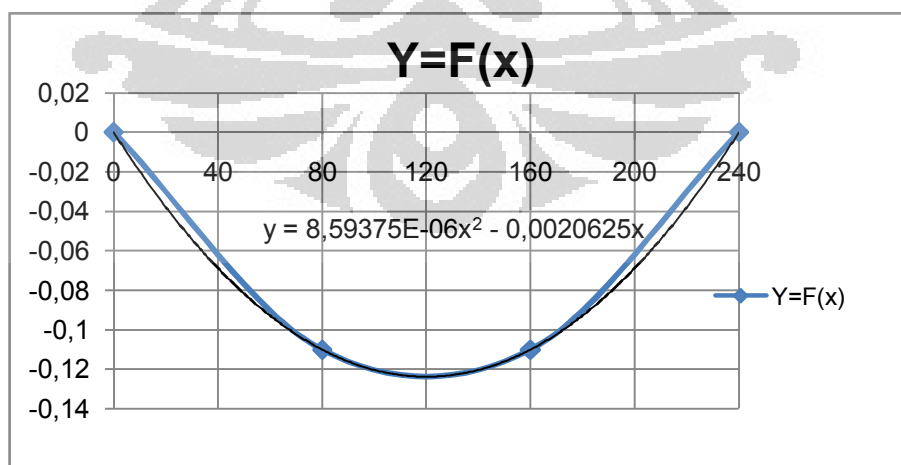
5. Regangan

Hubungan kurva elastis, maka :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon}{y} \quad \text{dimana} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}}$$

Tabel 4.30 Fungsi Lendutan F(x)

X	Y	X	Y
0	0	0	0
1/3 L	0,11	80	-0,11
2/3 L	0,11	160	-0,11
L	0	240	0



Grafik 4.52 Fungsi Lendutan F(x)



Dengan persamaan lendutan :

$$y = 8,59375E-06x^2 - 0,0020625x \text{ maka :}$$

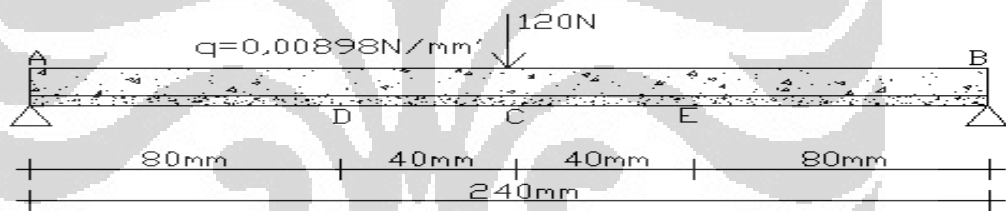
$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} \Rightarrow \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} = \frac{M}{E.I}$$

$$\frac{M}{E.I} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{\rho} = -5 \text{ mm}^{-1}$$

$$\varepsilon = \frac{4800 \times 12,5}{32552,083 \times 8221,789} = -4$$

#### B. AKIBAT BEBAN P + BS :



Prosedur :

##### 1. Reaksi Perletakan :

$$V_a = 61,0776 \text{ N}$$

$$V_b = 61,0776 \text{ N}$$

Analisa Gaya Dalam :

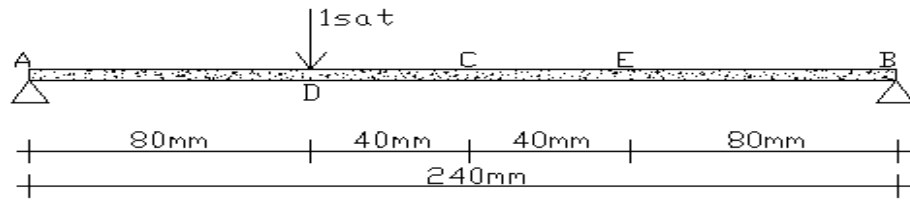
$$AD : 0 \leq x \leq 80 : M_x = 61,077x - 0,5(0,00898)x^2$$

$$DC : 0 \leq x \leq 40 : M_x = 60,359x + 4857,424$$

$$BE : 0 \leq x \leq 80 : M_x = 61,077x - 0,5(0,00898)x^2$$

$$EC : 0 \leq x \leq 40 : M_x = 60,359x + 4857,424$$

2. Lendutan di titik D dan E :



$$V_a = 0,67 \text{ N}$$

$$V_b = 0,33 \text{ N}$$

Analisa Gaya Dalam :

$$AD : 0 \leq x \leq 80 : mx = 0,67x$$

$$DC : 0 \leq x \leq 40 : mx = -0,33x + 53,6$$

$$BE : 0 \leq x \leq 80 : mx = 0,33x$$

$$EC : 0 \leq x \leq 40 : mx = 0,33x + 26,4$$

$$\Delta D = \sum \int_0^L \frac{M m dx}{EI}$$

$$80 \int_0^{80} \frac{(61,077x - 0,5000898x^2) \cdot 0,67x}{EI} dx + 40 \int_0^{40} \frac{60,359x + 4857,424 - 0,33x + 53,6}{EI} dx$$

$$80 \int_0^{80} \frac{(61,077x - 0,5000898x^2) \cdot 0,33x}{EI} dx + 40 \int_0^{40} \frac{60,359x + 4857,424 - 0,33x + 26,4}{EI} dx$$

$$\frac{6953146,368 + 11295223,68 + 3424684,03 + 8111509,12}{EI} + \frac{29784563,2}{EI}$$

Dari data pengujian didapat :

$$\Delta D = 0,11 \text{ mm}$$

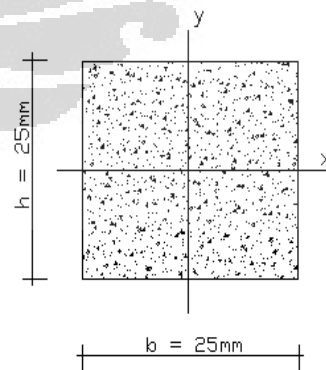
$$\text{Sehingga ; } 0,11 = \frac{29784563,2}{EI}$$

3. Properties penampang :  $I_x = \frac{1}{12} bh^3$

$$= \frac{1}{12} \cdot 3$$

$$= 32552,083 \text{ mm}^4$$

$$\text{Jadi, } 0,11 = \frac{29784563,2}{32552,083E}$$



$$E = 8311,8 \text{ Mpa}$$

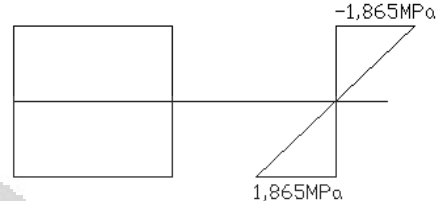
4. Tegangan akibat adanya momen :

$$\text{Tegangan Lentur} = \frac{M \cdot y}{I}$$

Momen yang terjadi adalah momen positif sebesar 4800Nmm, sehingga

$$\text{Teg.max} = \frac{4857 \cdot 424 \cdot \frac{25}{2}}{32552 \cdot 083} \quad \text{MPa}$$

$$\text{Teg.min} = \frac{4857 \cdot 424 \cdot \frac{25}{2}}{32552 \cdot 083} \quad - \quad \text{MPa}$$



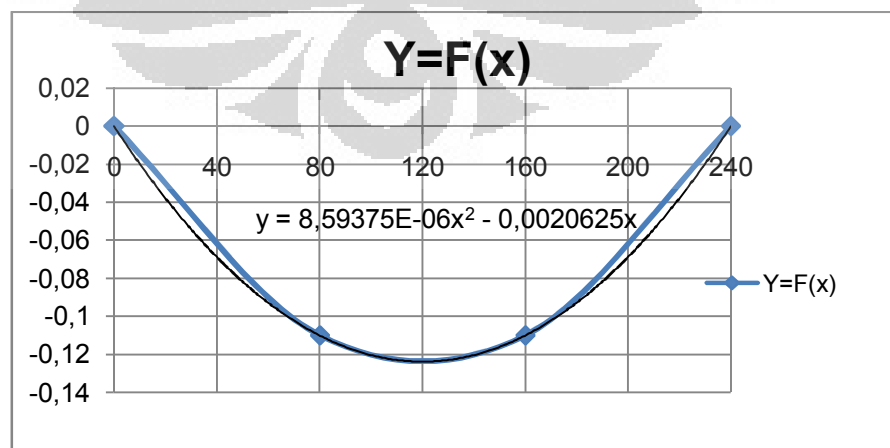
5. Regangan

Hubungan kurva elastis, maka :

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{y} \quad \text{dimana} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}}$$

Tabel 4.31 Fungsi Lendutan F(x)

X	Y	X	Y
0	0	0	0
1/3 L	0,11	80	-0,11
2/3 L	0,11	160	-0,11
L	0	240	0



Grafik 4.53 Fungsi Lendutan F(x)

Dengan persamaan lendutan :

$$y = 8,59375E-06x^2 - 0,0020625x \text{ maka :}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} \Rightarrow \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} = \frac{M}{E.I}$$

$$\frac{M}{E.I} = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = 5 \text{ mm}$$

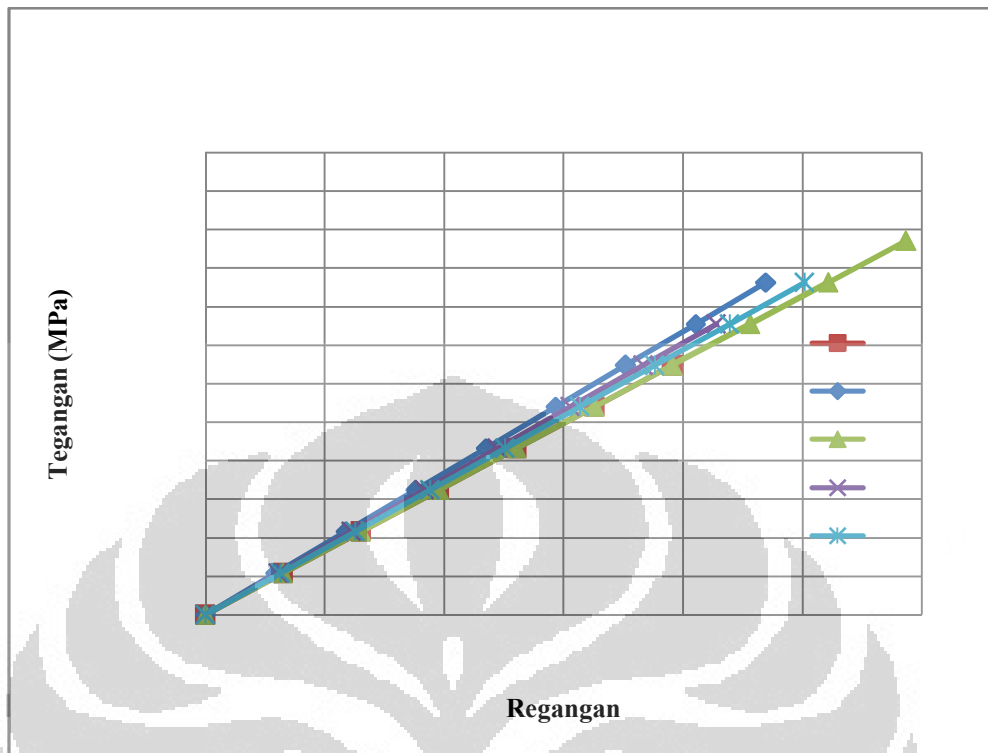
$$\varepsilon = \frac{4800 \times 12,5}{32552,083 \times 8221,789} = -4$$

**Tabel 4.32** Modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.

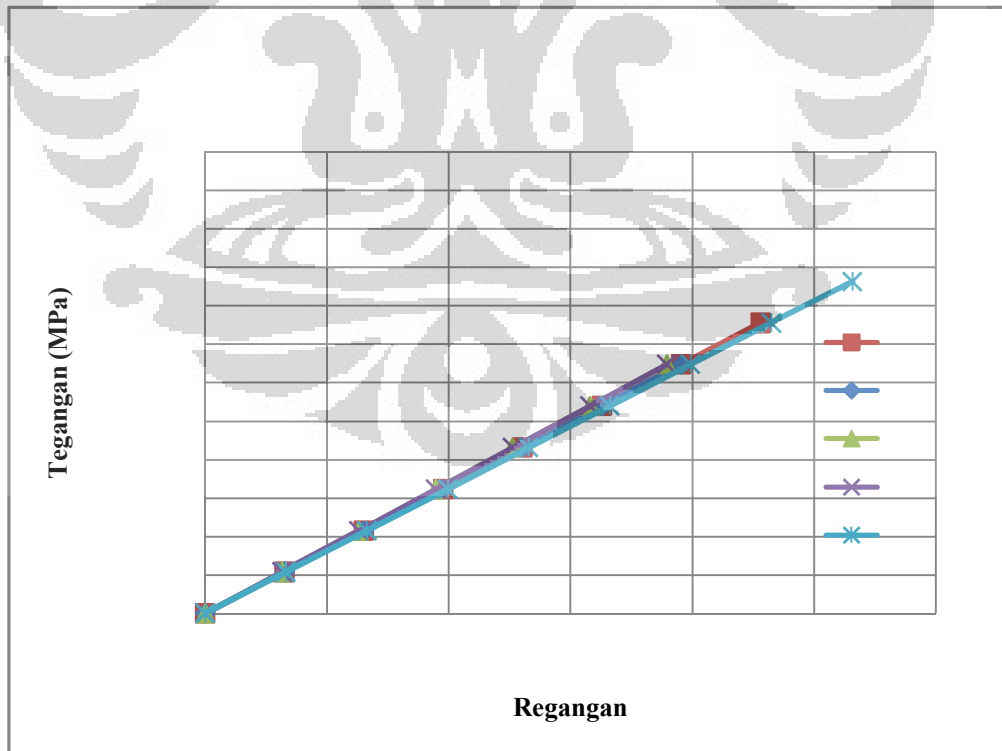
No	Kode Benda Uji	L (mm)	Modulus Of Elasticity Rata-Rata (MPa)			
			Secant	Tangent	Actual	Offset
1	M.0.28.1.R	240	38416,52	38416,52	32725,22	32725,20
2	M.0.28.2.R	240	43592,44	43592,44	37134,33	37292,94
3	M.0.28.3.R	240	38514,01	38514,01	32808,26	32836,11
4	M.0.28.4.R	240	40950,07	40950,07	34883,43	35100,39
5	M.0.28.5.R	240	40732,33	40732,33	34697,94	34836,66

**Tabel 4.33** Modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

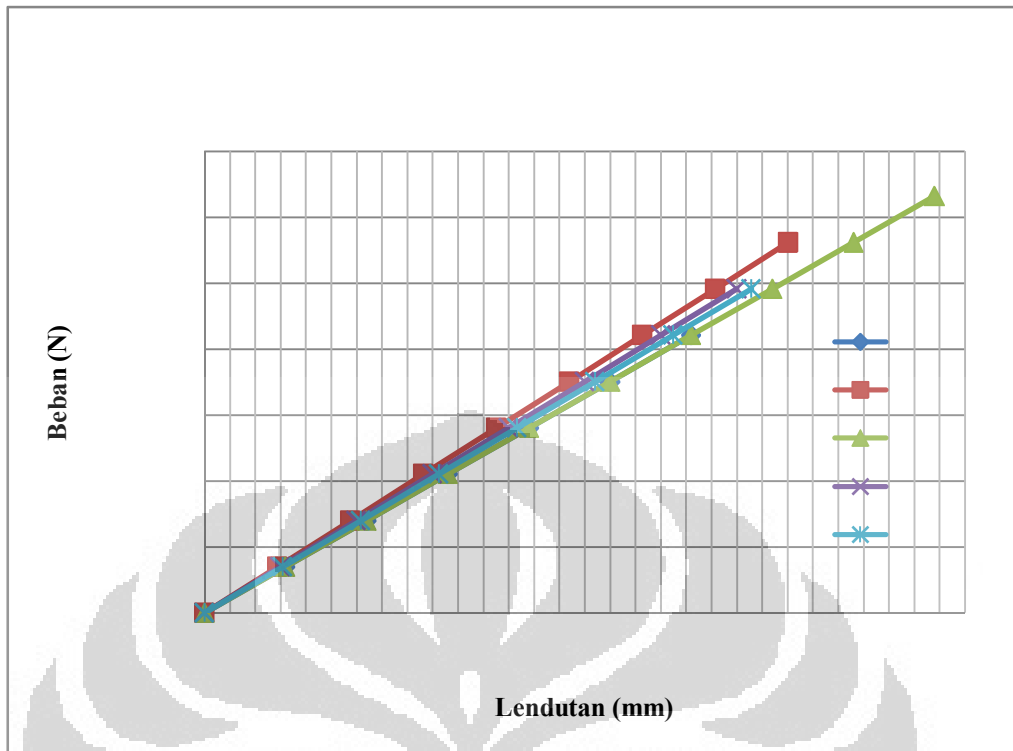
No	Kode Benda Uji	L (mm)	Modulus Of Elasticity Rata-Rata (MPa)			
			Secant	Tangent	Actual	Offset
1	M.0.28.1.H	240	38416,52	38416,52	32725,22	32772,55
2	M.0.28.2.H	240	38416,52	38416,52	32561,64	32725,20
3	M.0.28.3.H	240	39438,58	39438,58	33781,34	33595,84
4	M.0.28.4.H	240	39438,58	39438,58	33858,25	33769,86
5	M.0.28.5.H	240	39140,02	39140,02	33341,53	33204,99



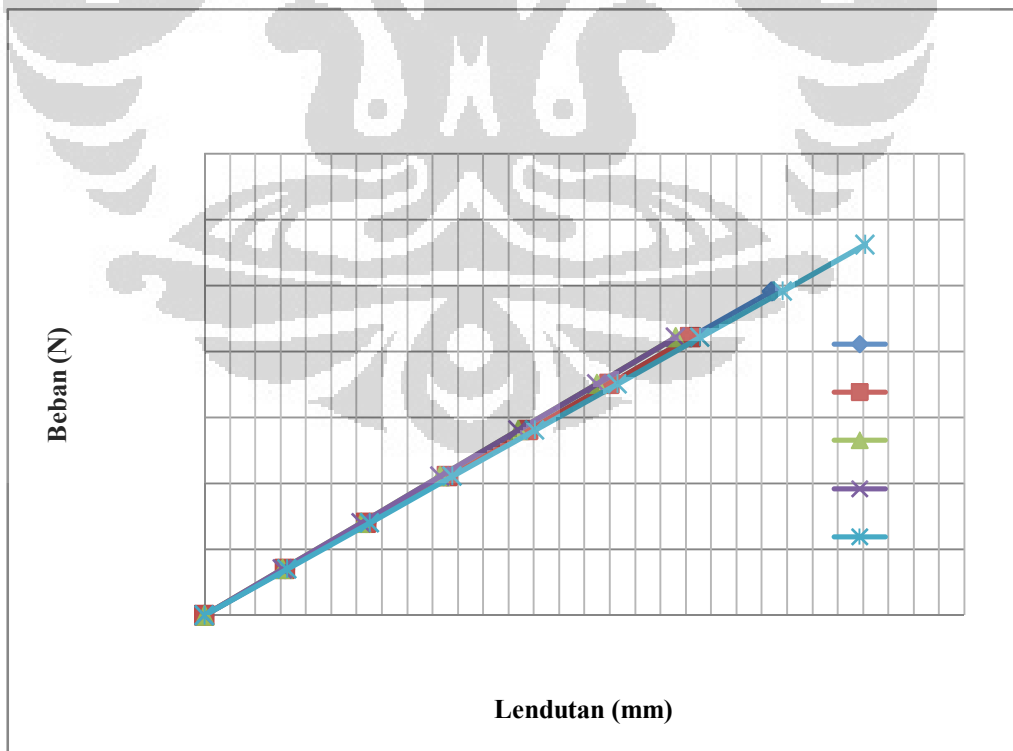
Grafik 4.54 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.



Grafik 4.55 Pengujian modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.



**Grafik 4.56** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 1*.



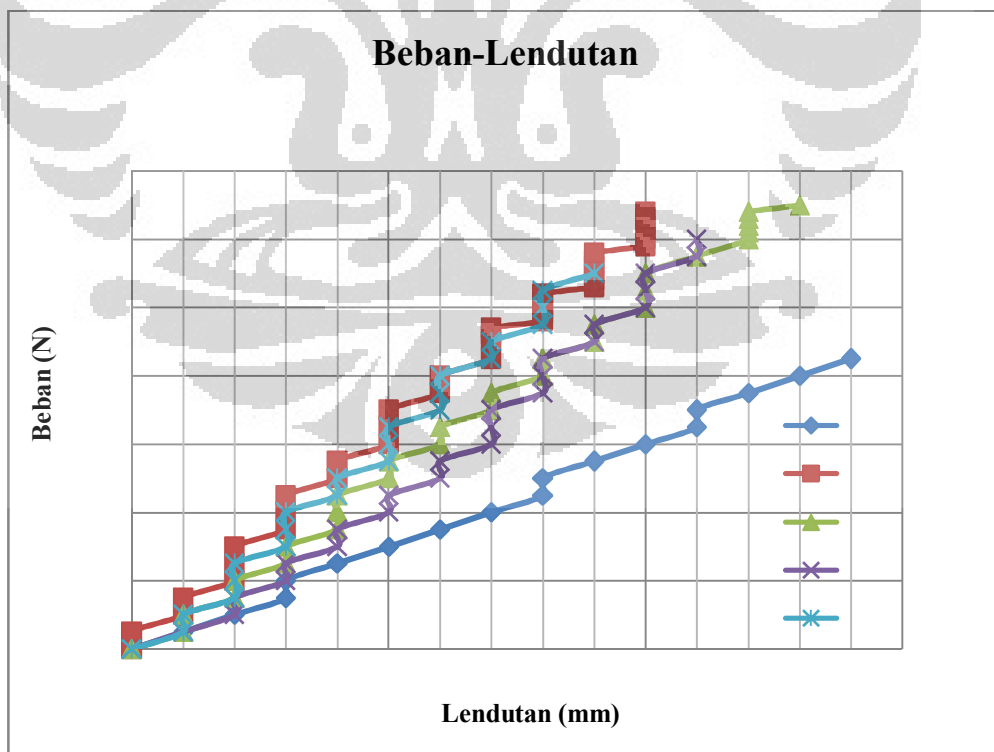
**Grafik 4.57** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC dan 70% PSB semen *Type 2*.

**Tabel 4.34** Modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 1*.

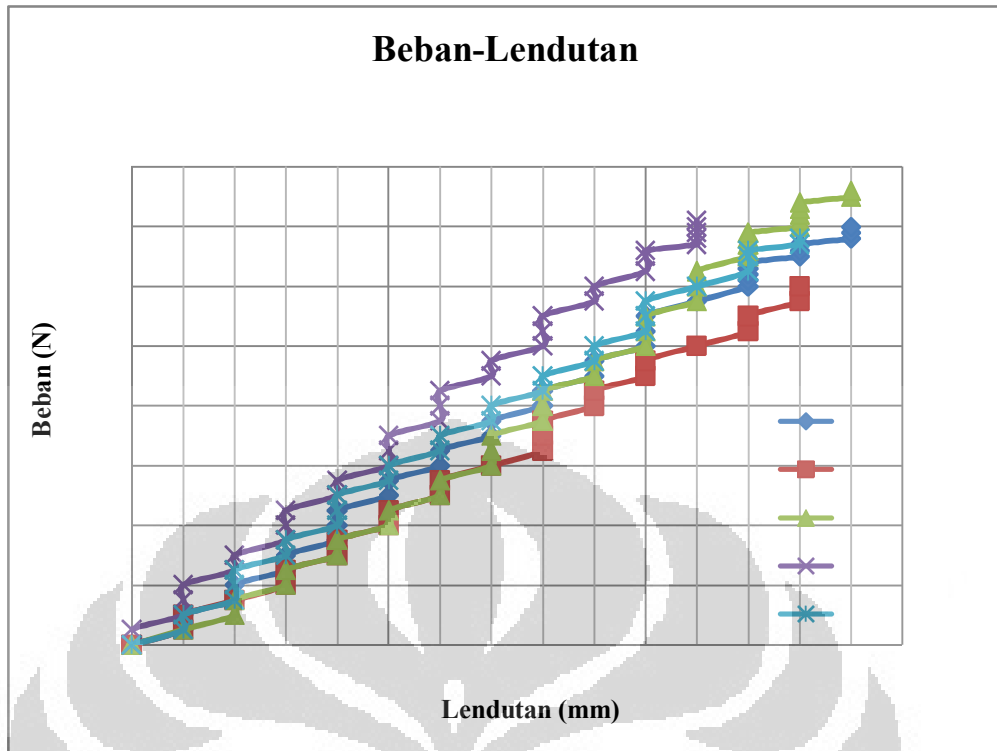
No	Kode Benda Uji	L (mm)	Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
			Secant	Tangent	Actual	Offset
1	M.3.28.1.R	240	5602.6	4423.7	5100.1	4844.3
2	M.3.28.2.R	240	10114.2	4423.7	9071.0	9327.5
3	M.3.28.3.R	240	8833.2	4423.7	7899.7	7950.6
4	M.3.28.4.R	240	8981.4	4423.7	7955.5	9261.4
5	M.3.28.5.R	240	10321.9	4423.7	9144.2	9350.1

**Tabel 4.35** Modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB semen *Type 2*.

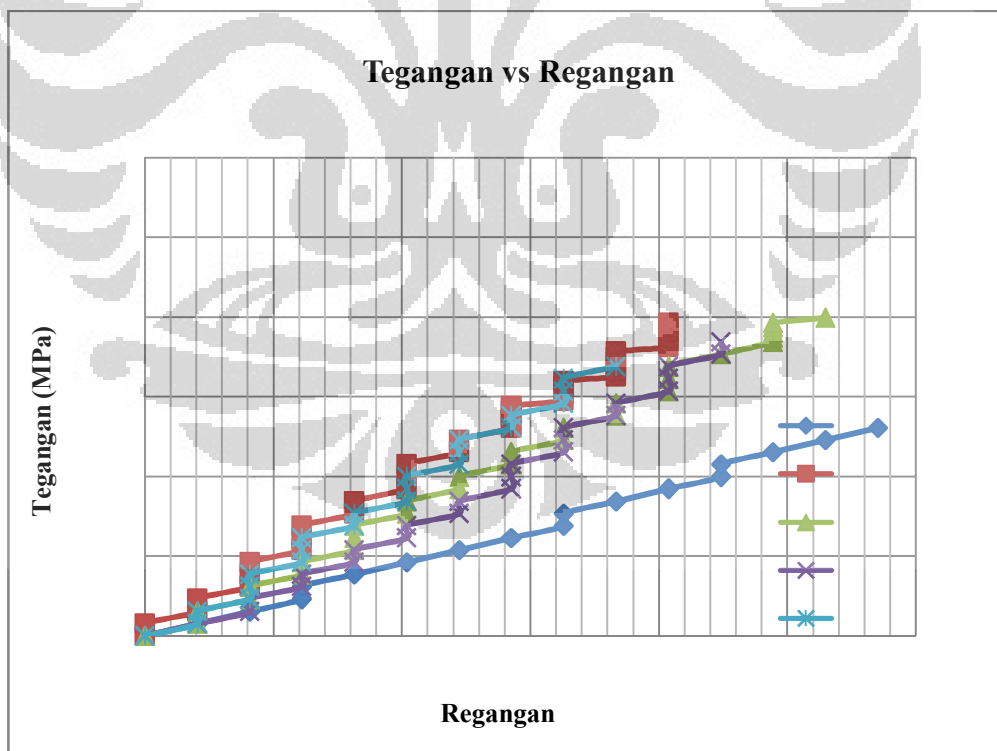
No	Kode Benda Uji	L (mm)	Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
			Secant	Tangent	Actual	Offset
1	M.3.28.1.H	240	8531.4	4423.7	7725.7	7628.6
2	M.3.28.2.H	240	8166.8	4423.7	7179.5	7055.9
3	M.3.28.3.H	240	8610.4	4423.7	7832.1	8964.1
4	M.3.28.4.H	240	11662.4	4423.7	10275.8	9879.6
5	M.3.28.5.H	240	9187.7	4423.7	8054.9	7983.5



**Grafik 4.58** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen *Type 1*.

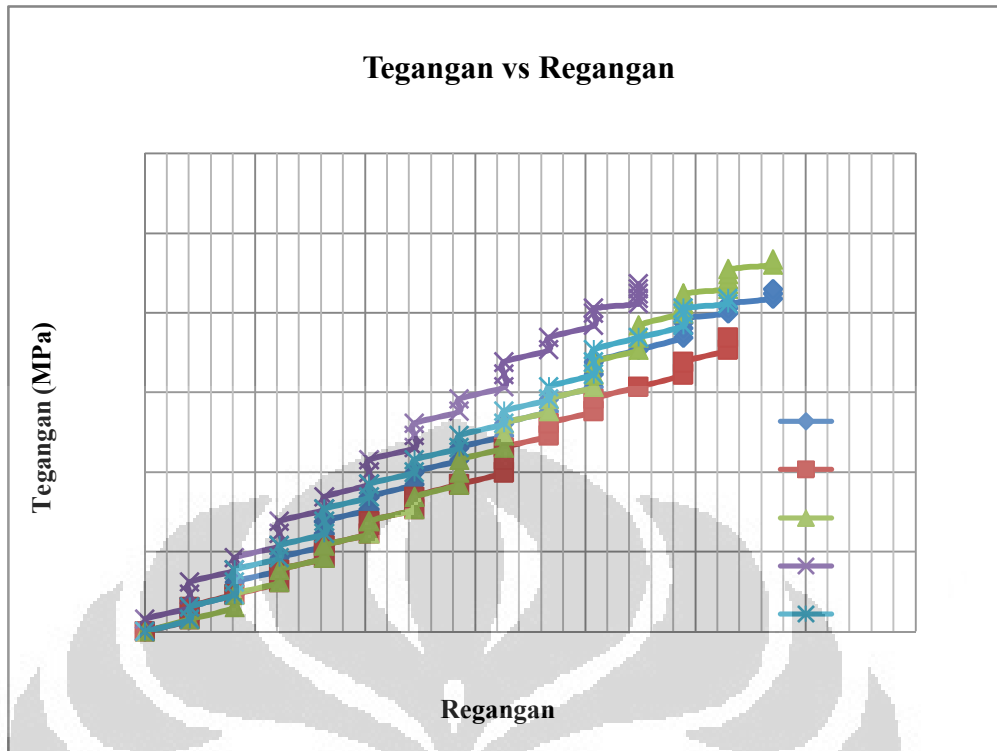


**Grafik 4.59** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen *Type 2*.



**Grafik 4.60** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen *Type 1*.





**Grafik 4.61** Pengujian modulus elastisitas 30% PCC, 20% ASP dan 50% PSB semen *Type 2*.

## 4.9 ANALISA HASIL PENELITIAN

### 4.9.1 Analisa Kuat Tekan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kuat tekan pada campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* mencapai kuat tekan maksimum sebesar 79,074 MPa pada umur 90 hari, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama mencapai kuat tekan maksimum sebesar 79,960 MPa. Dari tabel dan grafik yang disuguhkan diatas diketahui bahwa nilai kuat tekan masih terus meningkat secara signifikan hingga umur 90 hari.

Nilai kuat tekan 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* pada umur 28 hari sebesar 55,954 MPa, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama pada umur 28 hari sebesar 54,080 MPa, hal ini jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan kuat tekan *Portland Composite Cement* pada umur 28 hari berdasarkan SNI 15-7064-2004 yaitu 25 MPa. Hal ini dikarenakan penambahan *Precious Slag Ball* terhadap campuran. Jadi berdasarkan penelitian ini penambahan *Precious Slag Ball* terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tekan.

Nilai kuat tekan campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* mencapai kuat tekan maksimum sebesar 14,99 MPa pada umur 90 hari, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama mencapai kuat tekan maksimum sebesar 15,95 MPa pada umur 90 hari. Dari tabel dan grafik yang disuguhkan diatas diketahui bahwa nilai kuat tekan masih terus meningkat hingga umur 90 hari. Namun terjadi penurunan pada umur 7 hari jika dibandingkan umur 3 hari.

Penurunan yang terjadi pada campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB dikarenakan terdapatnya penambahan abu sekam padi yang cukup banyak, dikarenakan berat jenis abu sekam padi yang kecil, maka volume campuran yang dihasilkan menjadi besar. Hal ini

mengakibatkan ikatan dengan semen tidak maksimal, sehingga mengurangi kuat tekan.

#### 4.9.2 Analisa Density

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai *density* pada campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* rata-rata sebesar 2,811 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama memiliki nilai *density* rata-rata sebesar 2,781 gram/cm<sup>3</sup>.

Nilai *density* campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* rata-rata sebesar 1,848 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama memiliki nilai *density* rata-rata sebesar 1,907 gram/cm<sup>3</sup>.

#### 4.9.3 Analisa Absorpsi

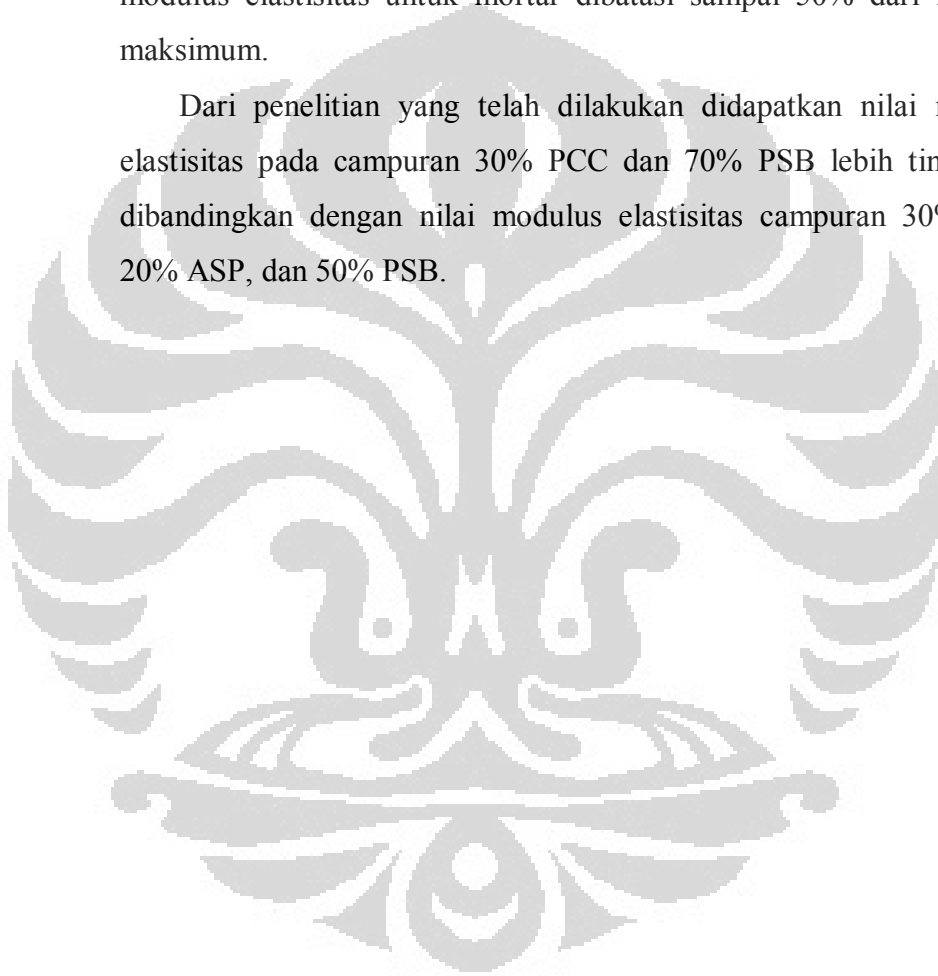
Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai absorpsi pada campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* sebesar 36 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama memiliki nilai absorpsi sebesar 47,2 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam.

Nilai absorpsi pada campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* sebesar 146 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan untuk semen *Type 2* dengan komposisi yang sama memiliki nilai absorpsi sebesar 135,2 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam. Nilai ini lebih besar jika dibandingkan campuran 30% PCC dan 70% PSB, hal ini dikarenakan abu sekam padi memiliki daya serap yang tinggi.

#### 4.9.4 Analisa Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang dicari pada penelitian ini adalah modulus elastisitas menurut **ASTM C580-02** yang terdiri dari modulus *tangent* dan *secant*, modulus elastisitas aktual dan modulus elastisitas akibat 60% tegangan dan regangan maksimum (Mechanics of Material edisi kelima R.C Hibbeler halaman 89). Berdasarkan **ASTM C580-02** modulus elastisitas untuk mortar dibatasi sampai 50% dari lendutan maksimum.

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai modulus elastisitas pada campuran 30% PCC dan 70% PSB lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB.



## 4.10 PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM

### 4.10.1 Pengaruh Terhadap Kuat Tekan

Penambahan abu sekam padi pada campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB dimana berat abu sekam sebesar 20% terhadap berat total campuran, dengan nilai faktor air mortar pada campuran ini sebesar 0,37 mengalami penurunan terhadap campuran mortar normal yaitu 30% PCC dan 70% PSB. Hasil yang optimum diperoleh pada campuran normal dengan faktor air mortar adalah 0,1.

- $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* = 55,954 MPa pada umur 28 hari.
- $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2* = 54,080 MPa pada umur 28 hari.
- $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* = 13,03 MPa pada umur 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 76,71% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.
- $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 2* = 12,50 MPa, pada umur 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 77,66% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2*.
- Berdasarkan **ASTM C-270-73** mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB digolongkan kedalam tipe S yaitu jenis adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk adukan pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimum 12,4 Mpa.

### 4.10.2 Pengaruh Terhadap Density

Besarnya *density* pada campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena berat jenis abu sekam padi yang kecil yaitu 0,8 Ton/m<sup>3</sup>, hal ini

berpengaruh terhadap berat mortar yang dihasilkan. Berikut *density* mortar yang dihasilkan pada masing-masing campuran.

- Besarnya *density* variasi 30% PCC dan 70% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* adalah 2,811 gram/cm<sup>3</sup>.
- Besarnya *density* variasi 30% PCC dan 70% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* adalah 2,781 gram/cm<sup>3</sup>.
- Besarnya *density* variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* adalah 1,848 gram/cm<sup>3</sup>, mengalami penurunan sebesar 34,26% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.
- Besarnya *density* variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* adalah 1,907 gram/cm<sup>3</sup>, mengalami penurunan sebesar 32,16% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2*.

#### 4.10.3 Pengaruh Terhadap Absorpsi

Besarnya absorpsi pada campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam adalah 12, 21.6, 61.6, dan 146 gram/100cm<sup>2</sup> dan untuk campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam adalah 16, 26.4, 86.72, dan 135.2 gram/100cm<sup>2</sup>.

Dan untuk campuran normal 30% PCC dan 70% PSB besarnya absorpsi mengalami penurunan terhadap campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB, yaitu, untuk campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 1* adalah 7.2, 10.8, 27.76, dan 36 gram/100cm<sup>2</sup> dan untuk campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 2* adalah 8.8, 18, 36.4, dan 47.2 gram/100cm<sup>2</sup>. Besarnya kenaikan penyerapan air pada campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB disebabkan karena sifat abu sekam padi yang menyerap air sehingga

penambahan abu sekam padi pada campuran akan menyebabkan air naik ke dalam mortar.

#### 4.10.4 Pengaruh Terhadap Modulus Elastisitas

Pada pengolahan data modulus Elastisitas beban yang diperhitungkan tidak hanya menggunakan beban luar (P) akan tetapi berat sendiri dari sampel juga diperhitungkan. Sehingga, dalam tegangan maupun regangan nantinya terlihat perbedaan. Akan tetapi dengan ukuran sampel 25mm x 25mm x 270 mm berat sendiri sampel sangat sedikit sekali pengaruhnya, hal ini terlihat pada kurva tegangan vs regangan. Adapun nilai modulus elastisitas untuk masing-masing campuran adalah :

- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 1* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 43592.44, 43592.44, 37134.33, 37292.94 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 2* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 39438.58, 39438.58, 33858.25, 33769.86 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata semen *Type 1* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 10321.9, 4423.7, 9144.2, 9350.1 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata semen *Type 2* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 11662.4, 4423.7, 10275.8, 9879.6 MPa.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya mengenai pemakaian abu sekam padi dan *Precious Slag Ball* terhadap kuat tekan, *density*, *absorpsi*, dan modulus elastisitas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari campuran 30% PCC dan 70% PSB yang memiliki faktor air mortar sebesar 0,1 dan campuran mortar 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB yang memiliki faktor air mortar sebesar 0,37 didapatkan :
  - Campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* dan *Type 2* mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 79,074 MPa dan 79,960 MPa pada umur 90 hari, dan nilai kuat tekan masih terus meningkat secara signifikan hingga umur 90 hari.
  - Penambahan *Precious Slag Ball* pada campuran terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tekan.
  - Campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* dan *Type 2* mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 14,99 MPa dan 15,95 MPa pada umur 90 hari.
  - Terjadi penurunan kuat tekan dikarenakan penambahan abu sekam padi yang cukup banyak, karena berat jenis abu sekam padi yang kecil, maka volume campuran yang dihasilkan menjadi besar. Hal ini mengakibatkan ikatan dengan semen tidak maksimal, sehingga mengurangi kuat tekan.
  - $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* = 55,954 MPa pada umur 28 hari.
  - $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2* = 54,080 MPa pada umur 28 hari.
  - $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 1* = 13,03 MPa pada umur 28 hari, mengalami penurunan



kuat tekan sebesar 76,71% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.

- $f_c'$  rata-rata mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB untuk semen *Type 2* = 12,50 MPa, pada umur 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 77,66% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2*.
- Berdasarkan **ASTM C-270-73** mortar campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB digolongkan kedalam tipe S yaitu jenis adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk adukan pasangan terbuka diatas tanah dengan Kuat tekan minimum 12,4 Mpa.
- Diharapkan dengan hasil kuat tekan yang dicapai, masyarakat dapat beralih ke komposisi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB. Karena selain mendapatkan bahan bangunan yang murah, mudah didapat, dan kualitas bahan yang tidak kalah dengan komposisi sebelumnya, komposisi ini meniadakan bahan bangunan seperti pasir, sehingga penggunaan pasir tidak lagi dipakai dikarenakan keterbatasan bahan di alam.

2. Besarnya *density* pada campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena berat jenis abu sekam padi yang kecil yaitu 0,8 Ton/m<sup>3</sup>, hal ini berpengaruh terhadap berat mortar yang dihasilkan. Berikut *density* mortar yang dihasilkan pada masing-masing campuran.

- Besarnya *density* variasi 30% PCC dan 70% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* adalah 2,811 gram/cm<sup>3</sup>.
- Besarnya *density* variasi 30% PCC dan 70% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* adalah 2,781 gram/cm<sup>3</sup>.
- Besarnya *density* variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* adalah 1,848 gram/cm<sup>3</sup>, mengalami penurunan sebesar 34,26% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1*.

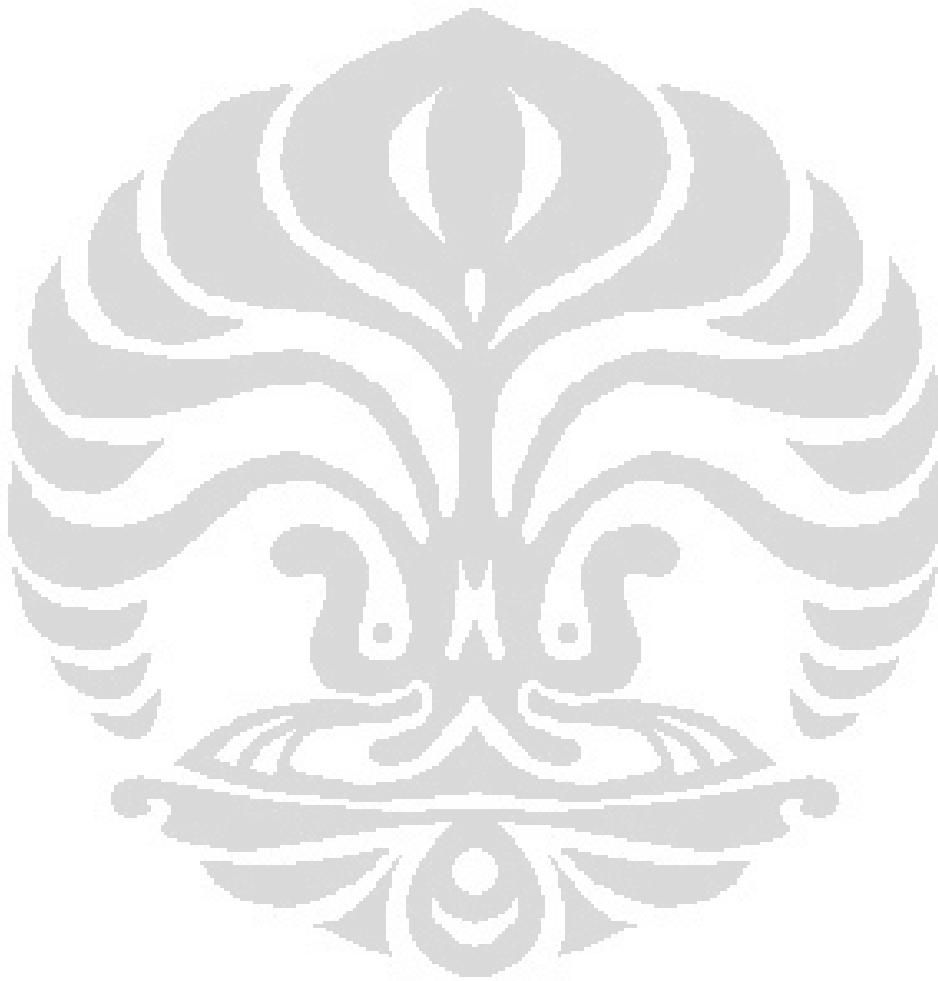
➤ Besarnya density variasi 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* adalah 1,907 gram/cm<sup>3</sup>, mengalami penurunan sebesar 32,16% terhadap campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 2*.

3. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai absorpsi pada campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 1* pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam adalah 12, 21.6, 61.6, dan 146 gram/100cm<sup>2</sup> dan untuk campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata untuk semen *Type 2* pada waktu ¼ jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam adalah 16, 26.4, 86.72, dan 135.2 gram/100cm<sup>2</sup>. Dan untuk campuran normal 30% PCC dan 70% PSB besarnya absorpsi mengalami penurunan terhadap campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB, yaitu, untuk campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 1* adalah 7.2, 10.8, 27.76, dan 36 gram/100cm<sup>2</sup> dan untuk campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 2* adalah 8.8, 18, 36.4, dan 47.2 gram/100cm<sup>2</sup>.

4. Adapun nilai modulus elastisitas untuk masing-masing campuran adalah :

- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 1* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 43592.44, 43592.44, 37134.33, 37292.94 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC dan 70% PSB rata-rata semen *Type 2* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 39438.58, 39438.58, 33858.25, 33769.86 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata semen *Type 1* untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 10321.9, 4423.7, 9144.2, 9350.1 MPa.
- Modulus elastisitas optimum *secant*, *tangent*, aktual dan 60% tegangan campuran 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB rata-rata semen *Type 2*

untuk lendutan dititik 1 dan lendutan dititik 2 adalah 11662.4, 4423.7, 10275.8, 9879.6 MPa.



## 5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat penulis berikan berkaitan dengan penelitian yang dilakukan ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk campuran antara *Portland Composite Cement* dan *Precious Slag Ball* sehingga didapatkan nilai persentase pemakaian yang maksimum terhadap sifat mekanik mortar.
2. Persentase nilai abu sekam padi yang ditambahkan pada pengujian ini terlalu banyak sehingga terjadi penurunan dari sifat mekanik mortar, untuk itu pada pengujian selanjutnya jumlah persentase abu sekam padi sebaiknya dikurangi, kisarannya kurang dari 10%.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai nilai kuat tekan mortar menggunakan abu sekam padi dan *Precious Slag Ball*, mengingat nilai kuat tekan yang terjadi setelah umur 28 hari masih terus meningkat secara signifikan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apa saja pengaruh penggunaan *Precious Slag Ball* terhadap sifat mekanik mortar.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kuat tekan mortar menggunakan silinder beton, hal ini untuk mengetahui nilai konversi dari kuat tekan mortar, jika dibandingkan terhadap kuat tekan beton.
6. Pada penelitian ini perhitungan modulus elastisitas dilakukan dengan satu titik pembebanan, untuk itu pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan perhitungan modulus elastisitas dengan dua titik pembebanan, untuk mengetahui apakah ada pengaruh geser terhadap runtuhnya balok untuk benda uji modulus elastisitas.
7. Butiran abu sekam padi perlu diperkecil lagi agar abu sekam padi yang tadinya berfungsi sebagai filler nantinya bisa bereaksi dengan campuran yang lain.

8. Jenis hambatan yang dihadapi pada saat pelaksanaan di laboratorium :

a. Homogenitas Benda Uji

Pada saat melakukan pemadatan pada salah satu variasi mortar terjadi kesulitan untuk mendapatkan kepadatan yang seragam pada setiap sampel uji.

b. Cuaca

Dalam kondisi cuaca hujan mengakibatkan peningkatan kelembaban material terutama abu sekam padi sehingga mempengaruhi kelecakan (workability) pada saat pencampuran.

c. Pengujian

1. Diperlukan modifikasi alat untuk :

- Kuat Tekan,
- Modulus Elastisitas, dan
- Absorpsi

2. Diperlukan dial indicator dengan ketelitian tinggi.

3. Tidak ada alat rekam elektronik.

4. Jumlah alat yang sangat sedikit dan tidak mencukupi.

5. Kondisi ruang kerja yang sangat sempit.

6. Belum ada ruang dengan kontrol temperatur dan kelembaban udara.

## DAFTAR PUSTAKA

ASTM C 270-03B. *Mortar for Unit Masonry*, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States : 2003.

ASTM C 579-01. *Compressive Strength of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States : 2001.

ASTM C 905-01. *Apparent Density of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States : 2001.

ASTM C 1403-00. *Rate of Water Absorption of Masonry Mortars*, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States : 2000.

ASTM C 580-02. *Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States : 2000.

Ecomaister. *Use of Precious Slag Ball (PSB)*, Browsing internet, <http://www.ecomaister.com/renewal/eng/business/business120.php>

Houston, D.F. *Rice Chemistry And Technology*, American Association Of Cereal Chemist, Inc. Minnesota : 1972.

Krishnarao R. V., Subrahmanyam J., Kumar, T. J. *Studies On The Formation Of Black In Rice Husk Silica Ash*, J. Ceramic Society : 2000

Kusumantara, Diah. *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Campuran 50% Semen Dan 50% Abu Sekam Padi*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok : 2009.

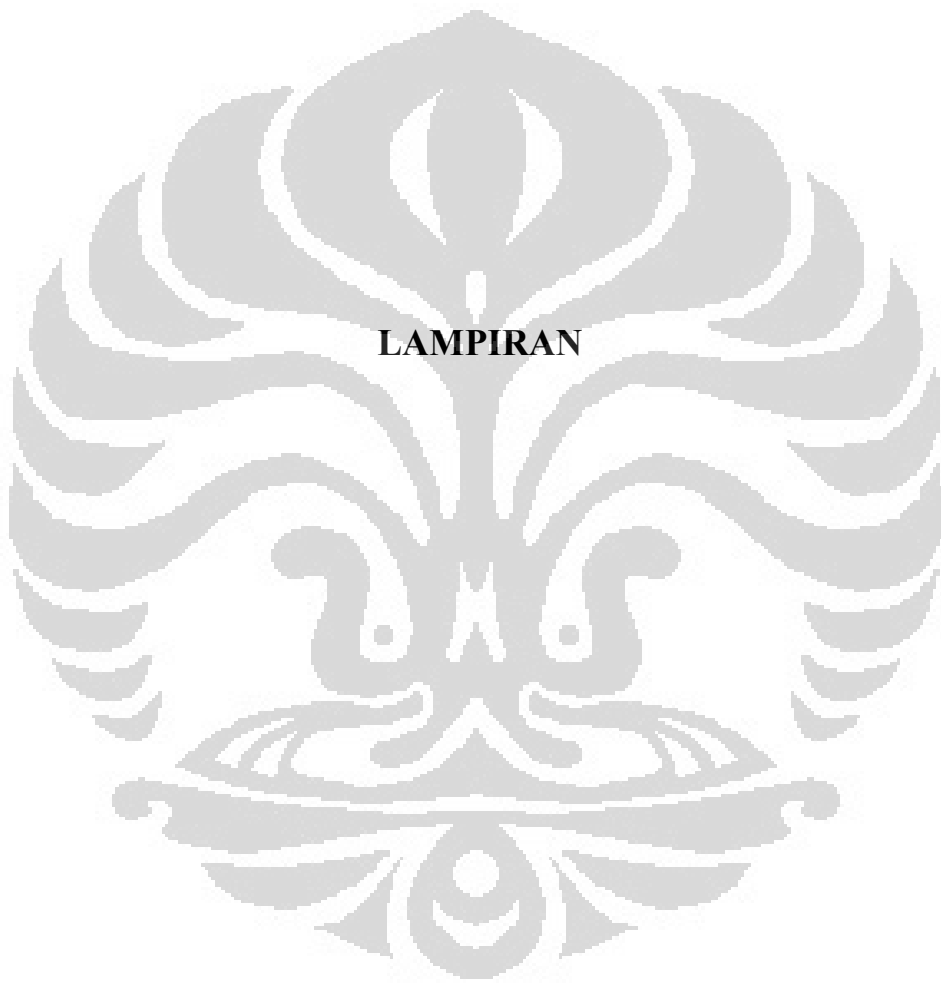
Laksono, Prasetyoko, Andhi. Didik. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*, Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya : 2006.

Pasaribu, Ramos. *Analisa Kemampuan Beton Ringan Abu Sekam Padi*, Jurusan Arsitektur, Universitas Tarumanegara. Jakarta : 2007.

Purna Baja Heckett, PT. *Precious Slag Ball (PSB)*, Browsing internet, <http://pbhsteelslag.com/produk.php>

SNI 15-7064-2004. *Semen Portland Komposit*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta : 2004.







**SKRIPSI**

Jenis Percobaan : Konsistensi Normal dengan Flow Table

Referensi : ASTM C-305-82

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Faktor Air Semen**

No	Variasi			Berat Campuran (gram)				Total (gram)	Nilai FAM	Nilai FAS
	PCC	PSB	ASP	PCC	PSB	ASP	Air			
1	30	70	0	150.00	350.00	0.00	50.00	500.00	0.10	0.33
2	30	40	30	150.00	200.00	150.00	250.00	500.00	0.50	1.67
3	30	45	25	150.00	225.00	125.00	210.00	500.00	0.42	1.40
4	30	50	20	150.00	250.00	100.00	185.00	500.00	0.37	1.23
5	30	55	15	150.00	275.00	75.00	150.00	500.00	0.30	1.00



## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Analisa Ayak Abu Sekam Padi

Referensi : ASTM C-33

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

## Pengujian Analisa Ayak Abu Sekam Padi

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan ASTM	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	80.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	50.00%	85.00%
5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	25.00%	60.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	10.00%	30.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	2.00%	10.00%
8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 1	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	60.00%	95.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	30.00%	70.00%
5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	15.00%	34.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	5.00%	20.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	0.00%	10.00%

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Analisa Ayak Abu Sekam Padi

Referensi : ASTM C-33

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 2	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	75.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	55.00%	90.00%
5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	35.00%	59.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	8.00%	30.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	0.00%	10.00%
8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 3	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	85.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	75.00%	100.00%

## SKRIPSI

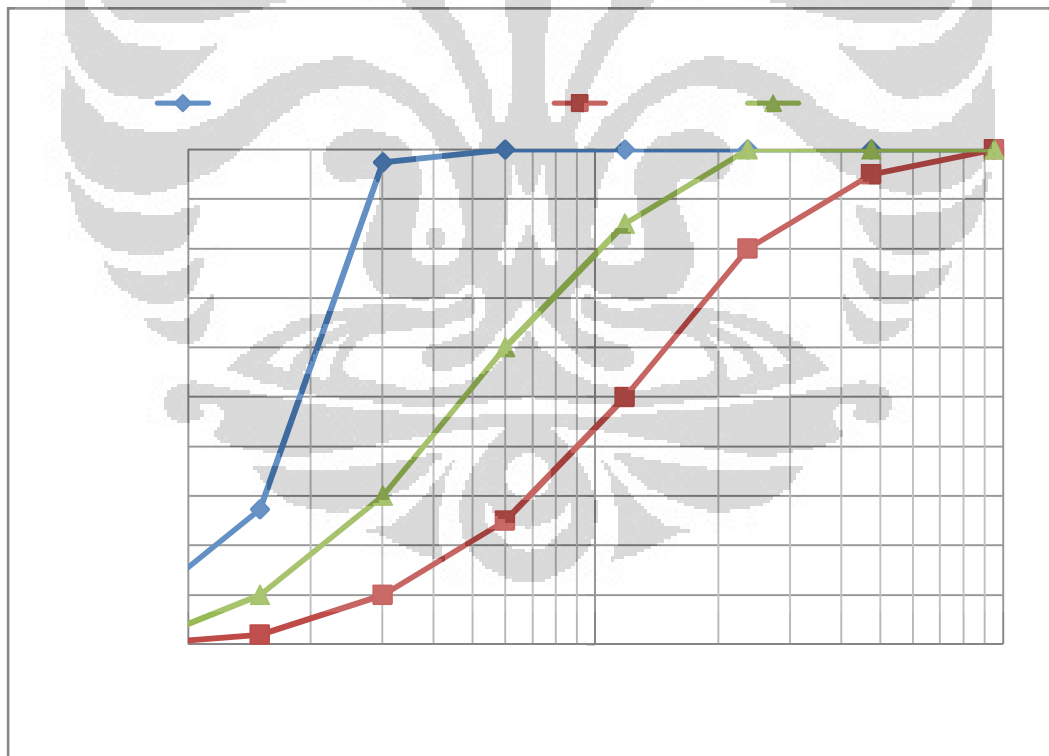
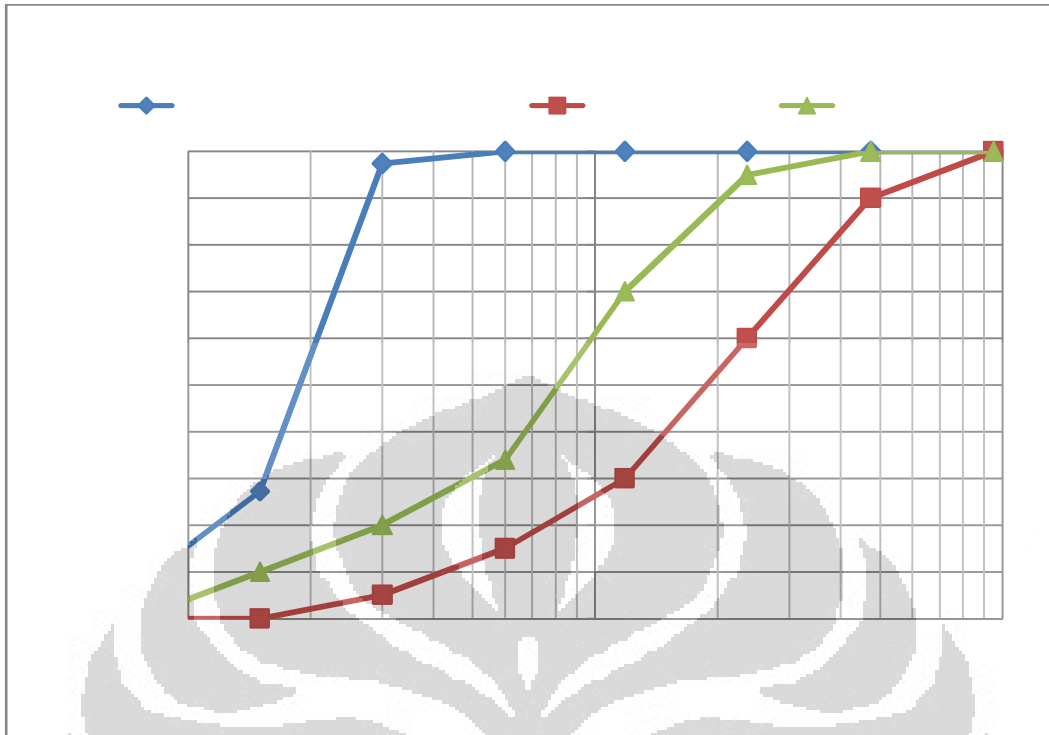
Jenis Percobaan : Analisa Ayak Abu Sekam Padi

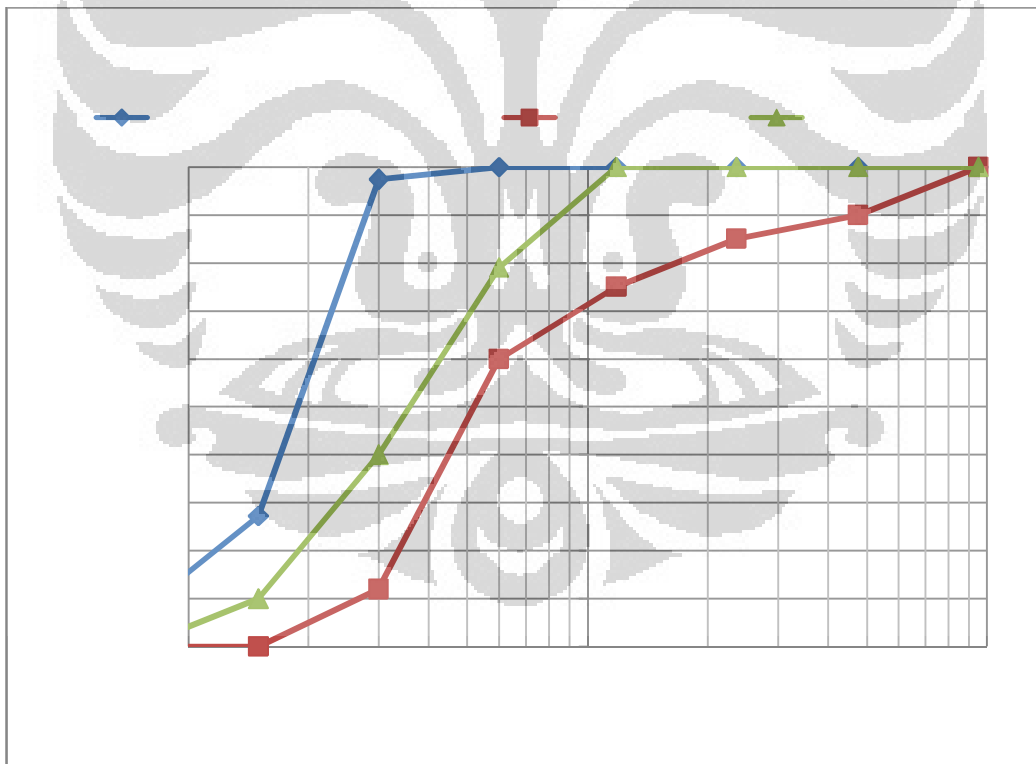
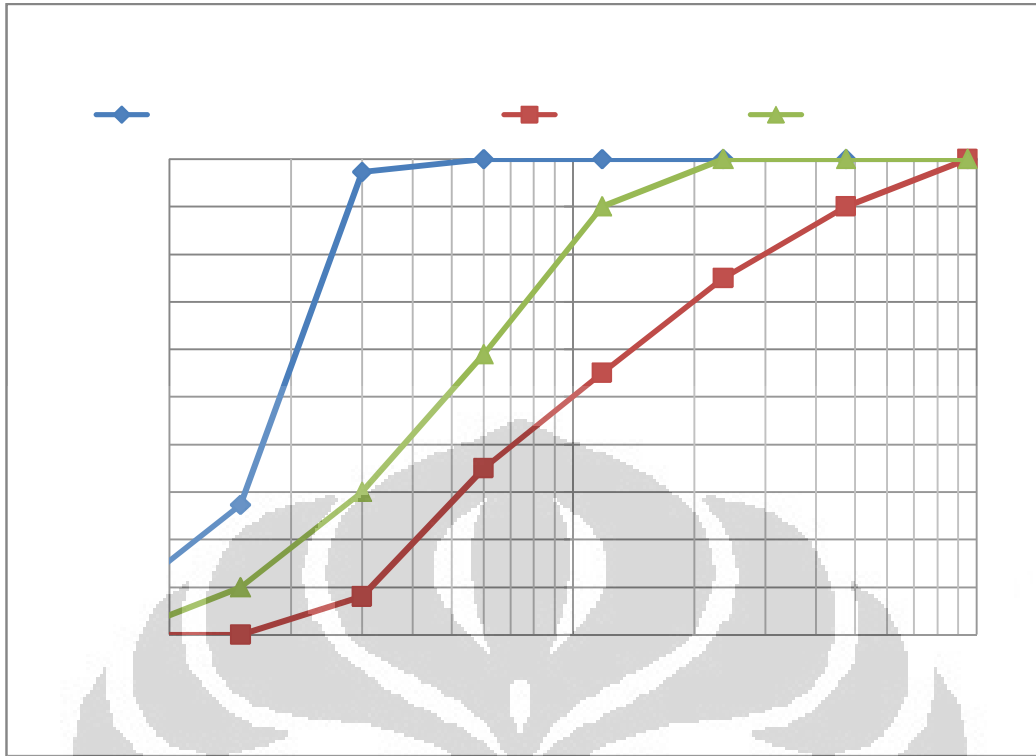
Referensi : ASTM C-33

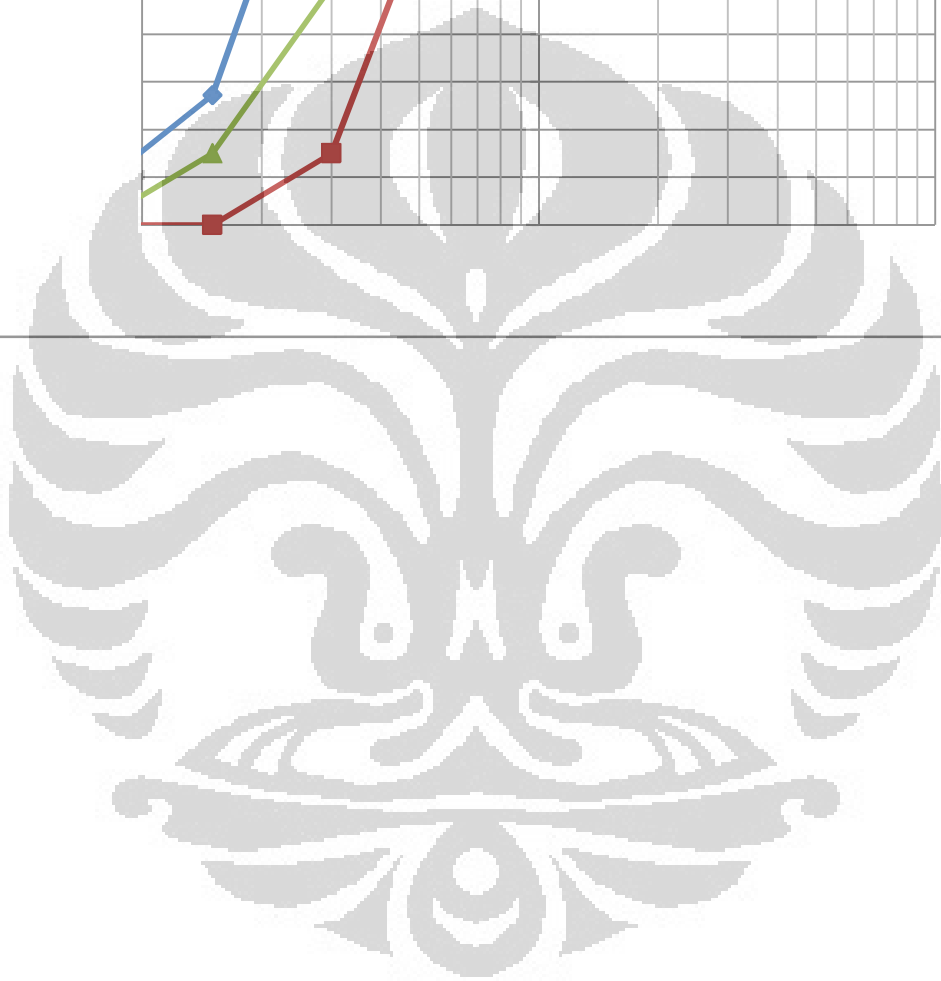
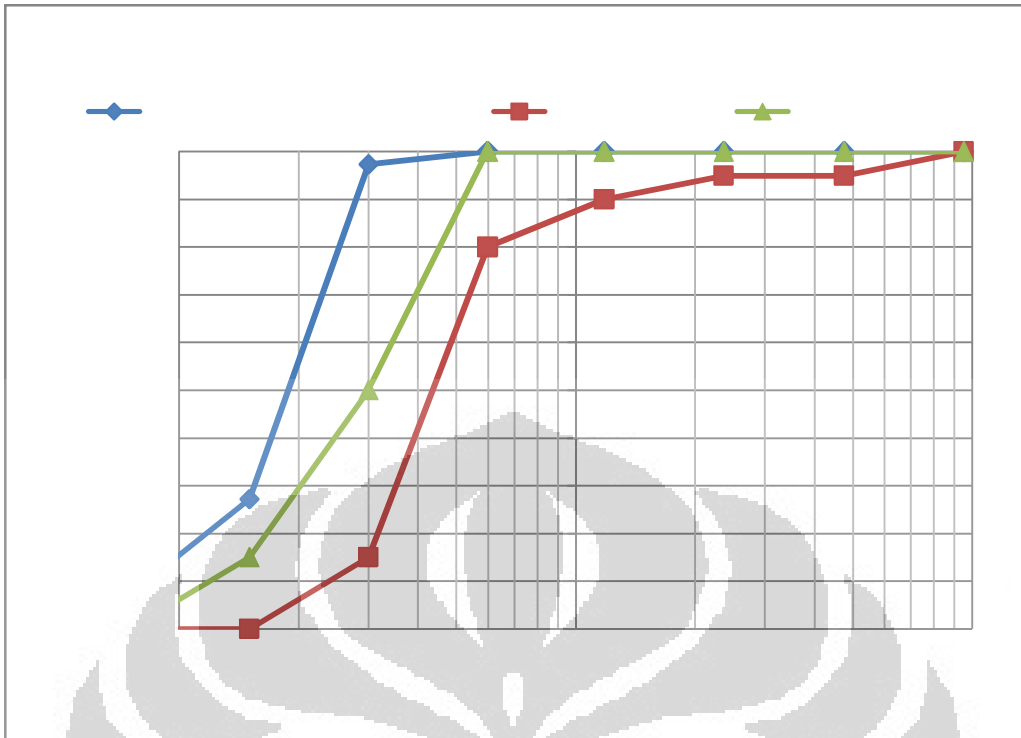
Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	60.00%	79.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	12.00%	40.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	0.00%	10.00%
8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 4	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
5	0.600	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	80.00%	100.00%
6	0.300	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	2.63%	2.63%	97.37%	15.00%	50.00%
7	0.150	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	70.11%	72.73%	27.27%	0.00%	15.00%
8	0.075	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	19.99%	92.72%	7.28%	0.00%	0.00%
9	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	7.28%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		100.00%	75.36%	FM	0.754	







## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Analisa Ayak *Precious Slag Ball*

Referensi : ASTM C-33

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

### Pengujian Analisa Ayak *Precious Slag Ball*

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan ASTM	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	80.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	50.00%	85.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	25.00%	60.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	10.00%	30.00%
7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	2.00%	10.00%
8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 1	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	60.00%	95.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	30.00%	70.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	15.00%	34.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	5.00%	20.00%
7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	0.00%	10.00%



## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Analisa Ayak *Precious Slag Ball*

Referensi : ASTM C-33

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 2	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	75.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	55.00%	90.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	35.00%	59.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	8.00%	30.00%
7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	0.00%	10.00%
8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 3	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	85.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	75.00%	100.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	60.00%	79.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	12.00%	40.00%

## SKRIPSI

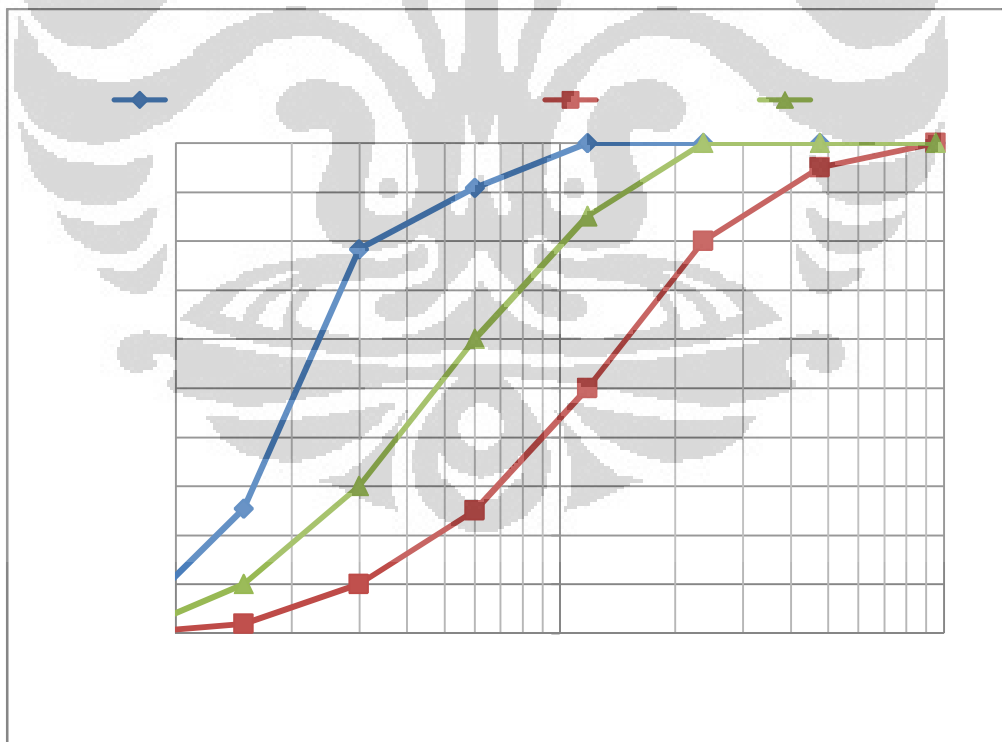
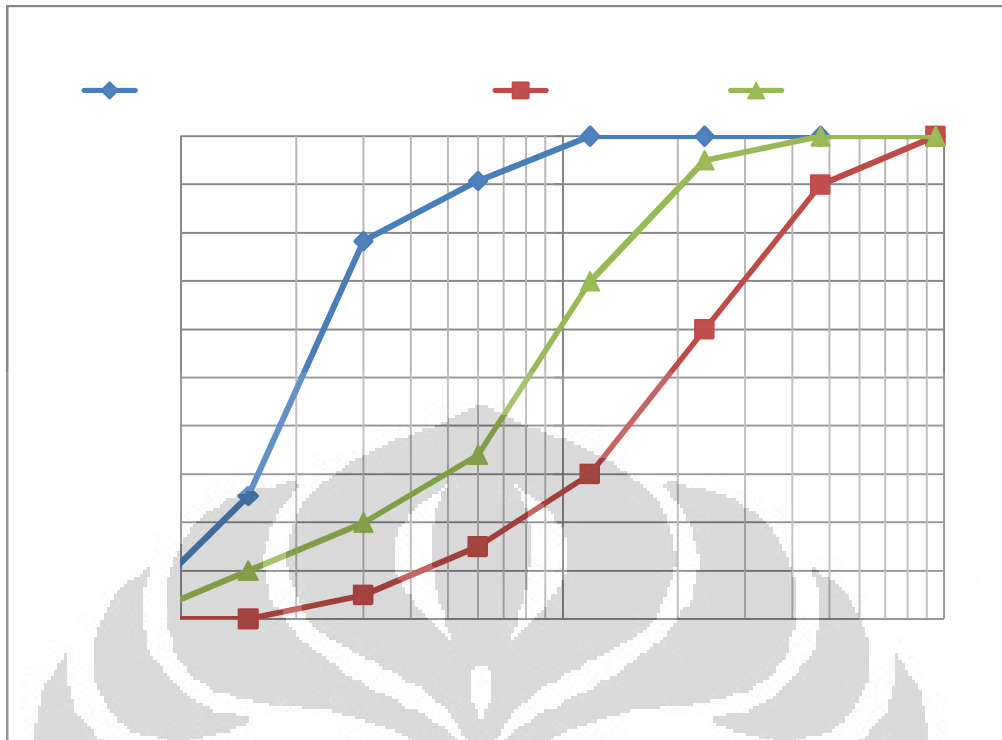
Jenis Percobaan : Analisa Ayak Abu Sekam Padi

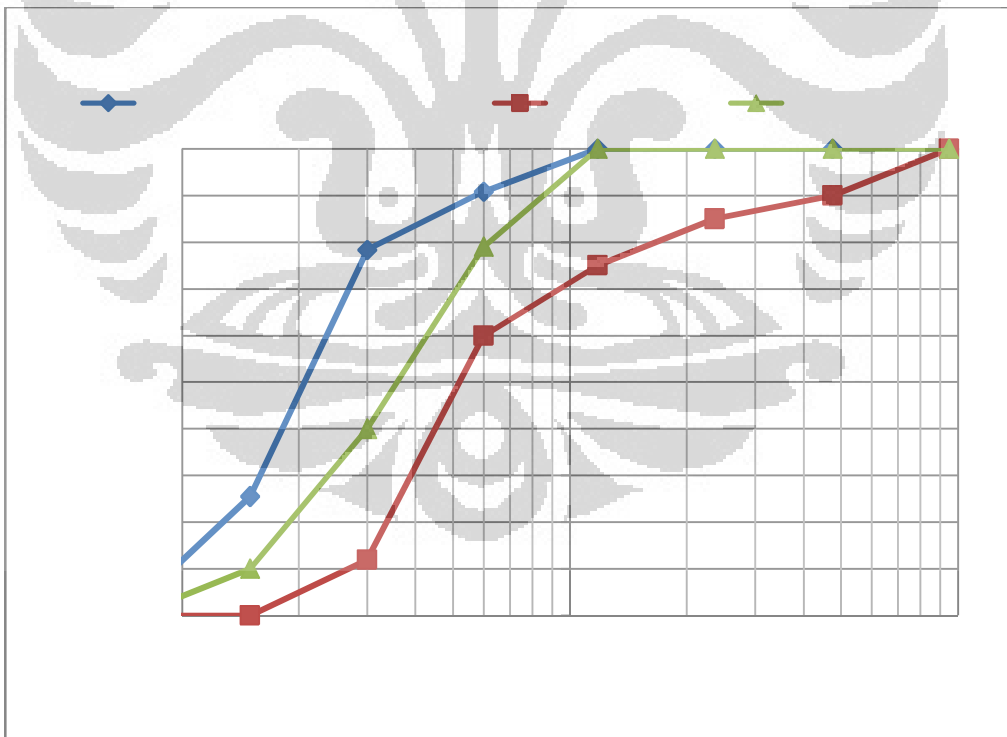
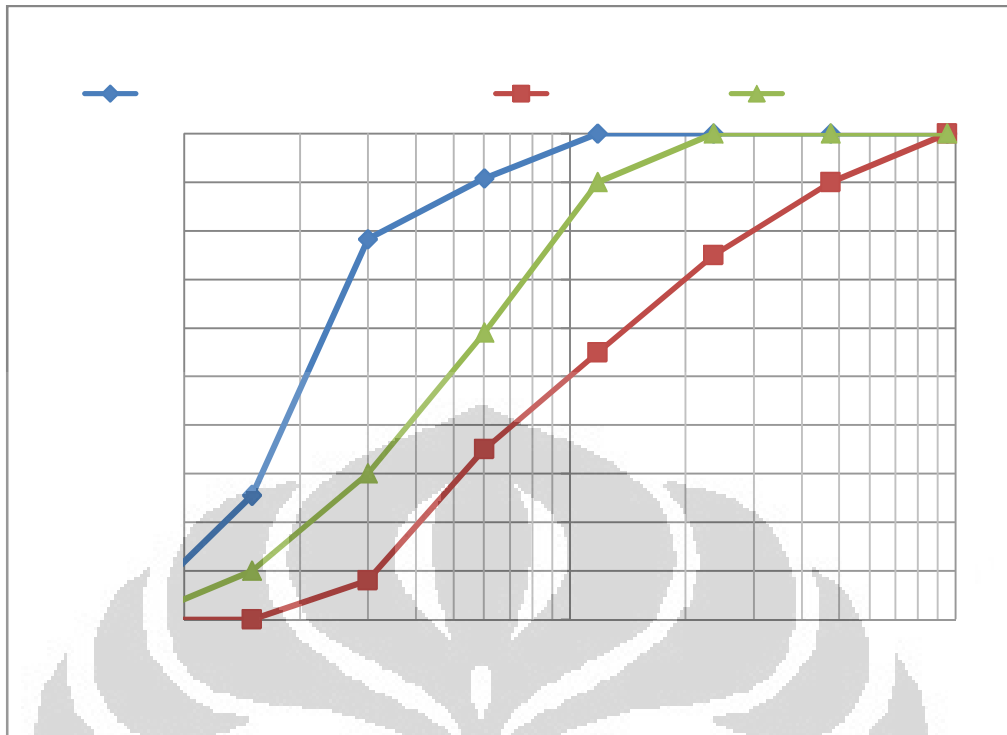
Referensi : ASTM C-33

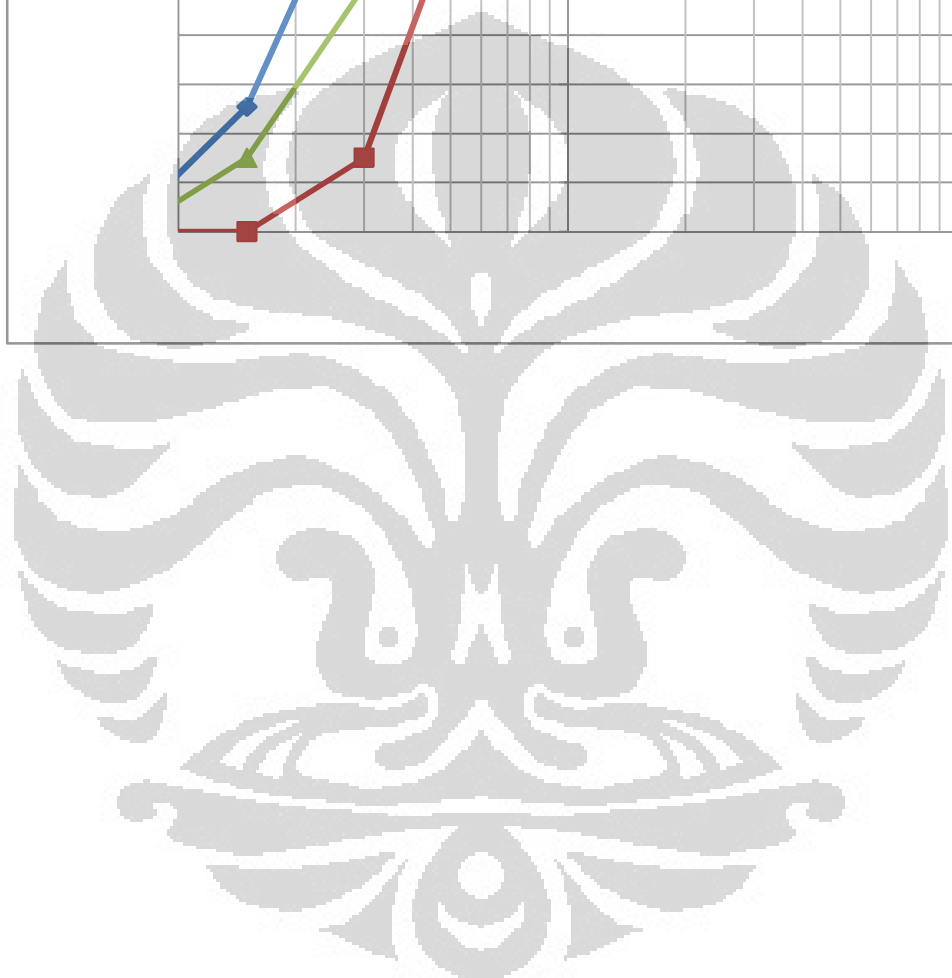
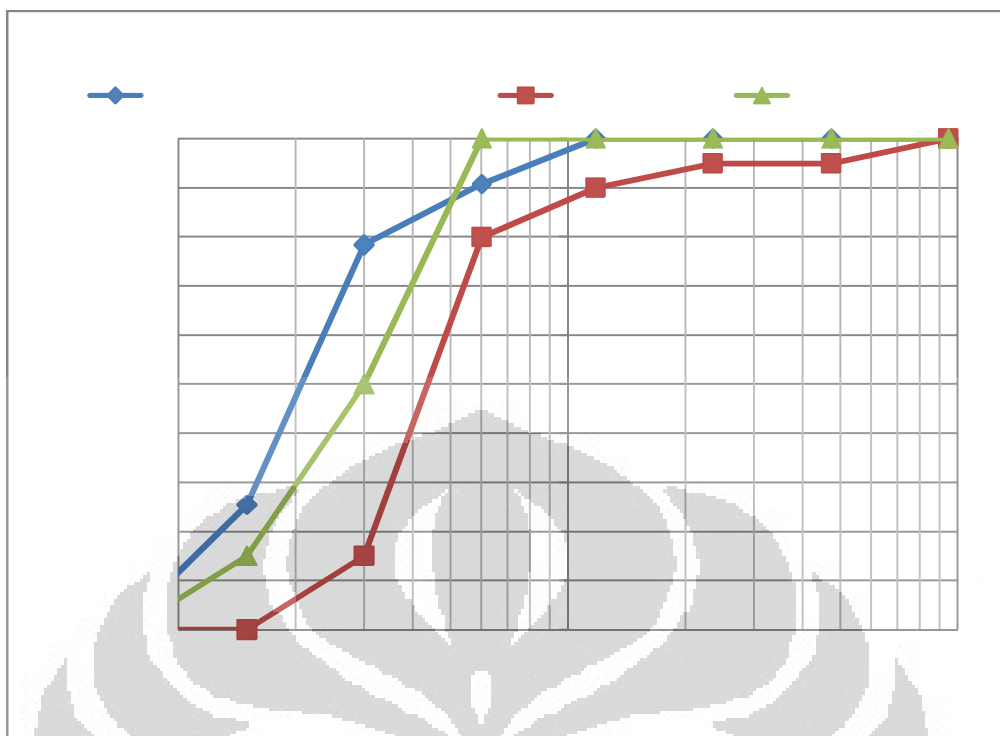
Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	0.00%	10.00%
8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	

No	Ukuran Saringan (mm)	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata			Persen Kumulatif Tertahan BS Zona 4	
		Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan (gram)	Tertahan	Kumulatif	Tertahan	Kumulatif	Lolos Kumulatif	Min	Max
1	9.500	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	4.750	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
3	2.360	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%
4	1.180	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	90.00%	100.00%
5	0.600	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	9.18%	9.18%	90.82%	80.00%	100.00%
6	0.300	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	12.49%	21.67%	78.33%	15.00%	50.00%
7	0.150	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	52.84%	74.52%	25.48%	0.00%	15.00%
8	0.075	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	23.44%	97.95%	2.05%	0.00%	0.00%
9	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	2.05%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		100.00%	105.37%	FM	1.054	







## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Setting Time Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Setting Time 30% PCC type 1, 20% ASP, dan 50% PSB**

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	34.25	33.75	34.00
3	30	60	33.75	32.75	33.25
4	30	90	32.25	31.75	32.00
5	15	105	30.75	30.25	30.50
6	15	120	28.25	28.75	28.50
7	15	135	25.25	25.25	25.25
8	15	150	21.75	21.75	21.75
9	15	165	17.75	17.75	17.75
10	15	180	13.25	12.75	13.00
11	15	195	7.75	7.25	7.50
12	15	210	3.25	3.25	3.25
13	15	225	0.25	0.00	0.13
14	15	240	0.00	0.00	0.00

## SKRIPSI

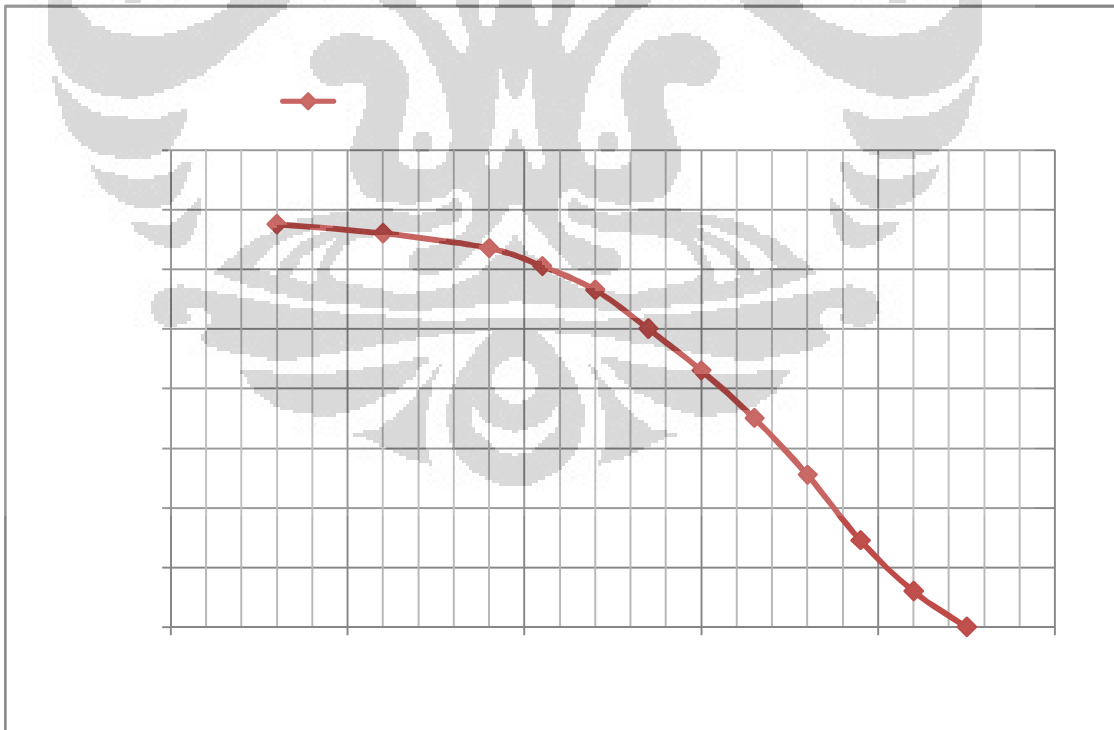
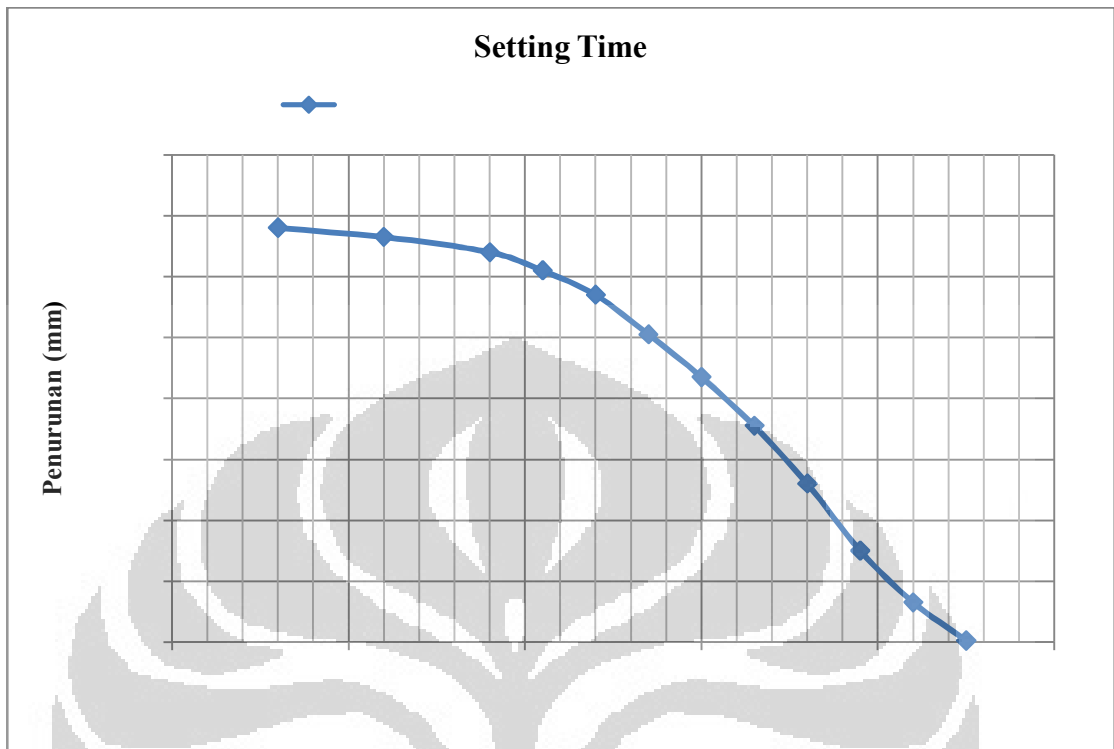
Jenis Percobaan : Setting Time Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

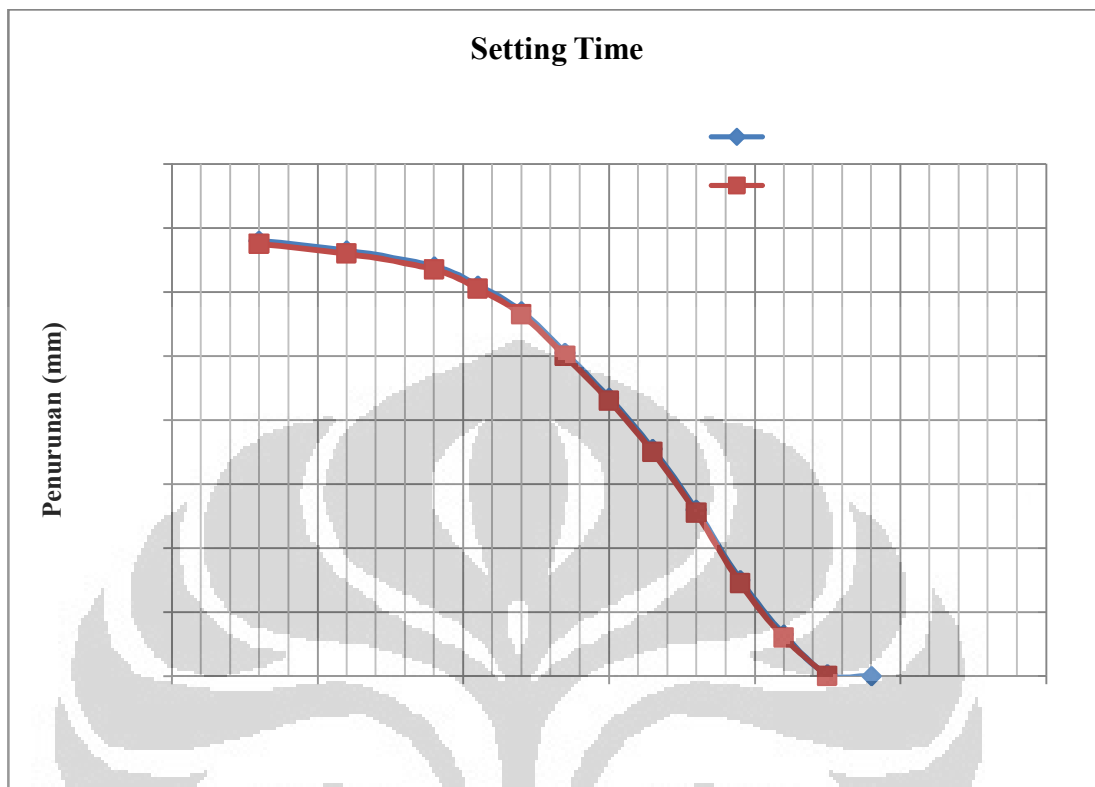
Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Setting Time 30% PCC type 2, 20% ASP, dan 50% PSB**

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	34.00	33.50	33.75
3	30	60	33.50	32.50	33.00
4	30	90	32.00	31.50	31.75
5	15	105	30.50	30.00	30.25
6	15	120	28.00	28.50	28.25
7	15	135	25.00	25.00	25.00
8	15	150	21.50	21.50	21.50
9	15	165	17.50	17.50	17.50
10	15	180	13.00	12.50	12.75
11	15	195	7.50	7.00	7.25
12	15	210	3.00	3.00	3.00
13	15	225	0.00	0.00	0.00







## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase****30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 3 Hari**

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.3.1.R	19-Oct-10	22-Oct-10	3	235	2000	25	7.84
2	T.3.3.2.R	19-Oct-10	22-Oct-10	3	232	2000	25	7.84
3	T.3.3.3.R	19-Oct-10	22-Oct-10	3	229	1850	25	7.25
4	T.3.3.4.R	19-Oct-10	22-Oct-10	3	232	1750	25	6.86
5	T.3.3.5.R	19-Oct-10	22-Oct-10	3	233	2000	25	7.84
Rata - rata					232.2	1920	25	7.53

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.3.1.H	19-Oct-10	22-Oct-10	3	226	2250	25	8.82
2	T.3.3.2.H	19-Oct-10	22-Oct-10	3	222	2350	25	9.21
3	T.3.3.3.H	19-Oct-10	22-Oct-10	3	223	2250	25	8.82
4	T.3.3.4.H	19-Oct-10	22-Oct-10	3	220	2250	25	8.82
5	T.3.3.5.H	19-Oct-10	22-Oct-10	3	220	2125	25	8.33
Rata - rata					222.2	2245	25	8.80

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase****30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 7 Hari**

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.7.1.R	15-Oct-10	22-Oct-10	7	225	1750	25	6.86
2	T.3.7.2.R	15-Oct-10	22-Oct-10	7	226	1850	25	7.25
3	T.3.7.3.R	15-Oct-10	22-Oct-10	7	228	1750	25	6.86
4	T.3.7.4.R	15-Oct-10	22-Oct-10	7	236	1875	25	7.35
5	T.3.7.5.R	15-Oct-10	22-Oct-10	7	229	1750	25	6.86
Rata - rata					228.8	1795	25	7.04

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.7.1.H	15-Oct-10	22-Oct-10	7	218	1500	25	5.88
2	T.3.7.2.H	15-Oct-10	22-Oct-10	7	223	1850	25	7.25
3	T.3.7.3.H	15-Oct-10	22-Oct-10	7	225	2000	25	7.84
4	T.3.7.4.H	15-Oct-10	22-Oct-10	7	224	2000	25	7.84
5	T.3.7.5.H	15-Oct-10	22-Oct-10	7	220	2150	25	8.43
Rata - rata					222	1900	25	7.45

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

### Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase

#### 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 14 Hari

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.14.1.R	15-Oct-10	29-Oct-10	14	225	1875	25	7.35
2	T.3.14.2.R	15-Oct-10	29-Oct-10	14	216	2000	25	7.84
3	T.3.14.3.R	15-Oct-10	29-Oct-10	14	218	2125	25	8.33
4	T.3.14.4.R	15-Oct-10	29-Oct-10	14	220	1875	25	7.35
5	T.3.14.5.R	15-Oct-10	29-Oct-10	14	224	2250	25	8.82
Rata - rata					220.6	2025	25	7.94

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.14.1.H	15-Oct-10	29-Oct-10	14	218	2125	25	8.33
2	T.3.14.2.H	15-Oct-10	29-Oct-10	14	224	2375	25	9.31
3	T.3.14.3.H	15-Oct-10	29-Oct-10	14	220	2675	25	10.49
4	T.3.14.4.H	15-Oct-10	29-Oct-10	14	225	2500	25	9.80
5	T.3.14.5.H	15-Oct-10	29-Oct-10	14	224	2125	25	8.33
Rata - rata					222.2	2360	25	9.25

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

### Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase

#### 30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 21 Hari

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.21.1.R	29-Sep-10	20-Oct-10	21	232	3300	25	12.94
2	T.3.21.2.R	29-Sep-10	20-Oct-10	21	225	2650	25	10.39
3	T.3.21.3.R	29-Sep-10	20-Oct-10	21	233	2750	25	10.78
4	T.3.21.4.R	29-Sep-10	20-Oct-10	21	235	2750	25	10.78
5	T.3.21.5.R	29-Sep-10	20-Oct-10	21	229	3250	25	12.74
Rata - rata					230.8	2940	25	11.52

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.21.1.H	29-Sep-10	20-Oct-10	21	227	2750	25	10.78
2	T.3.21.2.H	29-Sep-10	20-Oct-10	21	234	3075	25	12.05
3	T.3.21.3.H	29-Sep-10	20-Oct-10	21	228	3050	25	11.96
4	T.3.21.4.H	29-Sep-10	20-Oct-10	21	223	3200	25	12.54
5	T.3.21.5.H	29-Sep-10	20-Oct-10	21	232	2950	25	11.56
Rata - rata					228.8	3005	25	11.78

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase****30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 28 Hari**

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.28.1.R	29-Sep-10	27-Oct-10	28	225	3750	25	14.70
2	T.3.28.2.R	29-Sep-10	27-Oct-10	28	229	3250	25	12.74
3	T.3.28.3.R	29-Sep-10	27-Oct-10	28	230	3500	25	13.72
4	T.3.28.4.R	29-Sep-10	27-Oct-10	28	231	3125	25	12.25
5	T.3.28.5.R	29-Sep-10	27-Oct-10	28	228	3000	25	11.76
Rata - rata					228.6	3325	25	13.03

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.28.1.H	29-Sep-10	27-Oct-10	28	233	3325	25	13.03
2	T.3.28.2.H	29-Sep-10	27-Oct-10	28	230	3650	25	14.31
3	T.3.28.3.H	29-Sep-10	27-Oct-10	28	234	3125	25	12.25
4	T.3.28.4.H	29-Sep-10	27-Oct-10	28	235	3000	25	11.76
5	T.3.28.5.H	29-Sep-10	27-Oct-10	28	232	2850	25	11.17
Rata - rata					232.8	3190	25	12.50

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase****30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 56 Hari**

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.56.1.R	23-Sep-10	18-Nov-10	56	222	2400	25	9.41
2	T.3.56.2.R	23-Sep-10	18-Nov-10	56	238	3200	25	12.54
3	T.3.56.3.R	23-Sep-10	18-Nov-10	56	239	3700	25	14.50
4	T.3.56.4.R	23-Sep-10	18-Nov-10	56	240	3250	25	12.74
5	T.3.56.5.R	23-Sep-10	18-Nov-10	56	232	3550	25	13.92
Rata - rata					234.2	3220	25	12.62

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.56.1.H	23-Sep-10	18-Nov-10	56	224	3400	25	13.33
2	T.3.56.2.H	23-Sep-10	18-Nov-10	56	218	3400	25	13.33
3	T.3.56.3.H	23-Sep-10	18-Nov-10	56	220	3000	25	11.76
4	T.3.56.4.H	23-Sep-10	18-Nov-10	56	217	3250	25	12.74
5	T.3.56.5.H	23-Sep-10	18-Nov-10	56	220	3450	25	13.52
Rata - rata					219.8	3300	25	12.94

## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase****30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB Pada Umur 90 Hari**

PCC TYPE 1 ( R )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.90.1.R	23-Sep-10	22-Dec-10	90	229	3625	25	14.21
2	T.3.90.2.R	23-Sep-10	22-Dec-10	90	225	3750	25	14.70
3	T.3.90.3.R	23-Sep-10	22-Dec-10	90	220	3750	25	14.70
4	T.3.90.4.R	23-Sep-10	22-Dec-10	90	220	4000	25	15.68
5	T.3.90.5.R	23-Sep-10	22-Dec-10	90	218	4000	25	15.68
Rata - rata					222.4	3825	25	14.99

PCC TYPE 2 ( H )								
NO	KODE LAB	TANGGAL		UMUR ( hari )	BERAT SAMPEL ( gr )	BEBAN ( kg )	LUAS ( cm <sup>2</sup> )	KUAT TEKAN ( MPa )
		COR	UJI					
1	T.3.90.1.H	23-Sep-10	22-Dec-10	90	208	4250	25	16.66
2	T.3.90.2.H	23-Sep-10	22-Dec-10	90	219	4500	25	17.64
3	T.3.90.3.H	23-Sep-10	22-Dec-10	90	219	3750	25	14.70
4	T.3.90.4.H	23-Sep-10	22-Dec-10	90	220	3850	25	15.09
5	T.3.90.5.H	23-Sep-10	22-Dec-10	90	207	4000	25	15.68
Rata - rata					214.6	4070	25	15.95



Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

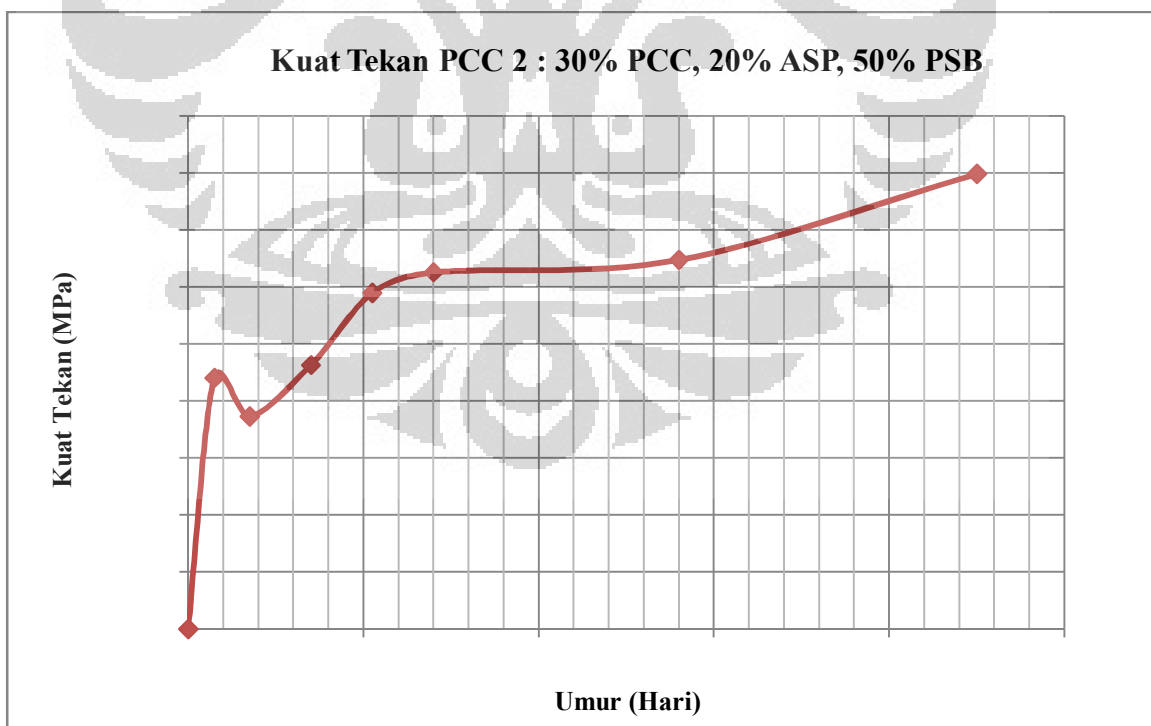
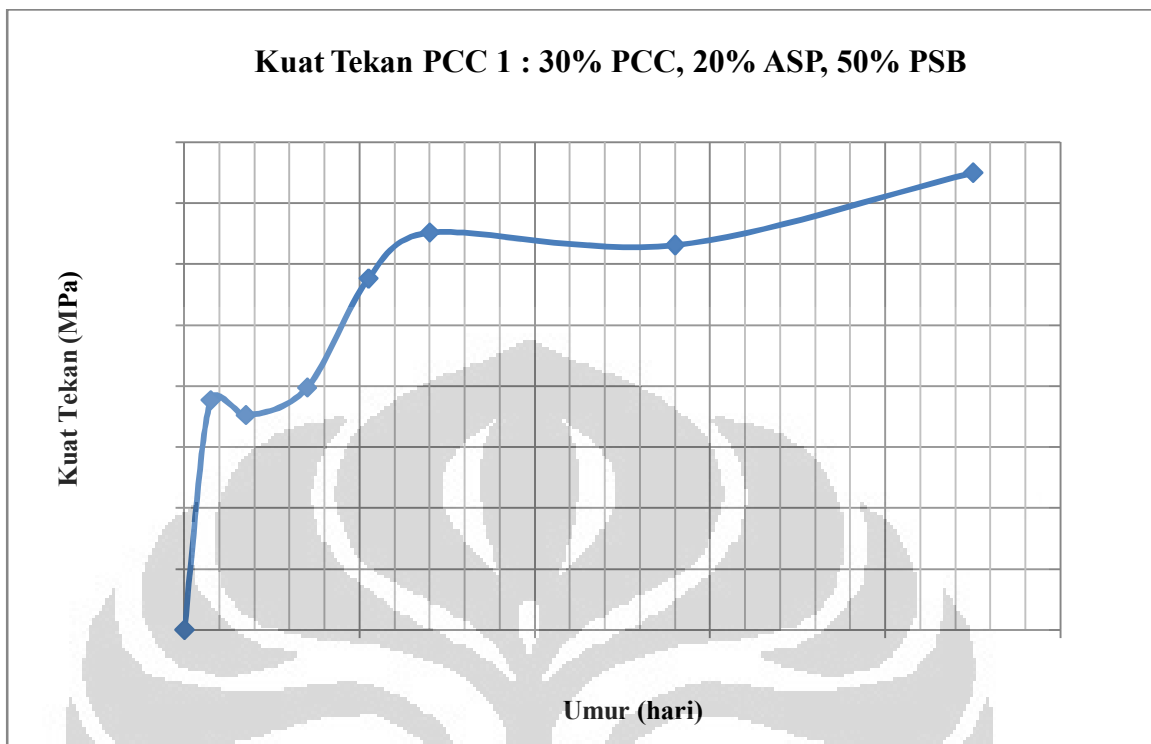
Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

**Gabungan Pengujian Kuat Tekan dengan Persentase  
30% PCC, 20% ASP, dan 50% PSB**

<b>Rangkuman Kuat Tekan PCC 1 ( R )</b>	
<b>Umur ( hari )</b>	<b>Kuat Tekan ( Mpa )</b>
0	0.00
3	7.53
7	7.04
14	7.94
21	11.52
28	13.03
56	12.62
90	14.99

<b>Rangkuman Kuat Tekan PCC 2 ( H )</b>	
<b>Umur ( hari )</b>	<b>Kuat Tekan ( Mpa )</b>
0	0.00
3	8.80
7	7.45
14	9.25
21	11.78
28	12.50
56	12.94
90	15.95

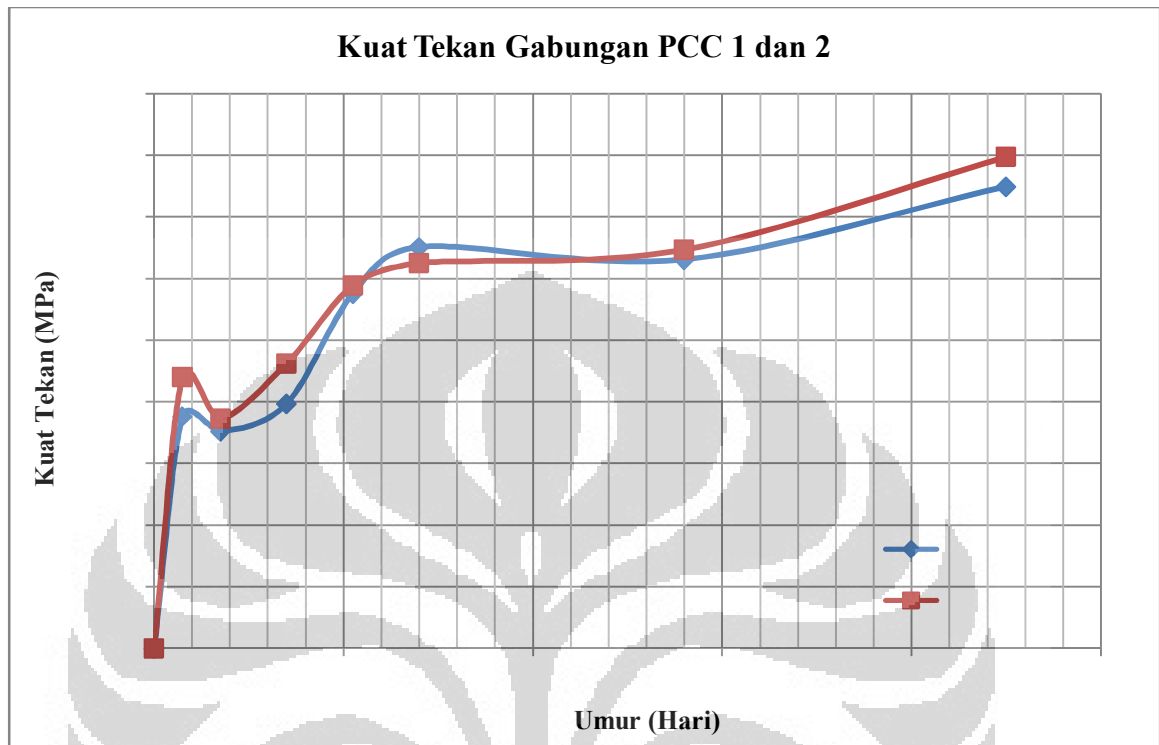


## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar Semen

Referensi : ASTM C-1117-89

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia



## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Chi-Square

Referensi : Statistik

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

Perhitungan Chi-Square Benda Uji Kuat Tekan  
dengan persentase 30% PCC type 1, 20% ASP, dan 50% PSB

DATA	FREKUENSI (F <sub>o</sub> )	BATAS BAWAH	TITIK TENGAH	F.M	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	SIMPAN GAMBANG	RATA-RATA	TITIK Z	LUAS	PROBABILITAS	FREKUENSI (F <sub>e</sub> )	$\chi^2$ (PERHITUNGAN)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)		
<b>3 HARI</b>														
		6.86												
6.86	1	6.86	6.86	6.86	0.44	0.45	7.53	-1.48	0.3599	0.0466	0.23	3.211		
7.25	1	7.25	7.25	7.25	0.08			-0.61	0.3133	0.2934	1.47			
7.84	1	7.84	7.84	7.84	0.10			0.69	0.0199	0.3239	1.62			
7.84	1	7.84	7.84	7.84	0.10			0.69	0.3438	0.0000	0.00			
7.84	1	7.84	7.84	7.84	0.10			0.69	0.3438	0.3438	1.72			
5.00	5.00			6.86	0.31			0.45	7.53					
<b>7 HARI</b>														
		6.86												
6.86	1	6.86	6.86	6.86	0.03	0.24	7.04	-0.72	0.4147	0.1443	0.72	4.725		
6.86	1	6.86	6.86	6.86	0.03			-0.72	0.2704	0.0719	0.36			
6.86	1	6.86	6.86	6.86	0.03			-0.72	0.1985	0.0533	0.27			
7.25	1	7.25	7.25	7.25	0.05			0.88	0.2518	0.0694	0.35			
7.35	1	7.35	7.35	7.35	0.10			1.29	0.3212	0.3212	1.61			
5.00	5.00			6.86	0.24			0.24	7.04					
<b>14 HARI</b>														
		7.35												
7.35	1	7.35	7.35	7.35	0.35	0.64	7.94	-0.92	0.4147	0.1790	0.90	1.077		
7.35	1	7.35	7.35	7.35	0.35			-0.92	0.2357	0.1293	0.65			
7.84	1	7.84	7.84	7.84	0.01			-0.15	0.1064	0.1059	0.53			
8.33	1	8.33	8.33	8.33	0.15			0.61	0.2123	0.1647	0.82			
8.82	1	8.82	8.82	8.82	0.78			1.38	0.3770	0.3770	1.89			
5.00	5.00			7.35	1.63			0.64	7.94					
<b>21 HARI</b>														
		10.39												
10.39	1	10.39	10.39	10.39	1.29	1.21	11.53	-0.94	0.4251	0.3303	1.65	1.863		
10.78	1	10.78	10.78	10.78	0.56			-0.62	0.0948	0.0788	0.39			
10.78	1	10.78	10.78	10.78	0.56			-0.62	0.0160	0.1431	0.72			
12.74	1	12.74	12.74	12.74	1.47			1.00	0.1591	0.2458	1.23			
12.94	1	12.94	12.94	12.94	2.00			1.17	0.4049	0.4049	2.02			
5.00	5.00			10.39	5.88			1.21	11.53					



## SKRIPSI

Jenis Percobaan : Chi-Square

Referensi : Statistik

Lokasi : Laboratorium Struktur Dan Material Universitas Indonesia

FREKUENSI KUMULATIF SAMPEL	FREKUENSI RELATIF	DATA	FREKUENSI	df	Z <sup>2</sup> TEORITIS CHI SQUARE		
					10%	5%	1%
<b>3 HARI</b>							
1	20	6.86	0.23	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	7.25	1.47				
3	60	7.84	1.62				
4	80	7.84	0.00				
5	100	7.84	1.72				
<b>7 HARI</b>							
1	20	6.86	0.72	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	6.86	0.36				
3	60	6.86	0.27				
4	80	7.25	0.35				
5	100	7.35	1.61				
<b>14 HARI</b>							
1	20	7.35	0.90	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	7.35	0.65				
3	60	7.84	0.52				
4	80	8.33	0.82				
5	100	8.82	1.89				
<b>21 HARI</b>							
1	20	10.39	1.65	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	10.78	0.39				
3	60	10.78	0.72				
4	80	12.74	1.23				
5	100	12.94	2.02				
<b>28 HARI</b>							
1	20	11.76	0.41	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	12.25	0.91				
3	60	12.74	0.21				
4	80	13.72	1.24				
5	100	14.70	2.02				
<b>56 HARI</b>							
1	20	9.41	1.09	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	12.54	0.78				
3	60	12.74	0.76				
4	80	13.92	1.17				
5	100	14.50	2.07				
<b>96 HARI</b>							
1	20	14.21	0.57	2.00	4.605	5.991	9.210
2	40	14.70	0.80				
3	60	14.70	0.28				
4	80	15.68	2.26				
5	100	15.68	2.26				

