

147/FT.EKS.01/SKRIP/03/2012



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KUAT TEKAN PADA MORTAR YANG MENGANDUNG  
*RICE HUSK ASH (RHA)* DAN *CONCRETE SLUDGE WASTE (CSW)*  
DENGAN KOMPOSISI SEMEN, AGREGAT HALUS 1:3**

**SKRIPSI**

**SHEBA BILQIS**

**0906605800**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JANUARI 2012**

147/FT.EKS.01/SKRIP/03/2012



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KUAT TEKAN PADA MORTAR YANG MENGANDUNG  
*RICE HUSK ASH (RHA)* DAN *CONCRETE SLUDGE WASTE (CSW)*  
DENGAN KOMPOSISI SEMEN, AGREGAT HALUS 1:3**

**SKRIPSI**

**SHEBA BILQIS**

**0906605800**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JANUARI 2012**

147/FT.EKS.01/SKRIP/03/2012



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH FOR MORTARS  
CONTAINING RICE HUSK ASH (RHA) AND CONCRETE  
SLUDGE WASTE (CSW) WITH COMPOSITION CEMENT,  
AGGREGATE 1 : 3**

**FINAL PROJECT**

**SHEBA BILQIS**

**0906605800**

**FACULTY OF ENGINEERING  
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
DEPOK  
JANUARY 2012**

147/FT.EKS.01/SKRIP/03/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KUAT TEKAN PADA MORTAR YANG MENGANDUNG  
*RICE HUSK ASH (RHA)* DAN *CONCRETE SLUDGE WASTE (CSW)*  
DENGAN KOMPOSISI SEMEN, AGREGAT HALUS 1 : 3**

**SKRIPSI**

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

**SHEBA BILQIS**

**0906605800**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Sheba Bilqis**

**NPM : 0906.605.800**

**Tanda Tangan :**



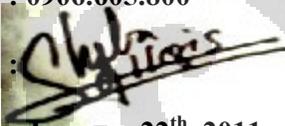
**Tanggal : 22 Januari 2012**

## SHEET OF ORIGINALITY

**This script is truly my own work,  
and all of the source that I quote or referenced  
I stated that all is true.**

**Name : Sheba Bilqis**

**NPM : 0906.605.800**

**Signature : **

**Date : January 22<sup>th</sup> 2011**

## SHEET OF APPROVAL

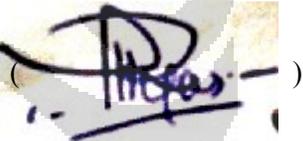
This final assignment submitted by :

Name : Sheba Bilqis  
NPM : 0906.605.800  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Study of Compressive Strength for Mortars Containing Rice Husk Ash (RHA) and Concrete Sludge Waste (CSW) with Composition Cement, Aggregate 1: 3

**Have succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial fulfillment needed to obtain Bachelor Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Indonesia.**

### EXAMINER BOARD

Mentor I : Ir. Essy Arijoeni, M.Sc.,Ph.D

()

Examiner I : Ir. Madsuri, MT.

()

Examiner II : Dr. Ir. Elly Tjahjono.S, DEA

()

Approved in : Depok  
Date : January 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Ini Diajukan Oleh :  
Nama : Sheba Bilqis  
NPM : 0906.605.800  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Kuat Tekan Pada Mortar Yang Mengandung *Rice Husk Ash* (RHA) Dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) Dengan Komposisi Semen, Agregat Halus 1 : 3

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 Arijoeni, M.Sc.,Ph.D

()

Penguji I : Ir. Madsuri, MT.

()

Penguji II : Dr. Ir. Elly Tjahjono.S, DEA

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat 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 materil 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 Abi dan Umi, serta adik-adikku Rara, Mia, Tami dan Silmi yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual kepadaku, sehingga aku dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Daden Nursandi ST, yang senantiasa membantu, menemani, dan memberikan nasehat serta semangat yang sangat berarti sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai sesuai dengan waktunya.
4. Ibu Ir. Essy Ariyuni PhD selaku dosen pembimbingku, yang telah memberikan banyak masukan dan nasehat sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai.
5. Teman-teman seperjuanganku dalam skripsi ini, Marchin, Vian, Imam, Arya, Andi, Wahyu serta Dhika, yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
6. Dosen Penguji, atas saran dan kritiknya sehingga terselesaikan penulisan skripsi ini.
7. Pak bibin dan keluarga beserta staff PT. Hakiki yang banyak membantuku dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. PT Holcim, Tbk yang sudah membantuku dalam penyediaan bahan limbah beton sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

9. Prof. Irwan Katili selaku Kepala Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
10. Bpk Ir. Madsuri MT selaku Pembimbing Akademik selama kuliah.
11. Semua staff laboratorium Universitas Indonesia (Pak Apri, Pak Agus, Mas Sonidll), 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.
12. Semua teman-teman sekelas Teknik Sipil Ekstensi 2009 FTUI yang satu perjuangan dan satu penderitaan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
13. 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 serta masyarakat luas, khususnya di Indonesia.

Depok, Januari 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Sheba Bilqis  
NPM : 0906.605.800  
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 :

**STUDI KUAT TEKAN PADA MORTAR YANG MENGANDUNG *RICE HUSK ASH* (RHA) DAN *CONCRETE SLUDGE WASTE* (CSW) DENGAN KOMPOSISI SEMEN, AGREGAT HALUS 1 : 3**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 24 Januari 2012  
Yang Menyatakan



(Sheba Bilqis)

## ABSTRAK

Nama : Sheba Bilqis  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Studi Kuat Tekan Pada Mortar Yang Mengandung *Rice Husk Ash* (RHA) Dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) Dengan Komposisi Semen, Agregat Halus 1 : 3

Penelitian tentang penggunaan *Rice Husk Ash* (RHA) sebagai substitusi perekat semen hidrolis jenis PCC dengan campuran *Concrete Sludge Waste* (CSW) sebagai substitusi pasir sebagai campuran mortar telah dilakukan dilaboratorium untuk menguji sifat mekanik mortar dengan total benda uji sebanyak 250 buah. Mortar yang di uji dibedakan menjadi 5 variasi yang meliputi kuat tekan sebanyak 175 buah yang diuji sesuai standar ASTM C 579-01 sehingga dalam pengujian ini didapat kuat tekan optimum sebesar 20.09 Mpa; Pengujian kerapatan (*density*) sebanyak 25 buah yang diuji sesuai standar ASTM C 905-01 dengan nilai *density* rata-rata sebesar 1.626 gr/cm<sup>3</sup>; Pengujian absorpsi sebanyak 25 benda uji sesuai standar ASTM C 1403-00 dengan nilai absorpsi rata-rata pada umur 24 jam sebesar 138 gr/cm<sup>2</sup>; Pengujian susut sebanyak 25 benda uji sesuai standar ASTM C531-00 dengan nilai susut rata-rata sebesar 0.1466% dari total panjang benda uji. Dengan nilai kuat tekan sebesar 20.09 MPa dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 50% Pasir, 50% CSW, diharapkan dapat diaplikasikan dalam pembuatan bata beton (paving blok) kelas pedestrian.

Kata Kunci : *Rice Husk Ash*, *Concrete Sludge Waste*, sifat mekanik mortar, kuat tekan, *density*, absorpsi, Susut .

## ABSTRACT

Nama : Sheba Bilqis  
Program Studi : Civil Engineering  
Judul : Study of Compressive Strength for Mortars Containing Rice Husk Ash (RHA) and Concrete Sludge Waste (CSW) with Composition Cement, Aggregate 1: 3

Research about using of waste materials called rice husk ash (RHA) as a substitute of adhesive hydraulic cement type of PCC mixed with concrete sludge waste (CSW) as a substitute of sand for mixed cement mortars have been done on laboratory. The mechanical properties tested in the laboratory with 250 samples of total samples. Comprising 175 samples for testing of the compressive strength refer to ASTM C 579-01 the result from this test is 20.09 Mpa, 25 sample for testing of density refer to ASTM C 905-01 and the average result from this test is 1.626 gr/cm<sup>3</sup>, 25 samples for testing of absorption refer to ASTM C 1403-00 01 and the average result from this test until 24 hours is 138 gr/cm<sup>2</sup>, and 25 samples for testing of length change refer to ASTM C 531-00 01 and the average result from this test is 0.1466% total length. The optimum compressive strength is 20.09 MPa, with composition cement, Aggregate 1:3, consist of 92% cement 8% RHA as an adhesive materials and 50% Sand, 50% CSW hoped can be applied in the manufacture of concrete bricks (paving blocks) for pedestrian class.

Keywords : Rice Husk Ash, Concrete Sludge Waste, the mechanical properties of mortar, compressive strength, density, absorption, length change.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PEGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Hipotesa.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
<b>BAB II STUDI LITERATUR.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Mortar.....	6
2.3 Portland Cement.....	8
2.4 Air.....	14
2.5 Abu Sekam Padi.....	16
2.6 <i>Concrete Sludge Waste (CSW)</i> .....	18
2.6.1 Kuat Tekan.....	19
2.6.2 Density.....	20

2.6.3	Absorpsi.....	21
2.6.4	Susut ( <i>Shrinkage</i> ) .....	21
2.7	Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	22
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
3.1	Rancangan Penelitian.....	24
3.2	Bahan Pembentuk Mortar.....	26
3.3	Alat-alat Penelitian .....	26
3.4	Pengujian Pendahuluan.....	27
3.4.1	Pengujian Sifat agregat (CSW dan RHA) .....	29
3.4.1.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	29
3.4.1.2	Pengujian Berat Isi.....	31
3.4.1.3	Pengujian Analisa Ayak.....	32
3.4.1.4	Pengujian Kadar Lumpur.....	32
3.4.1.5	Uji Kadar Air.....	34
3.4.2	Pengujian Konsistensi .....	33
3.4.3	Pengujian Setting Time.....	36
3.5	Pengujian Mekanik Mortar .....	39
3.5.1	Pengujian Kuat Tekan.....	39
3.5.2	Pengujian Absorpsi .....	43
3.5.3	Pengujian Density.....	46
3.5.3	Pengujian Susut.....	46
3.6	Jadwal Kegiatan.....	49
<b>BAB IV</b>	<b>PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>50</b>
4.1	Hasil Pengujian Pendahuluan.....	50
4.1.1	Pengujian Sifat Agregat CSW dan RHA.....	50
4.1.1.1	Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air <i>Concrete Sludge Waste</i> (CSW) .....	50
4.1.1.2	Hasil Pengujian Berat Isi Lepas dan Berat Isi Padat CSW.....	51
4.1.1.3	Hasil Pengujian Analisa Ayak.....	51
4.1.1.4	Hasil Pengujian Kadar Lumpur.....	53

4.1.1.5	Hasil Pengujian Kadar Air.....	54
4.1.2	Pengujian Konsistensi.....	54
4.1.3	Nilai Setting Time.....	56
4.2	Kebutuhan Bahan Desain Campuran.....	65
4.2.1	Pasta Campuran Semen dengan <i>Rice Husk Ask</i> (Kode: CRHA) .....	65
4.2.2	Pasta Campuran Semen dengan <i>Concrete Sludge Waste</i> (Kode : CCSW).....	66
4.2.3	Pasta Campuran Semen dengan RHA+CSW (Kode: CHW) .....	66
4.3	Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar dengan Perbandingan 1:3 (Kode : CHWM 13) .....	67
4.3.1	Total Kebutuhan Bahan Keseluruhan untuk pengujian kuat tekan Mortar	68
4.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	68
4.4.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Desain Campuran Awal.....	68
4.4.1.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen + RHA (CRHA) .....	68
4.4.1.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen + CSW (CCSW) .....	75
4.4.1.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen+ RHA + CSW (CHWP) .....	84
4.4.2	Analisa distribusi data.....	93
4.4.2.1	<i>Chi-square</i> Kode CHWM 131.....	93
4.4.2.2	<i>Chi-square</i> Kode CHWM 132.....	94
4.4.2.3	<i>Chi-square</i> Kode CHWM 133.....	94
4.4.2.4	<i>Chi-square</i> Kode CHWM 134.....	95
4.4.2.5	<i>Chi-square</i> Kode CHWM 135.....	96
4.4.3	Hasil pengujian Kuat Tekan Mortar Semen + RHA, Pasir + CSW Perbandingan 1: 3 (CHWM 13) .....	97
4.4.3.1	Hasil Pengujian dengan Campuran 30% Pasir 70% CSW (Kode : CHWM 131) .....	97
4.4.3.2	Hasil Pengujian dengan Campuran 40% Pasir 60% CSW (Kode : CHWM 132) .....	98
4.4.3.3	Hasil Pengujian dengan Campuran 50% Pasir 50% CSW	

	(Kode : CHWM 133) .....	99
4.4.3.4	Hasil Pengujian dengan Campuran 60% Pasir 40% CSW (Kode : CHWM 134) .....	100
4.4.3.5	Hasil Pengujian dengan Campuran 70% Pasir 30% CSW (Kode : CHWM 135) .....	101
4.4.3.6	Histogram Perbandingan Kuat tekan Semua Variasi Mortar disetiap umur benda uji .....	102
4.4.3.7	Grafik Kuat Tekan Mortar Gabungan Semua Variasi.....	106
4.5	Hasil Pengujian Density.....	107
4.6	Hasil Pengujian Absorpsi.....	109
4.7	Hasil Pengujian Susut.....	113
4.7.1	Hasil pengujian susut mortar CHWM131.....	113
4.7.2	Hasil pengujian susut mortar CHWM132.....	114
4.7.3	Hasil pengujian susut mortar CHWM133.....	114
4.7.4	Hasil pengujian susut mortar CHWM134.....	115
4.7.5	Hasil pengujian susut mortar CHWM135.....	116
4.7.6	Hasil pengujian susut mortar gabungan.....	116
4.8	Analisa Hasil Penelitian.....	117
4.8.1	Analisa Kuat Tekan.....	117
4.8.2	Analisa Density.....	119
4.8.3	Analisa Absorpsi.....	120
4.8.4	Analisa Susut.....	120
4.9	Pengaruh Penambahan <i>Concrete Sludge Waste</i> (CSW) .....	121
4.9.1	Pengaruh Terhadap Kuat Tekan.....	121
4.9.2	Pengaruh Terhadap Density.....	121
4.9.3	Pengaruh Terhadap Absorpsi.....	122
4.9.4	Pengaruh Terhadap Susut.....	122
4.10	Pemanfaatan CSW untuk bahan Bangunan.....	122
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>124</b>
5.1	Kesimpulan.....	124
5.2	Saran.....	126

DAFTAR PUSTAKA .....	xix
LAMPIRAN	

### DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 2.1</b>	Campuran Pembentuk Mortar .....	7
<b>GAMBAR 2.2</b>	Campuran Pembentuk Mortar dengan filler CSW+RHA.....	7
<b>GAMBAR 2.3</b>	Proses Produksi Semen .....	9
<b>GAMBAR 2.4</b>	Proses pembuatan abu sekam padi .....	16
<b>GAMBAR 2.5</b>	Grafik Hubungan Regangan Susut ( $\epsilon_{sh}$ ) terhadap waktu (t).....	21
<b>GAMBAR 3.1</b>	<i>Flowchart</i> penelitian .....	25
<b>GAMBAR 3.2</b>	Pengujian Density .....	46
<b>GAMBAR 3.3</b>	Alat Pengujian Susut .....	47
<b>GAMBAR 4.1</b>	Pengujian analisa ayak <i>Rice Husk Ash</i> (RHA).....	52
<b>GAMBAR 4.2</b>	Pengujian analisa ayak <i>Concrete Sludge Waste</i> (CSW).....	53
<b>GAMBAR 4.3</b>	Histogram perbandingan nilai FAS berdasarkan variasi mortar.....	56
<b>GAMBAR 4.4</b>	Grafik Setting Time Kode CHWM131.....	57
<b>GAMBAR 4.5</b>	Grafik Setting Time Kode CHWM132.....	59
<b>GAMBAR 4.6</b>	Grafik Setting Time Kode CHWM133.....	60
<b>GAMBAR 4.7</b>	Grafik Setting Time Kode CHWM134.....	62
<b>GAMBAR 4.8</b>	Grafik Setting Time Kode CHWM135.....	63
<b>GAMBAR 4.9</b>	Histogram perbandingan nilai setting time berdasarkan variasi mortar..	64
<b>GAMBAR 4.10</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CRHA00.....	69
<b>GAMBAR 4.11</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CRHA06.....	70
<b>GAMBAR 4.12</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CRHA08.....	71
<b>GAMBAR 4.13</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CRHA10.....	72
<b>GAMBAR 4.14</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CRHA12.....	73
<b>GAMBAR 4.15</b>	Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 3 hari.....	73
<b>GAMBAR 4.16</b>	Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 7 hari.....	74
<b>GAMBAR 4.17</b>	Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 14 hari.....	74
<b>GAMBAR 4.18</b>	Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 28 hari.....	75
<b>GAMBAR 4.19</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW11.....	76
<b>GAMBAR 4.20</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW12.....	77

<b>GAMBAR 4.21</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW13.....	78
<b>GAMBAR 4.22</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW14.....	79
<b>GAMBAR 4.23</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW15.....	80
<b>GAMBAR 4.24</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 3 hari.....	80
<b>GAMBAR 4.25</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 7 hari.....	81
<b>GAMBAR 4.26</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 14 hari.....	81
<b>GAMBAR 4.27</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 28 hari.....	82
<b>GAMBAR 4.28</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 56 hari.....	82
<b>GAMBAR 4.29</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Gabungan Semua Variasi CCSW .....	83
<b>GAMBAR 4.30</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CHWP11.....	84
<b>GAMBAR 4.31</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CHWP12.....	85
<b>GAMBAR 4.32</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CHWP13.....	86
<b>GAMBAR 4.33</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CHWP14.....	87
<b>GAMBAR 4.34</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CHWP15.....	88
<b>GAMBAR 4.35</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 3 hari.....	89
<b>GAMBAR 4.36</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 7 hari.....	89
<b>GAMBAR 4.37</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 14 hari....	90
<b>GAMBAR 4.38</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 21 hari....	90
<b>GAMBAR 4.39</b>	Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 28 hari..	91
<b>GAMBAR 4.40</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Gabungan Semua Variasi CHWP .....	92
<b>GAMBAR 4.41</b>	Grafik Normal Probability Mortar Kode CHWM131.....	93
<b>GAMBAR 4.42</b>	Grafik Normal Probability Mortar Kode CHWM132.....	94
<b>GAMBAR 4.43</b>	Grafik Normal Probability Mortar Kode CHWM133.....	95
<b>GAMBAR 4.44</b>	Grafik Normal Probability Mortar Kode CHWM134.....	96
<b>GAMBAR 4.45</b>	Grafik Normal Probability Mortar Kode CHWM135.....	96
<b>GAMBAR 4.46</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Kode CHWM131.....	97
<b>GAMBAR 4.47</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Kode CHWM132.....	98
<b>GAMBAR 4.48</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Kode CHWM133.....	99
<b>GAMBAR 4.49</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Kode CHWM134.....	100
<b>GAMBAR 4.50</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Kode CHWM135.....	101
<b>GAMBAR 4.51</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 3 Hari.....	102
<b>GAMBAR 4.52</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 7 Hari.....	102

<b>GAMBAR 4.53</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 14 Hari.....	103
<b>GAMBAR 4.54</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 21 Hari.....	103
<b>GAMBAR 4.55</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 28 Hari.....	104
<b>GAMBAR 4.56</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 56 Hari.....	104
<b>GAMBAR 4.57</b>	Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 90 Hari.....	105
<b>GAMBAR 4.58</b>	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Gabungan .....	106
<b>GAMBAR 4.59</b>	Histogram pengujian Density Gabungan mortar CHWM.....	108
<b>GAMBAR 4.60</b>	Grafik Data Pengujian Absorpsi CHWM131.....	109
<b>GAMBAR 4.61</b>	Grafik Data Pengujian Absorpsi CHWM132.....	110
<b>GAMBAR 4.62</b>	Grafik Data Pengujian Absorpsi CHWM133.....	110
<b>GAMBAR 4.63</b>	Grafik Data Pengujian Absorpsi CHWM134.....	111
<b>GAMBAR 4.64</b>	Grafik Data Pengujian Absorpsi CHWM135.....	112
<b>GAMBAR 4.65</b>	Histogram Data Pengujian Absorpsi Gabungan .....	112
<b>GAMBAR 4.66</b>	Grafik Data pengujian susut kode CHWM131.....	113
<b>GAMBAR 4.67</b>	Grafik Data pengujian susut kode CHWM132.....	114
<b>GAMBAR 4.68</b>	Grafik Data pengujian susut kode CHWM133.....	115
<b>GAMBAR 4.69</b>	Grafik Data pengujian susut kode CHWM134.....	116
<b>GAMBAR 4.70</b>	Grafik Data pengujian susut kode CHWM135.....	117
<b>GAMBAR 4.71</b>	Histogram Data Pengujian susut Gabungan .....	118

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 2.1</b>	Sifat-sifat Senyawa Semen .....	11
<b>TABEL 2.2</b>	Komposisi Kimia Semen Portland Menurut Jenisnya .....	11
<b>TABEL 2.3</b>	Syarat fisika semen portland komposit .....	14
<b>TABEL 2.4</b>	Particle Size, Mesh Size and Grit No .....	17
<b>TABEL 2.5</b>	Komposisi kimia abu sekam padi .....	18
<b>TABEL 2.6</b>	Kandungan senyawa kimia pada limbah adukan beton .....	19
<b>TABEL 3.1</b>	Peta penelitian secara umum .....	26
<b>TABEL 3.2</b>	<i>Campuran pasta semen dan Rice Husk Ask (RHA)</i> .....	28
<b>TABEL 3.3</b>	<i>Campuran pasta semen dan Concrete Sludge Waste (CSW)</i> .....	28
<b>TABEL 3.4</b>	<i>Campuran pasta semen Rice Husk Ask (RHA) dan Concrete Sludge Waste (CSW)</i> .....	29
<b>TABEL 3.5</b>	Jadwal Kegiatan .....	49
<b>TABEL 4.1</b>	Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air .....	50
<b>TABEL 4.2</b>	Hasil pengujian Berat Isi Lepas dan Berat Isi Padat CSW .....	51
<b>TABEL 4.3</b>	Pengujian analisa ayak <i>Rice Husk Ash</i> .....	52
<b>TABEL 4.4</b>	Pengujian analisa ayak <i>Concrete Sludge Waste (CSW)</i> .....	53
<b>TABEL 4.5</b>	Hasil Pengujian Kadar Lumpur CSW .....	54
<b>TABEL 4.6</b>	Hasil Pengujian Kadar Air CSW .....	54
<b>TABEL 4.7</b>	Nilai flow table hasil pengujian konsistensi .....	55
<b>TABEL 4.8</b>	Nilai faktor air semen dan Faktor air mortar .....	55
<b>TABEL 4.9</b>	Nilai Setting Time CHWM 131 .....	56
<b>TABEL 4.10</b>	Nilai Setting Time CHWM 132.....	58
<b>TABEL 4.11</b>	Nilai Setting Time CHWM 133.....	59
<b>TABEL 4.12</b>	Nilai Setting Time CHWM 134.....	61
<b>TABEL 4.13</b>	Nilai Setting Time CHWM 135.....	62
<b>TABEL 4.14</b>	Kebutuhan Bahan Pasta Kode CRHA .....	65
<b>TABEL 4.15</b>	Kebutuhan Bahan Pasta Kode CCSW .....	66
<b>TABEL 4.16</b>	Kebutuhan Bahan Pasta Kode CHW .....	66
<b>TABEL 4.17</b>	Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar Kode CHWM 13 .....	67

<b>TABEL 4.18</b>	Total kebutuhan bahan untuk pengujian kuat tekan mortar .....	68
<b>TABEL 4.19</b>	Total kebutuhan bahan untuk pengujian kuat tekan mortar .....	68
<b>TABEL 4.20</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CRHA00.....	69
<b>TABEL 4.21</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CRHA06.....	70
<b>TABEL 4.22</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CRHA08.....	70
<b>TABEL 4.23</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CRHA10.....	71
<b>TABEL 4.24</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CRHA12.....	72
<b>TABEL 4.25</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CCSW11.....	75
<b>TABEL 4.26</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CCSW12.....	76
<b>TABEL 4.27</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CCSW13.....	77
<b>TABEL 4.28</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CCSW14.....	78
<b>TABEL 4.29</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CCSW15.....	79
<b>TABEL 4.30</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CHWP11.....	84
<b>TABEL 4.31</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CHWP12.....	85
<b>TABEL 4.32</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CHWP13.....	86
<b>TABEL 4.33</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CHWP14.....	87
<b>TABEL 4.34</b>	Kuat Tekan Pasta Kode CHWP15.....	88
<b>TABEL 4.35</b>	Kuat Tekan Mortar CHWM 131.....	97
<b>TABEL 4.36</b>	Kuat Tekan Mortar CHWM 132.....	98
<b>TABEL 4.37</b>	Kuat Tekan Mortar CHWM 133.....	99
<b>TABEL 4.38</b>	Kuat Tekan Mortar CHWM 134.....	100
<b>TABEL 4.39</b>	Kuat Tekan Mortar CHWM 135.....	101
<b>TABEL 4.40</b>	Hasil Pengujian density CHWM 131.....	107
<b>TABEL 4.41</b>	Hasil Pengujian density CHWM 132.....	107
<b>TABEL 4.42</b>	Hasil Pengujian density CHWM 133.....	108
<b>TABEL 4.43</b>	Hasil Pengujian density CHWM 134.....	108
<b>TABEL 4.44</b>	Hasil Pengujian density CHWM 135.....	108
<b>TABEL 4.45</b>	Hasil Pengujian Absorpsi CHWM 131.....	109
<b>TABEL 4.46</b>	Hasil Pengujian Absorpsi CHWM 132.....	109
<b>TABEL 4.47</b>	Hasil Pengujian Absorpsi CHWM 133.....	110
<b>TABEL 4.48</b>	Hasil Pengujian Absorpsi CHWM 134.....	111
<b>TABEL 4.49</b>	Hasil Pengujian Absorpsi CHWM 135.....	111

<b>TABEL 4.50</b> Hasil Pengujian susut gabungan .....	117
<b>TABEL 4.51</b> Syarat mutu Paving Blok menurut SNI .....	123

### DAFTAR LAMPIRAN

L-up-01	Uji Pendahuluan : pengujian Konsistensi (flow table)
L-up-02	Uji Pendahuluan : pengujian Analisa ayak abu sekam padi
L-up-03	Uji Pendahuluan : pengujian Analisa ayak <i>Concrete Sludge Waste</i>
L-crha-01	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CRHA00
L-crha-06	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CRHA06
L-crha-08	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CRHA08
L-crha-10	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CRHA10
L-crha-12	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CRHA12
L-ccsw-01	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CCSW11
L-ccsw-02	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CCSW12
L-ccsw-03	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CCSW13
L-ccsw-04	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CCSW14
L-ccsw-05	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CCSW15
L-chwp-01	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CHWP11
L-chwp-02	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CHWP12
L-chwp-03	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CHWP13
L-chwp-04	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CHWP14
L-chwp-05	Pengujian kuat tekan pasta : Kode CHWP15
L-chwm-01	Pengujian kuat tekan mortar : Kode CHWM131
L-chwm-02	Pengujian kuat tekan mortar : Kode CHWM132
L-chwm-03	Pengujian kuat tekan mortar : Kode CHWM133
L-chwm-04	Pengujian kuat tekan mortar : Kode CHWM134
L-chwm-05	Pengujian kuat tekan mortar : Kode CHWM135
L-Density	Pengujian Density
L-Absorpsi	Pengujian Absorpsi
L-susut-01	Pengujian susut : Kode CHWM131
L-susut-02	Pengujian susut : Kode CHWM132
L-susut-03	Pengujian susut : Kode CHWM133

- L-susut-04 Pengujian susut : Kode CHWM134  
L-susut-05 Pengujian susut : Kode CHWM135

#### 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
- 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.
- Anagyagos, Nigoskatis. *Kuat Tekan, Density, Absorpsi Dan Modulus Elastisitas Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan Perbandingan 30%; 30%; 40%*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok : 2011.
- Latief, Abdul. *Kuat tarik langsung, kuat tarik lentur, susut dan density mortar campuran semen, Abu sekam padi, dan precious slag ball Dengan persentase 30%; 30%; 40%*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok : 2011.
- SNI 15-7064-2004. *Semen Portland Komposit*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta : 2004.

SNI 03-0691-1996 mengenai syarat mutu dan klasifikasi bata beton (paving blok)  
Badan Standardisasi Nasional, Jakarta : 1996.

Id.shvoong. *Exact-science* ,proses pembuatan semen, Browsing internet,  
<http://id.shvoong.com/exact-sciences/1693617-proses-pembuatansemen/#ixzz1PPU9JUgw>

Id.shvoong. *internet and technologies*,mengetahui lebih jauh mengenai mortar, Browsing internet,  
<http://id.shvoong.com/internet-and-technologies/websites/1910302-mengenal-lebih-jauh-mengenai-mortar/#ixzz1PPY5CM4H>



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Kemajuan teknologi yang semakin pesat di Indonesia, khususnya dalam bidang teknik sipil menjadikan tolak ukur perkembangan suatu negara. Namun, tidak hanya kemajuan teknologi yang pesat akan tetapi diiringi angka pertumbuhan penduduk yang saat ini mencapai lebih dari 250 juta jiwa, sehingga akan semakin banyak pula sarana dan fasilitas yang harus terpenuhi.

Penggunaan bahan baku konstruksi secara besar-besaran pun dilakukan demi terpenuhinya kebutuhan konstruksi di Indonesia. Sehingga harus ada upaya yang dilakukan agar mengurangi penggunaan bahan baku konstruksi yang tentunya akan berdampak berkurangnya kerusakan lingkungan yang terjadi. Ketidakmerataan sumber bahan baku konstruksi juga menjadi salah satu hambatan bagi perkembangan dunia konstruksi Indonesia, dan terbukti dengan banyaknya daerah-daerah di Indonesia yang minim akan bahan baku konstruksi. Tidak hanya itu, polemik limbah hasil konstruksi juga menjadi permasalahan baru bagi pelaku konstruksi yang tentunya dapat mengganggu ekosistem setempat. Hal ini pula yang menjadikan para ahli teknik terus melakukan upaya pengembangan dalam menanggulangi masalah-masalah konstruksi yang terjadi demi terpenuhinya kebutuhan masyarakat.

Upaya yang kini sudah dilakukan adalah penggunaan bahan limbah sebagai bahan tambah atau pengganti sumber baku konstruksi, tidak hanya mengurangi biaya pengolahan limbah serta penanggulangan pencemaran lingkungan saja. Hal ini ternyata sangat efektif dalam pengurangan penggunaan bahan baku konstruksi yang secara terus menerus di ambil demi terpenuhinya pembangunan di Indonesia. Pengembangan baru yang akan diuji adalah pengaruh pemanfaatan limbah adukan beton siap pakai dan abu sekam padi sebagai bahan pengisi mortar.

Limbah adukan beton siap pakai adalah adukan beton yang dihasilkan oleh batching plant PT. Holcim, Tbk yang sudah tidak terpakai dan dibuang ke tempat pembuangan limbah beton. Limbah inilah yang nantinya akan diolah kembali sebagai bahan pengganti agregat. Bahan tambah lainnya yang digunakan dalam pengujian ini adalah Abu sekam Padi. Penambahan abu sekam padi dalam

persentase tertentu dapat meningkatkan kekuatan mortar semen melalui reaksi antara silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yang merupakan produk reaksi hidrasi semen untuk menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang memberikan kekuatan pada mortar semen. Abu sekam padi diperoleh dengan menghaluskan abu sekam sampai lolos saringan 200. Sekam padi yang sudah dihaluskan tersebut dibakar sampai temperatur  $400\text{-}800^\circ\text{C}$  sesuai dengan kemampuan tungku (*furnace*) yang ada sehingga menjadi abu sekam padi (Kusumantara, D., 2009).

Pengujian pun pernah dilakukan kembali, dengan persentase nilai abu sekam padi yang ditambahkan terlalu banyak, sehingga pada pengujian tersebut terjadi penurunan sifat mekanik pada mortar, untuk itu pada pengujian selanjutnya jumlah persentase abu sekam padi akan dikurangi, kisarannya kurang dari 10% (Anagyagos, N., 2011).

Penggunaan limbah adukan beton dan abu sekam padi sebagai bahan tambah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik agar didapatkan nilai sifat mekanik yang maksimal. Untuk itu, pada penelitian ini penulis mencoba untuk meneliti seberapa besar kuat tekan mortar terhadap penggunaan limbah adukan beton dan abu sekam padi.

## 1.2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat mekanis beton, menggunakan bahan campuran *Portland Composite Cement*, Limbah Adukan beton siap pakai (*Concrete Sludge Waste*), dan Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) dengan Komposisi semen, agregat halus 1 : 3. Sehingga dari pengujian ini diharapkan bisa memanfaatkan limbah menjadi suatu produk yang ramah lingkungan.

## 1.3. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan dalam pengujian kedalam hal-hal dibawah ini :

- Semen yang digunakan pada pengujian sesuai dengan standar **SNI 15-7064-2004** untuk semen portland komposit, sehingga sifat fisis dan

mekanis semen dianggap telah sesuai dengan standar, sehingga tidak dilakukan pengujian.

- Campuran yang akan digunakan akan dicari terlebih dahulu faktor air semen yang maksimum dengan cara *trial & error*.
- Menggunakan abu sekam padi yang di produksi sendiri oleh PT. Hakiki di daerah Indramayu.
- Menggunakan Limbah Adukan beton siap pakai yang di sediakan oleh PT Holcim, Tbk.
- Suhu yang digunakan dianggap sama yaitu suhu kamar yaitu 28°C.
- Pengujian dilakukan berdasarkan standard **SNI** dan **ASTM**.
- Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur benda uji 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari. Dengan menggunakan benda uji kubus ukuran 50 mm x 50mm x 50mm, sesuai standar **ASTM C 579-01**. Sedangkan pengujian *density*, Absorpsi, dan Modulus Elastisitas dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari.

#### **1.4. HIPOTESA**

Mortar campuran *Portland Composite Cement*, abu sekam padi (RHA) dan limbah adukan beton (CSW) dengan komposisi PCC, CSW+RHA 1 : 3 akan menghasilkan nilai kuat tekan pada mortar.

#### **1.5. METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah :

- Metode pengumpulan data yang terdiri dari:
  - a. Studi perpustakaan/literatur.
  - b. Studi dokumenter.

- Metode Eksperimental

Dilakukan dengan cara mendapatkan data-data secara langsung dari hasil pengujian laboratorium.

- Metode *trial and error*

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

## **1.6. SISTEMATIKA PENELITIAN**

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

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

### **BAB 2 STUDI LITERATUR**

Studi literatur ini berisi pengenalan tentang sifat-sifat beton serta bahan-bahan pembentuknya dan pengujian yang pernah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang cara atau prosedur penelitian dan pengujian bahan di laboratorium yang berhubungan dengan penelitian ini.

### **BAB 4 PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini berisikan data desain campuran benda uji yang akan dilakukan, serta data-data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium struktur dan material Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dan saran atas penelitian yang dilakukan.

## BAB 2 STUDI LITERATUR

### 2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Sekam padi atau *Rice Husked* merupakan lapisan keras yang membungkus kariopsis butir gabah, terdiri atas dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan gabah, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Dari proses penggilingan gabah akan dihasilkan sekitar 20% sekam padi atau bervariasi antara 13% sampai 29% dari total abu sekam yang dihasilkan setiap kali pembakaran (Hara, 1996; Krishnarao, et al., 2000).

Nilai paling umum kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dalam abu sekam padi adalah 94%-96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah (Houston, 1972; Prasad, et al., 2000). Abu sekam padi jika dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (400-800°C) akan menghasilkan abu silika. Abu silika tersebut memiliki sifat hidrolis yang baik yang dapat meningkatkan daya ikat semen, sehingga dapat menghemat penggunaan semen dalam mortar.

*CSW (Concrete Sludge Waste)* adalah adukan beton siap pakai yang masih tertinggal pada mobil molen setelah melakukan pengecoran disuatu proyek. Setelah mobil molen kembali ke batching plan dan dibersihkan, limbah hasil pembersihan diletakkan pada bak penampungan limbah beton yang dipisahkan antara limbah cair yang berbentuk lumpur dan limbah padat yang berbentuk bongkahan-bongkahan beton. Limbah adukan beton siap pakai ini di keringkan dalam kondisi kering udara dan kemudian dihancurkan dengan proses abrasi. Dari proses Abrasi inilah CSW bisa digunakan sebagai filler beton maupun mortar semen.

Mengacu pada penjelasan mengenai abu sekam padi (RHA) dan Limbah adukan beton siap pakai (CSW) diatas maka pada penelitian ini akan dicoba mengkaji penggunaan kedua bahan tersebut sebagai bahan pembentuk mortar semen. Untuk itu penulis mencoba untuk meneliti Studi Kuat Tekan pada Mortar yang Mengandung Abu Sekam Padi dan Limbah Adukan Beton dengan Komposisi Semen, Agregat Berbanding 1:3. Dari studi inilah diharapkan dapat diketahui seberapa besar pengaruh kedua bahan tersebut ditinjau dari kuat tarik dan geser pada mortar.

## 2.2. MORTAR

Mortar adalah campuran semen, air, dan pasir namun ada yang berpendapat bahwa mortar adalah bahan bangunan berbahan dasar semen yang digunakan sebagai “perekat” untuk membuat struktur bangunan. Perbedaan mortar dengan semen adalah pada mortar adalah semen siap pakai yang komponen pembentuknya umumnya adalah semen itu sendiri, filler, dan berbagai jenis aditif yang sesuai. Seperti kita tahu, dalam proses penggunaan semen oleh tukang, biasanya kita melihat tukang mencampur semen, pasir ayak, kapur (lime), bata merah halus (opsional), dan air. Pencampuran ini tentunya selalu tidak pernah seragam dan juga hanya berdasarkan “intuisi” si tukang. Adanya mortar tentunya merubah konsep cara pencampuran seperti itu karena mortar adalah *Semen Instant* siap pakai, hanya tambah air, aduk, kemudian langsung bisa dipakai. Jenis-jenis mortar Di Indonesia telah diperkenalkan, yaitu antara lain :

1. *Tile Adhesive* (Perekat Keramik) Ada vertikal (dinding) dan horizontal (lantai), dan juga ada perekat keramik baru diatas keramik lama (tanpa membongkar keramik lama).
2. *Tile Grout* Sebagai pengisi nat (celah) antar keramik
3. *Thin Bed* Untuk perekat AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) alias bata ringan
4. *Skim Coat* Untuk pelapis dinding baru, dll.

Penggunaan mortar tentunya akan ber-efek membuat biaya bahan bangunan menjadi bengkak, tetapi karena penggunaannya yang relatif sangat mudah, maka man-hours tukang kita akan berkurang drastis sehingga ongkos tukang akan berkurang. Untuk jangka panjangnya, penggunaan mortar ini juga akan bisa menghindarkan problem yang mungkin terjadi jika dibandingkan dengan

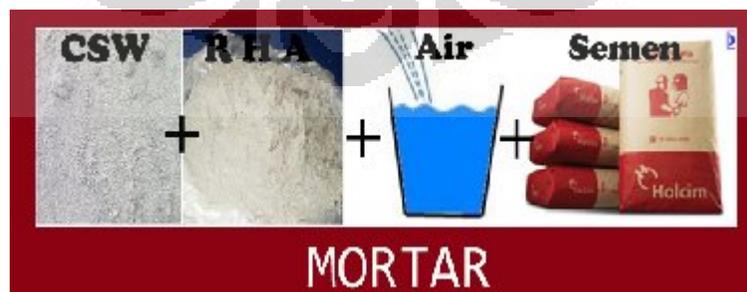
penggunaan campuran semen biasa misalnya seperti dinding retak dan lantai terangkat. Karena bisa jadi biaya reparasi di kemudian hari bisa jauh lebih tinggi daripada ongkos lebih yang dikeluarkan dengan penggunaan mortar (dibanding dengan campuran semen biasa) pada saat pembangunan awal struktur.

Perlu diketahui juga, untuk bangunan-bangunan tinggi (high rise) dan juga ruko-ruko terbaru, umumnya sekarang mereka sudah menggunakan mortar dan AAC untuk bahan baku pembuatan dinding, dan juga mereka merekatkan keramik (vertikal dan horisontal) dengan mortar, sedangkan untuk struktur mereka menggunakan beton ready mix. Ini bertujuan untuk menjaga konsistensi bahan baku yang digunakan dan juga efisiensi tenaga kerja, sehingga diharapkan bisa memperpanjang usia bangunan dengan menghindari problem-problem yang mungkin terjadi di kemudian hari.



**Gambar 2.1** Campuran Pembentuk Mortar

Pada penelitian yang akan dilakukan disini adalah mengganti komposisi pasir pada mortar dengan CSW dan RHA sebagai filler. Dengan komposisi tertentu diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan tertentu. Sehingga dalam hal ini pemanfaatan limbah adukan beton dan abu sekam padi dapat lebih maksimal.



**Gambar 2.2** Campuran Pembentuk Mortar dengan filler CSW+RHA

### 2.3. PORTLAND CEMENT

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut. Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton maupun mortar. Semen portland didefinisikan sebagai perekat hidrolis, yaitu bahan perkat yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan berbentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB.1989:3.2-8).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat berisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Ada 2 macam cara pembuatan semen :

- Proses Basah

Proses ini dimulai dengan mencampur semua bahan baku dengan air. Setelah itu dihancurkan. Kemudian bahan yang sudah dihancurkan tadi dibakar menggunakan bahan bakar minyak. Karena membutuhkan banyak BBM, proses ini sudah jarang dilakukan oleh produsen semen.

- Proses Kering

Proses ini memakai proses penggilingan yang dilanjutkan dengan proses pembakaran. Ada lima tahapan dalam proses ini, seperti proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di rotary dryer dan roller meal, proses pencampuran untuk mendapatkan campuran yang homogen, proses pembakaran bahan baku untuk menghasilkan terak, proses pendinginan terak, dan terakhir proses penggilingan clinker dan gypsum.

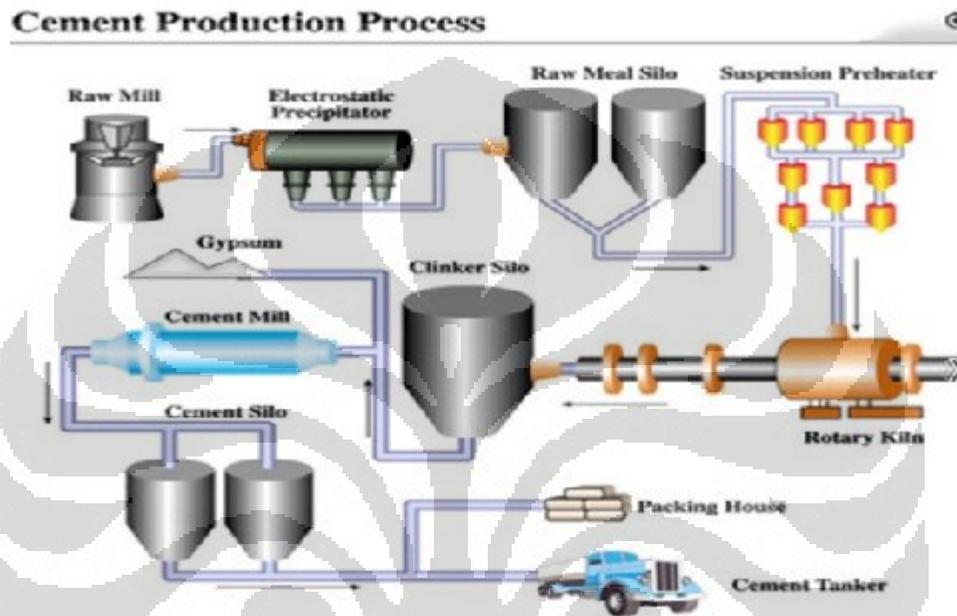
Salah satu contoh proses kering adalah pembuatan semen Portland, berikut adalah proses pembuatan semen Portland :

a) Proses Pembuatan Semen Portland

Pembuatan semen portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu :

1. Penambahan di *quarry*
2. Pecahan di crushing plant
3. Penggilingan (*blending*)

4. Pencampuran bahan-bahan
5. Pembakaran(*clin*)
6. Penggilingan kembali hasil pembakaran
7. Penambahan bahan tambah (*gypsum*)
8. Pengikatan



**Gambar 2.3** Proses Produksi Semen

b) Sifat dan Karakteristik Semen Portland

1. Sifat Fisika Semen portland

- Kehalusan Butir (*fineness*) : kehalusan butiran mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butiran semen lebih kasar. Semakin halus butiran semen. Proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan butiran semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air ke permukaan, tetapi semen cenderung terjadi penyusutan yang besar dan mempermudah terjadinya retak susut pada beton.
- Kepadatan (*density*) : Berat jenis semen yang di syaratkan oleh ASTM adalah  $3,15 \text{ Mg/m}^3$ . Berat jenis semen yang di produksi

berkisar antara  $3,05 \text{ Mg/m}^3$ . Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran.

- Berat jenis dan berat isi : berat jenis dan berat isi berkisar antara 3,10 - 3,30 dengan berat jenis rata-rata sebesar 3,15. BJ semen penting untuk di ketahui karena dengan mengetahui BJ semen akan dapat dilihat kualitas semen itu.
- Waktu pengikatan : waktu yang di butuhkan semen untuk mengeras mulai semen bereaksi dengan air sampai pasta semen mengeras dan cukup kaku untuk menahan tekanan.
- Kekekalan bentuk : kekekalan bentuk adalah dimana sifat dari pasta semen yang telah mengeras, dimana bila pasta tersebut dibuat bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah.
- Kekuatan semen : kuat tekan semen sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Kuat tekan semen ini merupakan gambaran kemampuan semen dalam melakukan pengikatan (daya rekatnya) sebagai bahan pengikat.
- Pengikatan awal palsu : pengikatan awal semen hanya terjadi kurang dari 60 menit, dimana setelah semen dicampur dengan air segera nampak menjadi kaku. Pengikatan ini hanya bersifat mengacau saja dan tidak mempengaruhi sifat semen yang lain.
- Panas Hidrasi : panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, di nyatakan dalam kalori/gram. Panas hidrasi bervariasi mulai 37 kalori/gram pada temperatur  $5^{\circ}\text{C}$  hingga 80 kalori/gram pada temperatur  $40^{\circ}\text{C}$ .

## 2. Sifat Kimia Semen Portland

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- Trikalsium Silikat ( $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang di singkat menjadi  $\text{C}_3\text{S}$
- Dikalsium Silikat ( $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang di singkat menjadi  $\text{C}_2\text{A}$
- Tetrakalsium Aluminoferrit ( $4\text{CO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ )
- $\text{C}_4\text{AF}$

Komposisi  $C_3S$  dan  $C_2S$  adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan adalah sifat semen, Jika senyawa-senyawa tersebut berhubungan dengan air, maka sifatnya adalah:

**Tabel 2.1** Sifat-sifat Senyawa Semen

Sifat	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$
a. Reaksi dgn air	sedang	lambat	cepat	Lambat sekali
b. Panas hidrasi (kal/gr)	120	60	207	100
c. Nilai rekatan	baik	baik	Tidak ada	Tidak ada
d. Pengembangan karena reaksi	Tidak ada	Tidak ada	ada	pasif

Komposisi kimia dari kelima type semen adalah seperti pada Tabel 2.2 di bawah ini (Nawy, 1985).

**Tabel 2.2** Komposisi Kimia Semen Portland Menurut Jenisnya

Tipe Semen	Komposisi dalam %							Karakteristik Umum
	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$	$CaSO_4$	$CaO$	$MgO$	
Tipe 1, Normal	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semen tujuan
Tipe 2, Modifikasi	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
Tipe 3, Kekuatan awal tinggi	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
Tipe 4, Panas hidrasi rendah	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Dipakai pada bendungan beton

c) Jenis – jenis semen portland

Presentase senyawa kimia semen akan menyebabkan perbedaan semen. Kandungan senyawa kimia semen yang ada pada semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Dilihat dari susunan senyawanya, portland semen di bagi menjadi lima jenis, yaitu :

1. Semen type 1, semen yang ada di alamnya penggunaannya tidak secara khusus (pemakaian secara umum). Biasanya di gunakan pada

bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

2. Semen type 2, mengandung kadar  $C_3A < 8\%$ . Semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen ini digunakan untuk bangunan dan konstruksi beton yang selalu berhubungan dengan air kotor, air tanah atau pondasi yang tertanam di dalam tanah yang mengandung garam sulfat dan saluran air limbah atau bangunan yang berhubungan langsung dengan air rawa.
  3. Semen type 3, memiliki kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  yang tinggi dan butirannya di giling sangat halus sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase pengikatan terjadi. Biasanya di gunakan untuk bangunan di daerah bertemperatur rendah (musim dingin).
  4. Semen type 4, kadar  $C_3S$  maksimum 35% dan  $C_3A$  maksimum 5%. Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Digunakan pada pekerjaan beton volume besar (beton massa) dan masif, misalnya bendung.
  5. Semen type 5, Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Biasanya digunakan pada bangunan yang selalu berhubungan dengan air laut, saluran limbah industri bangunan yang berpengaruh oleh uap kimia dan gas agresif serta untuk pondasi yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat tinggi.
- d) Jenis semen yang ada di pasaran

Meningkatnya permintaan material beton untuk dijadikan sebagai elemen struktural pada berbagai konstruksi bangunan modern, sering kali tidak hanya tertuju pada tercapainya kinerja kekuatan, tetapi juga diperlukan kinerja-kinerja lain yang dapat memberikan nilai tambah pada beton tersebut. Tercapainya kinerja kekuatan beton yang diharapkan selalu harus dibarengi dengan tingkat kemudahan pengerjaan dan pemompaan yang baik namun dengan menggunakan jumlah air yang lebih sedikit serta memiliki

keawetan jangka panjang. Beberapa diantaranya, juga sekaligus membutuhkan panas hidrasi rendah dan penundaan waktu ikat akibat pengaruh cuaca yang panas, jarak pengangkutan yang jauh, kondisi medan atau karena kondisi volume massa beton yang cukup besar.

Upaya untuk mencapai kinerja-kinerja tersebut adalah dengan menggunakan tipe semen yang lambat mengeras atau dengan mensubstitusikan bahan-bahan tambah mineral yang bersifat pozolanik pada semen dan bahkan ada yang menggunakan produk semen yang dicampur secara khusus. Penggunaan bahan-bahan admixture yang dapat mereduksi penggunaan air (*water reducing*) namun memperbaiki *workability* campuran dan sekaligus menunda waktu pengikatan (*retarding*) juga sering menjadi alternatif. Beberapa tipe semen yang ada di pasaran, antara lain :

- *Portland Pozzoland Cement* (PPC)
- *Portland Composit Cement* (PCC)
- *Ordinary Portland Cement* (OPC)

Namun Pada penelitian kali ini, Semen yang digunakan yaitu *Portland Composit Cement* (PCC). Semen portland komposit adalah 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*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit.

Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

Semen portland komposit ini memiliki persyaratan mengenai sifat kimia dan fisiknya, adapun syarat kimia untuk semen portland komposit adalah mempunyai kandungan  $SO_3$  maksimum 4.0%. Sedangkan untuk syarat fisika dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2.3** Syarat fisika semen portland komposit.

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan dengan alat blaine	m <sup>2</sup> /kg	Min. 280
2.	Kekekalan bentuk dengan autoclave : - Pemuaiian - Penyusutan	% %	Maks. 0,80 Maks. 0,20
3.	Waktu pengikatan dengan alat vicat : - Pengikatan Awal - Pengikatan akhir	Menit Menit	Min. 45 Maks. 375
4.	Kuat Tekan : - Umur 3 hari - Umur 7 hari - Umur 28 hari	Kg/cm <sup>2</sup> Kg/cm <sup>2</sup> Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 125 Min. 200 Min. 250
5.	Pengikatan Semu : - Penetrasi akhir	%	Min. 50
6.	Kandungan udara dalam mortar	% Volume	Maks. 12

Sumber : SNI-15-7064-2004 (Semen Portland Komposit).

#### 2.4. AIR

Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Tidak hanya itu, air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan-bahan kimia lain bila dipakai untuk campuran mortar/beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Berikut adalah Sumber-sumber air:

- a. Air yang terdapat di udara  
Air yang terdapat di udara atau air atmosfer adalah air yang terdapat di awan. Kemurniannya sangat tinggi.
- b. Air hujan  
Air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara ketika jatuh ke bumi.
- c. Air tanah  
Air tanah terdiri dari unsur kation dan anion.

d. Air permukaan

Air permukaan dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan dan air reservoir. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai bahan campuran beton asal tidak tercemar oleh buangan industri.

e. Air laut

Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garam pada air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut sebaiknya tidak digunakan untuk campuran beton pra-tegang atau beton bertulang karena akan mengakibatkan korosi pada tulangan.

Air digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Pada pemilihan air yang digunakan, air tersebut harus berasal dari sumber yang terbukti dapat menghasilkan beton yang terbukti memenuhi syarat.

Jika air yang digunakan dari suatu sumber belum terbukti memenuhi syarat, maka harus dilakukan uji tekan mortar yang dibuat dengan air tersebut. Bila beton akan berhubungan dengan air payau, air laut, atau air siraman dari sumber-sumber tersebut maka faktor air semen berbeda serta tebal selimut beton (lihat pasal 7.7 pelindung beton) untuk tulangan dalam peraturan beton 1989:37-39, harus dipenuhi. Tebal minimum tersebut rata-rata sekitar 50mm.

Air diperlukan dalam pembuatan mortar/beton agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya.. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Oleh karena itu persyaratan air sebagai bahan bangunan sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat sebagai berikut :

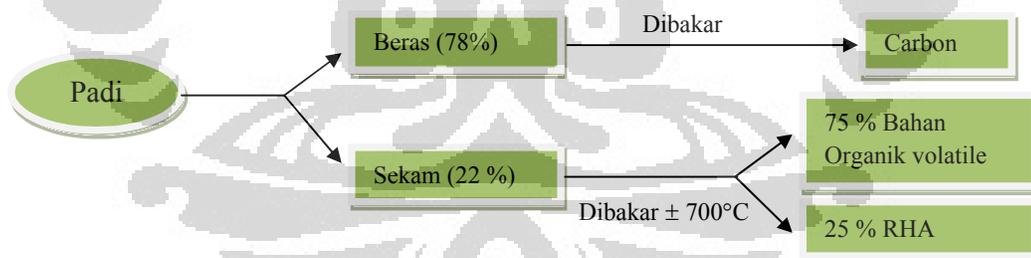
- Air harus bersih
- Tidak mengandung lumpur, minyak, benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter

- Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- Bila air meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.

## 2.5. ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*)

Pada penggilingan padi, diketahui 78% yang dihasilkan padi mengandung beras dan 22% lainnya adalah kulit atau sekam. Sekam ini digunakan sebagai bahan bakar di penggilingan padi untuk menghasilkan uap selama proses parboiling. Sekam ini berisi 75% bahan organik volatile dan sisanya 25% dari berat kulit ini diubah menjadi abu dalam proses pembakaran, yang dikenal sebagai abu sekam padi (RHA). Dan RHA mengandung sekitar 85% - 90% silika amorf.

Tambahan Abu sekam padi inilah ditemukan lebih unggul daripada bahan tambahan lainnya seperti silika fume dan terak flyash. Ini dikarenakan aktivitas pozzolan pada abu sekam padi yang tinggi, baik kekuatan dan daya tahan pada beton. Untuk mengkonversi abu sekam padi ini menjadi bahan pozzolan aktif, kondisi tertentu dengan metode produksi dan pengolahan yang terkendali harus benar-benar diikuti.



**Gambar 2.4** Proses pembuatan abu sekam padi.

Abu sekam padi dihaluskan hingga 200-400 mesh (British Standar) atau lolos saringan No.200 – 400 (ASTM). Sekam padi yang sudah dihaluskan tersebut dibakar sampai temperatur 700°C sesuai dengan kemampuan tungku (*furnace*) yang ada sehingga menjadi abu sekam padi. Berikut adalah standar partikel yang diatur pada ASTM maupun British Standar :

Tabel 2.4 Particle Size, Mesh Size and Grit No.

Particle Size , Mesh Size and Grit No			
ISSpecification	British Standard	American Standard	Grit No
IS.460.62	Specification. BS410.60	Specification. ASTM.E 11,79	
5.60 mm	3 mesh	No.3	--
4.75 mm	3.5 mesh	No.4	--
4.00 mm	4 mesh	No.5	--
3.35 mm	5 mesh	No.6	--
2.80 mm	6 mesh	No.7	--
2.36 mm	7 mesh	No.8	--
2.00 mm	8 mesh	No.10	--
1.70 mm	10 mesh	No.12	--
1.40 mm	12 mesh	No.14	--
1.18 mm	14 mesh	No.16	--
1.00 mm	16 mesh	No.18	--
850 microns	18 mesh	No.20	--
710 microns	22 mesh	No.25	24
600 microns	25 mesh	No.30	30
500 microns	30 mesh	No.35	36
425 microns	36 mesh	No.40	--
355 microns	44 mesh	No.45	46
300 microns	52 mesh	No.50	54
250 microns	60 mesh	No.60	60
212 microns	72 mesh	No.70	70
180 microns	85 mesh	No.80	80
150 microns	100 mesh	No.100	90
125 microns	120 mesh	No.120	100
106 microns	150 mesh	No.140	120
90 microns	170 mesh	No.170	--
75 microns	200 mesh	No.200	150
63 microns	240 mesh	No.230	180
53 microns	300 mesh	No.270	220
45 microns	350 mesh	No.325	--
38 microns	400 mesh	No.400	300
32 microns	450 mesh	No.450	340
25 microns	500 mesh	No.500	380
20 microns	635 mesh	No.635	450

Analisis kimia untuk abu sekam padi yang dilakukan pada Laboratorium *Material Science* Universitas Indonesia menunjukkan kandungan silika oksida yang cukup tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Komposisi kimia abu sekam padi

Senyawa Kimia	Jumlah ( % berat )
SiO <sub>2</sub>	93.4408
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1031
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.0129
S	0.2227
K <sub>2</sub> O	3.4808
CaO	0.7193
TiO <sub>2</sub>	0.0946
MnO <sub>2</sub>	0.2285
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6800
ZnO	0.0173

Sumber : PT Hakiki.

## 2.6. CONCRETE SLUDGE WASTE (CSW)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, *Concrete Sludge Waste* adalah limbah hasil pengecoran yang masih tertinggal pada dinding Admixture Truck (mobil molen). Pada saat mobil Kembali ke batching plant, mobil dicuci dan dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel. Dari pencucian inilah didapat dua limbah, yaitu limbah cair dan limbah padat yang dipisahkan dalam dua bak penampungan berbeda. CSW adalah limbah padat berupa adukan beton yang belum mengeras. CSW yang masih dalam keadaan basah inilah dikeringkan pada suhu kering udara. Setelah cukup kering, maka proses selanjutnya adalah penumbukkan dengan mesin Abrasi sehingga butiran-butirannya lebih halus.

Penelitian tentang CSW memang sudah lama dilakukan dan hasilnya sudah banyak dimanfaatkan oleh sebagian orang, akan tetapi hal ini masih belum maksimal karena mutu yang dihasilkan belum sesuai yang diharapkan. Sehingga penelitian demi penelitian pun dilakukan. Dalam penelitian ini dicoba kembali dengan mencampurkan CSW dengan Abu sekam padi dengan komposisi Semen, Agregat 1 : 3. Dari hasil analisis yang dilakukan di laboratorium kimia Universitas Indonesia limbah adukan beton memiliki kandungan kimia seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2.6** Kandungan senyawa kimia pada limbah adukan beton

No	Senyawa	Persentase (%)
1	MgO	1,82
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,56
3	SiO <sub>2</sub>	35,57
4	S	0,57
5	K <sub>2</sub> O	0,71
6	CaCO <sub>3</sub>	48,07
7	TiO <sub>2</sub>	0,59
8	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11
9	MnO <sub>2</sub>	0,19
10	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,75

### 2.6.1. Kuat Tekan

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, misalnya ASTM C270 mencantumkan syarat sebagai berikut :

a. Adukan *Type M*.

Yaitu jenis adukan dengan kuat tekan yang tinggi dipakai untuk tembok bata bertulang, tembok dekat tanah/pasangan pondasi. Kuat tekan minimum 2500 Psi atau +175 Kg/cm<sup>2</sup>.

b. Adukan *Type S*.

Yaitu jenis adukan dengan kekuatan yang sedang, dipakai bila tidak disyaratkan menggunakan *Type M*, tetapi diperlukan daya rekat tinggi serta adanya pengaruh gaya samping. Kuat tekan minimum 124 Kg/cm<sup>2</sup>.

c. Adukan *Type N*.

Yaitu jenis adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk aduk pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimum 52,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

d. Adukan *Type O*.

Yaitu jenis adukan dengan kekuatan yang agak rendah, dipakai untuk konstruksi tembok yang tidak menahan beban tekan tidak lebih dari 7 Kg/cm<sup>2</sup> dan gangguan cuaca tidak berat. Kuat tekan minimum 24,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

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

Dimana :  $P_{\max}$  = beban maksimum dalam Newton atau Kgf  
 $A$  = luas bidang tekan benda uji, mm<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>

### 2.6.2. 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/particle density*) dan kerapatan curah (*bulk density*). Pada penelitian ini Mortar 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 :

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

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

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)

### 2.6.3. 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 **ASTM C 1403-00** adalah :

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

Dimana :

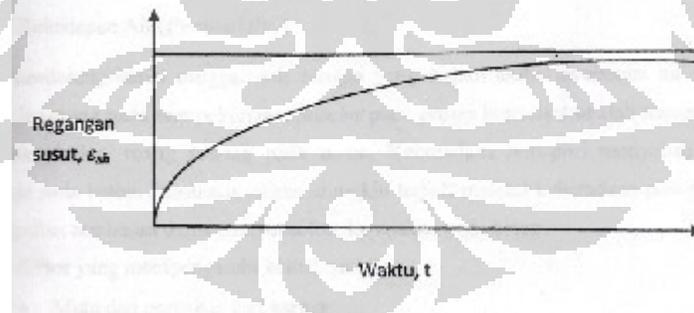
$W_t$  = berat benda uji pada waktu T (gram).

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

#### 2.6.4. Susut (*Shrinkage*)

*Shrinkage* adalah sifat mortar yang berupa mengecilnya volume mortar akibat berkurangnya kandungan air yang tidak berhubungan dengan pembebanan. Perubahan suhu pada mortar selama pengikatan dan proses pengerasan yang disebabkan adanya hidrasi semen oleh air menyebabkan terjadinya efek pemuaian pada mortar. Perubahan suhu tersebut dapat menyebabkan adanya muai susut pada mortar yang nantinya dapat mengakibatkan timbulnya retak rambut pada mortar.

Susut adalah sifat yang tidak reversible. Jika mortar yang sudah benar-benar susut kemudian dijenuhkan dengan air, maka tidak akan tercapai volume asalnya. Gambar grafik 2.8 menunjukkan pertambahan regangan susut ( $\epsilon_{sh}$ ) terhadap waktu (t). Laju perubahannya berkurang terhadap waktu, karena semakin besar umur mortar maka akan semakin besar ketahannya terhadap regangan dan semakin sedikit mengalami susut.



**Gambar 2.5.** Grafik Hubungan Regangan Susut ( $\epsilon_{sh}$ ) terhadap waktu (t)

Faktor- faktor yang mempengaruhi penyusutan antara lain:

- a. kualitas dan komposisi masing-masing material penyusun.
- b. Kondisi curing
- c. kelembapan udara sekitar.

Nilai susut mortar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Perubahan panjang} = \frac{(L_1 - L_0)}{\text{panjang benda uji (mm)}} \times 100\%$$

Dimana :

$L_1$  = pembacaan panjang benda uji pada tiap umur pengujian

$L_0$  = pembacaan panjang benda uji pada umur 24 jam

## 2.7. PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN

Penelitian demi penelitianpun telah dilakukan, pada tahun 2009 mengenai penambahan abu sekam padi pada pasta semen dengan berat abu sekam padi sama dengan berat semen yaitu 50% abu sekam padi dicampurkan dengan 50% semen, dengan variasi pasta semen campuran yang dibedakan berdasarkan faktor air semen (FAS) yaitu FAS 0.6, 0.7 dan 0.8 terhadap berat jenis pasta, didapatkan :

- Kuat tekan pasta semen campuran abu sekam padi mengalami penurunan terhadap pasta semen normal. Kuat tekan pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi berada dinilai FAS 0.7 yaitu pada nilai kuat tekan  $f_c' = 26,5$  MPa.
- Kuat tarik pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi berada dinilai FAS 0.7 yaitu pada nilai kuat tarik  $f_{ct} = 0,653$  MPa.

Dengan menggunakan grafik yang diinterpolasi maka didapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi di peroleh pada faktor air semen 0,68. Abu sekam padi bisa menghemat penggunaan semen karena dengan pasta semen campuran abu sekam disini bisa menghemat penggunaan semen hingga 50% dan tetap memenuhi standard kekuatan acian sesuai dengan ASTM C 109 yaitu kekuatan acian berkisar dari 3,6 MPa-7,2 MPa, sedangkan untuk pasta semen campuran abu sekam disini kekuatannya sudah melebihi dari 8 MPa (Kusumantara, D., 2009).

Penelitian Lanjutan juga telah dilakukan tahun 2010, akan tetapi komposisi mortar terdiri dari Semen, Abu Sekam Padi dan PSB. Dari campuran 30% PCC dan 70% PSB yang memiliki faktor air mortar sebesar 0.1 dan campuran mortar 30% PCC, 30% ASP, 40% PSB yang memiliki faktor air mortar sebesar 0.5 didapatkan :

- Campuran 30% PCC dan 70% PSB untuk semen *Type 1* dan *Type 2* mencapai kuat tekan maksimum 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, 30% ASP, 40% PSB untuk semen *Type 1* dan *Type 2* mencapai kuat tekan maksimum sebesar 14.367 MPa dan 12.701 MPa pada umur 90 hari.
- Terjadi penurunan kuat tekan dikarenakan penambahan abu sekam padi yang terlalu 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.
- $f'_c$  mortar campuran 30% PCC 70% PSB untuk semen *Type 1* = 55.954 MPa pada umur 28 hari
- $f'_c$  mortar campuran 30% PCC 70% PSB untuk semen *Type 2* = 54.080 MPa pada umur 28 hari
- $f'_c$  mortar campuran 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen *Type 1* = 8.996 Mpa pada umur 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 83.93% terhadap campuran 30% PCC, 70% PSB untuk semen *Type*
- $f'_c$  mortar campuran 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen *Type 2* = 9.114 MPa, pada umur 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 83.15% terhadap campuran 30% PCC, 70% PSB untuk semen *Type 2*. Berdasarkan **ASTM C-270-73** mortar campuran 30% PCC 30% ASP 40% PSB digolongkan kedalam tipe N yaitu jenis adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk aduk pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimum 52,5 Kg/cm<sup>2</sup>. (Anagyagos, N., 2011).

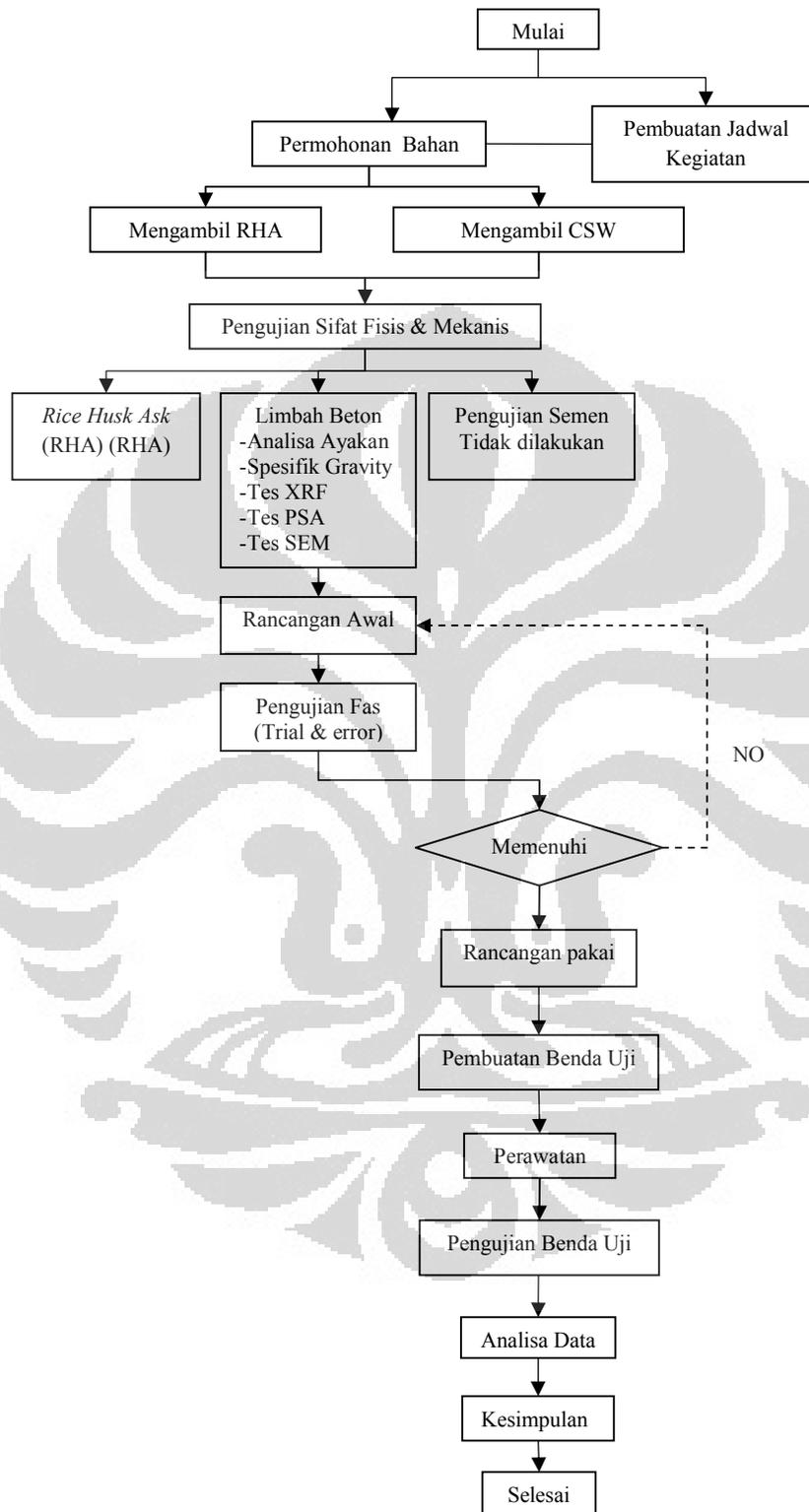
## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. RANCANGAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini mortar yang akan diteliti terdiri dari campuran semen *Portland Composite Cement* (PCC), *Rice Husk Ask* (RHA), dan *Concrete Sludge Waste* (CSW). Campuran tersebut akan dibuat dengan perbandingan Semen , Agregat (CSW + RHA) 1 : 3 yang kemudian diteliti sifat mekanik dari mortar tersebut.

*Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) perlu dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui kandungan kimia bahan, pengujian dilakukan di Laboratorium *Material Science* Universitas Indonesia sedangkan Semen portland komposit yang digunakan tidak dilakukan pengujian fisik dan kimia karena dianggap sudah memenuhi standar.

Sebagai awalan 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 yang telah dicampur ASP yang bertujuan seberapa besar prosentase kandungan RHA pada mortar untuk mencapai kuat tekan optimum, begitu pula dengan CSW. Setelah mendapatkan Nilai optimum dari kedua bahan, maka selanjutnya dilakukan pencampuran keduanya dengan komposisi Semen, Agregat 1 : 3. Benda uji akan di test sesuai dengan umur pengujiannya, yang kemudian akan dianalisa dan dibuat kesimpulannya. Semua tahapan-tahapan proses penelitian ini dibuat *flowchart* seperti dibawah ini.



**Gambar 3.1** Flowchart penelitian.

**Tabel 3.1** Peta penelitian secara umum.

Kode	Perbandingan berat (%)				% air terhadap berat semen	Tes tekan umur (hari)					Jumlah benda uji
	Semen	RHA	PASIR	CSW		3	7	14	28	56	
CHWM131	25%		75%		110%	5bh	5bh	5bh	5bh	5bh	25bh
	92%	8%	30%	70%							
CHWM132	25%		75%		112%	5bh	5bh	5bh	5bh	5bh	25bh
	92%	8%	60%	40%							
CHWM133	25%		75%		105%	5bh	5bh	5bh	5bh	5bh	25bh
	92%	8%	50%	50%							
CHWM134	25%		75%		115%	5bh	5bh	5bh	5bh	5bh	25bh
	92%	8%	40%	60%							
CHWM135	25%		75%		117%	5bh	5bh	5bh	5bh	5bh	25bh
	92%	8%	70%	30%							

### 3.2. BAHAN PEMBENTUK MORTAR

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

1. Semen
  - Jenis : Semen *Portland Composite Cement* (PCC).
  - Merk : Semen *Type 1*.
2. *Rice Husk Ask* (RHA)
  - Asal : Indramayu.
  - Sumber : PT. HAKIKI.
3. *Concrete Sludge Waste* (CSW)
  - Sumber : PT Holcim, Tbk
4. Air
  - Jenis : Air PAM.
  - Sumber : Laboratorium Stuktur dan Material.

### 3.3. ALAT-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 pasta semen.

3. Baskom dan cawan

Baskom digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan bahan susun adukan mortar semen

4. Sendok spesi

Sendok spesi digunakan untuk mengaduk pasta semen

5. Cetakan mortar

Cetakan kubus dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm yang digunakan untuk pengujian kuat tekan mortar semen.

6. Jangka sorong.

Jangka sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji

7. Mesin aduk mortar

Mesin dengan motor listrik, berkapasitas 2 liter, digunakan untuk mengaduk mortar segar

8. Alat uji tekan

Alat uji tekan yang digunakan adalah mesin uji desak (*Crushing test Machine*).

9. Saringan logam 4,75 mm

Saringan yang digunakan untuk pengetesan pasta segar

10. Penetrometer, cetakan kubus 15mm x 15mm x 15mm dan cawan logam

Alat yang digunakan untuk setting time

### 3.4. PENGUJIAN PENDAHULUAN

Sebelum pembuatan benda uji dimulai terlebih dahulu akan dilakukan pengujian pendahuluan untuk mengetahui sifat-sifat dari campuran. Pengujian tersebut adalah Pengujian sifat agregat (CSW dan RHA) , lalu pengujian konsistensi untuk mengetahui *workability* dan mendapatkan faktor air semen (FAS) yang sesuai standar dan pengujian *setting time* untuk mengetahui waktu ikat yang terjadi pada campuran.

Pengujian campuran awal dilakukan dalam tiga tes, yaitu tes terhadap pasta semen dengan campuran semen dan *Rice Husk Ask* (RHA), semen dan *Concrete*

*Sludge Waste* (CSW) serta campuran semen, *Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW).

Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dengan jumlah 20 benda uji pada masing masing campuran, dibagi menjadi 5 benda uji pada masing – masing umur pengujian.

#### 1. Tes pasta semen campuran *Rice Husk Ask* (RHA)

Tes ini bertujuan untuk menentukan komposisi campuran semen dan *Rice Husk Ask* (RHA) yang optimum, yang diukur berdasarkan kuat tekan terhadap umur untuk setiap komposisi campuran. Campuran ini diberi kode CRHA, dengan dua angka terakhir menunjukkan %RHA.

**Tabel 3.2** Campuran pasta semen dan *Rice Husk Ask* (RHA)

Kode	Perbandingan berat (%)		% air terhadap berat semen	Tes tekan umur (hari)				Jumlah benda uji
	Semen	RHA		3	7	14	28	
CRHA00	100	0	35%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CRHA06	94	6	41%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CRHA08	92	8	42%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CRHA10	90	10	45%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CRHA12	88	12	48%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh

Nilai prosentase air diatas diambil dengan melakukan uji konsistensi yang mengacu pada peraturan ASTM C 305-99

#### 2. Tes pasta semen campuran *Concrete Sludge Waste* (CSW)

Tes ini bertujuan untuk menentukan komposisi campuran semen dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) optimum, yang diukur berdasarkan kuat tekan terhadap umur untuk setiap komposisi campuran.

**Tabel 3.3** Campuran pasta semen dan *Concrete Sludge Waste* (CSW)

Code	Perbandingan berat (%)		% air terhadap berat semen	Tes tekan umur (hari)				Jumlah benda uji
	Semen	Csw		3	7	14	28	
CCSW11	50	50	52%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CCSW12	33,33	66,67	65%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CCSW13	25	75	80%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CCSW14	20	80	105%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
CCSW15	16,67	83,33	130%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh

Nilai prosentase air diatas diambil dengan melakukan uji konsistensi yang mengacu pada peraturan ASTM C 305-99

### 3. Tes campuran semen + *Rice Husk Ask* (RHA) + *Concrete Sludge Waste* (CHWP)

Tes ini bertujuan untuk menentukan komposisi campuran semen, *Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) optimum, yang diukur berdasarkan kuat tekan terhadap umur untuk setiap komposisi campuran.

**Tabel 3.4** Campuran pasta semen *Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW)

Kode	Perbandingan berat (%)			% air terhadap berat semen	Tes tekan umur (hari)				Jumlah benda uji
	Semen	RHA	CSW		3	7	14	28	
CHWP11	50%		50%	111.25%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
	45%	5%							
CHWP12	33,33%		66,67%	108.75%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
	30%	3,33%							
CHWP13	25%		75%	106.25%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
	22,5%	2,5%							
CHWP14	20%		80%	108.75%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
	18%	2%							
CHWP15	16,67%		83,33%	109.25%	5bh	5bh	5bh	5bh	20bh
	15%	1,67%							

Nilai prosentase air diatas diambil dengan melakukan uji konsistensi yang mengacu pada peraturan ASTM C 305-99.

#### 3.4.1. Pengujian Sifat Agregat (CSW dan RHA)

##### 3.4.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

###### a. Prosedur Pengujian

Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu (  $110 \pm 5$  )°C sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, dikeringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai kering permukaan (SSD). Keadaan SSD diperiksa dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung,

dipadatkan sebanyak 25 kali, angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji lerengnya runtuh akan tetapi tingginya masih tetap. Setelah tercapai keadaan SSD, ambil benda uji sebanyak  $\pm 500$  gr (Bssd) masukkan kedalam piknometer. Air suling dimasukkan sebanyak 90 % dari isi picnometer, diputar sambil diguncang-guncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

Untuk mempercepat dapat digunakan pompa hampa udara atau dengan cara merebus picnometer. Picnometer direndam dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar  $25^{\circ}$  C. Air ditambahkan sampai pada batas tertentu, kemudian timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gr (BT). Benda uji dikeluarkan, dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}$ C sampai berat tetap, kemudian benda uji dikeringkan dalam desikator. Setelah benda uji dingin lalu ditimbang (BK). Tentukan berat picnometer berisi air penuh dan suhu air diukur guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^{\circ}$ C (B).

b. Perhitungan

$$\begin{aligned} - \text{ Berat Jenis} &= \frac{Bk}{(B + Bssd - BT)} \\ - \text{ BJ Semu} &= \frac{Bk}{(B + BK - BT)} \\ - \text{ BJ SSD} &= \frac{Bssd}{(B + Bssd - BT)} \\ - \text{ Penyerapan Air} &= \frac{Bssd - Bk}{Bk} \times 100\% \end{aligned}$$

Bk = Berat benda uji kering oven (garm)

Bssd= Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

B = Berat piknometer + air (gram)

BT = Berat piknometer + benda uji + air (gram)

### 3.4.1.2 Pengujian Berat Isi

#### a. Prosedur Pengujian

##### - Berat Isi Lepas

Silinder ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_1$ ), serta diukur volumenya ( $V$ ). Benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata. Wadah ditimbang dan dicatat isinya ( $W_2$ ), kemudian menghitung berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).

##### - Berat Isi Padat

Agregat dengan ukuran butiran maksimum 38,1 mm dengan cara penusukan. Silinder ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_1$ ), kemudian silinder /wadah diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata, dan pada pemadatan tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan. Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian ditimbang dan dicatat berat wadah serta benda uji ( $W_4$ ) dan hitung berat benda uji ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

Agregat dengan diameter butiran antara 38,1 mm sampai 101,6 mm dengan penggoyangan.

Silinder ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_1$ ), kemudian wadah diisi dengan benda uji dalam lapisan yang sama tebal. Setiap lapisan dipadatkan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut :

- Letakkan wadah diatas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira 5 cm, kemudian lepaskan.
- Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan, padatkan setiap lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisinya.

Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata, kemudian timbang dan catat berat wadah beserta benda uji ( $W_4$ ) dan hitung berat benda uji ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

### 3.4.1.3. Pengujian Analisa Ayak

#### a. Prosedur Pengujian

Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ , sampai berat tetap, kemudian timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas dan letakkan pan pada bagian bawah. Agregat dimasukkan dari bagian atas, tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan, kemudian susunan saringan diletakkan dalam mesin penggetar saringan (sieve shaker). Mesin penggetar saringan dijalankan selama  $\pm 15$  menit dan ditimbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

#### b. Perhitungan

Rumus :

- Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
- Menghitung persentase tertahan komulatif
- Menghitung angka kehalusan ( Fineness Modulus )  

$$\text{FM} = (\Sigma\% \text{ tertahan komulatif diatas ayakan } 0,15 \text{ mm}):100$$
  - Menghitung persentase lolos komulatif
  - Gambarkan grafik gradasi agregat

### 3.4.1.4 Pengujian Kadar Lumpur

#### a. Prosedur Pengujian

Benda uji dimasukkan dengan berat seperti tertera dalam table , lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ , sampai berat tetap, kemudian ditimbang ( $W_1$ ). Benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam, Air cucian tersebut diaduk dalam wadah sehingga lumpur yang menempel pada agregat lepas, Air cucian dituang ke dalam susunan saringan no.16 dan no.200. pada waktu menuangkan air cucian diusahakan agar bahan kasar tidak ikut tertuang. air pencuci baru dimasukkan,dan pekerjaan diatas diulang sampai air cucian menjadi bersih. Semua bahan yang tertahan diatas saringan no.16 dan no.200 dikembalikan kedalam wadah, seluruh

bahan dimasukkan tersebut kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2) dan dikeringkan dalam oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3), kemudian hitung berat bahan kering tersebut (  $W4 = W3 - W2$  ).

b. Perhitungan

Rumus :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100$$

3.4.1.5 Uji Kadar Air

a. Prosedur Pengujian

Berat talam ditimbang dan dicatat (W1), kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2). Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ), lalu benda uji dikeringkan beserta talam dalam oven dengan suhu (  $110 \pm 5$  )°C, sampai berat tetap. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4), dan hitung berat benda uji kering ( $W5 = W4 - W1$ ).

b. Perhitungan

Rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(W3 - W5)}{W3} \times 100\%$$

**3.4.2. Pengujian Konsistensi**

a. Data Teknis

Jenis Percobaan : Konsistensi Normal dengan *Flow Table*

Referensi : ASTM C-305-82

b. Tujuan

Untuk menentukan jumlah air yang optimum agar menghasilkan mortar yang mudah dikerjakan.

c. Dasar Teori

Jumlah air yang digunakan untuk campuran mortar erat sekali hubungannya dengan sifat kemudahan dan keenakan untuk dikerjakan. Karena konsistensi/keleccakan 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 dari suatu mortar, perlu dilakukan suatu pengujian.

Di dalam 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%.

d. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan :

1. Mesin pengaduk mortar
2. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
3. Gelas ukur
4. Peralatan *flow table* lengkap dengan jangka sorong
5. *Stopwatch*
6. Cawan
7. Sendok aduk
8. Spatula
9. Sarung tangan

Bahan yang digunakan :

1. Bahan perekat hidrolis/semen PCC
2. *Concrete Sludge Waste* (CSW)
3. *Rice Husk Ask* (RHA)
4. Air

e. Prosedur Pengujian

- Pembuatan Mortar

1. Timbang campuran semen, *Rice Husk Ask* (RHA), dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) sesuai perbandingan volume, kemudian

tambahkan air dengan persentasi FAS yang akan dicoba (*trial & error*).

2. Letakkan mangkuk pengaduk dan pengaduk pada posisinya dalam mesin pengaduk.
  3. Masukkan semua air pengaduk ke dalam mangkuk pengaduk.
  4. Tambahkan semen ke dalam mangkuk pengaduk.
  5. Jalankan pengaduk pada kecepatan rendah ( $140 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
  6. Tanpa mematikan mesin masukkan pasir perlahan-lahan selama 30 detik. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah kekecepatan sedang ( $285 \pm 5$  rpm) dan jalankan selama 30 detik.
  7. Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
  8. Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk di dorong ke bawah.
- Penentuan Konsistensi
1. Persiapkan *flow table*, cetakan, penumbuk, *stopwatch*, dan jangka sorong.
  2. Segera setelah selesai pengadukan, mortar diisikan ke dalam cetakan dalam 2 lapis. Tiap lapis ditumbuk 20 kali. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan.
  3. Cetakan diangkat tegak lurus secara perlahan-lahan.
  4. 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*.
  5. Ukur pelebaran mortar dengan jangka sorong pada tempat-tempat yang telah ditentukan pada *flow table*.

## f. Perhitungan

## 1. Menggunakan jangka sorong :

Ukur diameter mortar setelah pengujian (diketuk), pada 4 (empat) tempat, lalu di rata-ratakan  $D_1$  mm

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

$$D_1 = \frac{(D_a + D_b + D_c + D_d)}{4} \text{ (mm)}$$

$D_a$ - $D_d$  = diameter mortar pada empat posisi.

$D_0$  = Diameter awal (dasar kerucut/cetakan) (mm)

## 2. Menggunakan Caliper khusus :

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

$$\text{Nilai Flow} = D_a + D_b + D_c + D_d \quad (\%)$$

## g. 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**

## a. Data Teknis

Jenis Percobaan : Pengujian Waktu Ikat  
 Referensi : ASTM C-1117-89

## b. Tujuan

Tujuannya adalah untuk mengetahui kapan semen mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, semen tidak boleh diganggu lagi ataupun dirubah kembali kedudukannya.

## c. Dasar Teori

Waktu ikat pada semen ada dua macam, yaitu awal dan akhir. Waktu ikat awal yaitu mulai semen bereaksi dengan air dalam keadaan plastis menjadi bentuk tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir yaitu mulai semen bereaksi dengan air dalam keadaan plastis menjadi keras.

Keras disini artinya relatif karena seperti diketahui pengerasan semen berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

Arti keras disini ialah bahwa jika semen telah mencapai waktu ikat akhir cetakan untuk membuat benda yang dibuat dari semen sudah boleh dibongkar, tetapi tidak boleh dibebani, baik oleh berat sendiri ataupun berat lainnya. Dari kedua pengujian waktu ikat yang paling penting adalah waktu ikat awal, karena jika kita mengetahui waktu ikat awal maka setelah waktu ikat awal tercapai semen tersebut sudah tidak boleh digetar ataupun diubah kembali bentuknya.

Waktu ikat pada semen sangat dipengaruhi oleh sifat kimia pada semen tersebut. Di dalam semen terdapat empat senyawa utama yaitu  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ . Jika semen terlalu banyak mengandung  $C_3S$  dibandingkan dengan senyawa  $C_2S$  maka semen tersebut akan cepat mengeras. Selain sifat kimia sifat fisik juga mempengaruhi, makin halus butiran suatu semen maka makin cepat bereaksi dengan air, sehingga pengikatanpun akan lebih cepat pula. Selain dipengaruhi oleh bahan, pengikatan juga dipengaruhi oleh faktor luar yaitu suhu lingkungan, kecepatan angin serta kelembaban udara disekitarnya.

Waktu ikat pada semen sangat mempengaruhi pengerjaan pada semennya ataupun pada betonnya. Waktu ikat yang terlalu cepat akan menyulitkan pekerjaan, demikian pula pengikatan yang terlalu lama akan memperlambat pekerjaan.

d. Peralatan

1. Saringan logam 4.75 mm
2. Cawan dari logam
3. Sendok aduk, sarung tangan karet yang tidak menyerap air
4. Penetrometer
5. Cetakan kubus
6. Alat pemadat
7. *Stopwatch*
8. Mistar perata

e. Prosedur Pengujian

1. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas
2. Dengan memakai sarung tangan, ambil pasta semen dan dikepal-kepalkan membentuk seperti bola supaya plastis.
3. Lempar-lemparkan dari satu tangan ke tangan lain sebanyak 6 kali dengan jarak lemparan kira-kira 15 cm.
4. Isikan pasta semen tadi ke dalam cincin konik dari bagian bawahnya, kemudian tekan dengan plat kaca, sehingga mengisi seluruh cincin konik.
5. Ratakan permukaan pasta semen sama dengan permukaan atas cincin konik dengan cara mengikis memakai spatula.
6. Letakkan cincin konik yang berisi pasta semen di dalam ruang yang lembab selama 30 menit tanpa terjadi kerusakan.
7. Tempatkan cincin konik berisi benda uji di bawah jarum vicat Ø1 mm dan sentuhkan jarum vicat tadi dengan permukaan benda uji, kemudian atur skala pada pesawat vicat pada kedudukan nol (0).
8. Lepaskan pemegang jarum, sehingga jarum vicat jatuh bebas menembus benda uji selama 30 detik. Hitung penurunannya berdasarkan angka yang tertera pada skala.
9. Lakukan langkah 7 dan 8 berulang-ulang dengan interval waktu 30, 15, 10, dan 5 menit sampai didapat penetrasi jarum Ø 1 mm sedalam 25 mm pada benda uji. Pada saat itu waktu ikat awal semen dinyatakan tercapai, catat waktunya dimulai dari pengadukan, sebagai waktu ikat awal semen. Jika pada waktu pengujian penetrasi jarum Ø 1 mm mendekati 25 mm maka interval waktu pengujian dapat dikurangi.
10. Lakukan pengujian 3 kali dengan letak titik penetrasi yang berbeda-beda pada interval waktu tertentu yang sama. Jarak antar titik minimal 6,4 mm dan jarak dari tepi cincin konik ke titik terdekat minimal 9,5 mm. Apabila penetrasi 25 mm terlewati, tentukan waktu ikat awal semen menggunakan grafik.

11. Jika waktu ikat awal sudah tercapai, ganti jarum  $\emptyset$  1 mm dengan jarum  $\emptyset$  1 mm “bersepatu” untuk mendapatkan waktu ikat akhir.
12. Tempatkan cincin konik berisi benda uji di bawah jarum vikat  $\emptyset$  1 mm “bersepatu” dan sentuhkan jarum vikat tadi dengan permukaan benda uji, kemudian atur skala pada pesawat vikat pada kedudukan nol (0).
13. Lepaskan pemegang jarum, sehingga jarum vikat jatuh bebas menembus benda uji selama 30 detik. Hitung penurunannya berdasarkan angka yang tertera pada skala.
14. Lakukan 2 langkah sebelumnya berulang-ulang dengan letak titik penetrasi yang berbeda-beda sampai permukaan sepatu tidak membekas pada permukaan semen. Pada saat itu waktu ikat akhir semen dianggap tercapai. Catat waktunya dimulai dari pengadukan, sebagai waktu ikat akhir semen.

f. Perhitungan

Waktu ikat awal tercapai jika setelah 30 detik jarum  $\emptyset$  1 mm masuk ke dalam pasta semen sedalam 25 mm. Waktu ikat akhir tercapai apabila setelah jarum  $\emptyset$  1 mm “bersepatu” turun 30 detik di atas permukaan pasta semen tidak tercetak bekas jarum. Catatlah waktu terjadinya waktu ikat awal dan waktu ikat akhir.

### 3.5. PENGUJIAN MEKANIK MORTAR

Setelah melakukan pengujian pendahuluan dan didapatkan kadar FAS yang optimum sesuai syarat *workability* maka dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan, pengujian *density*, pengujian absorpsi dan pengujian susut. Setelah itu dilakukan perawatan benda uji. Benda uji akan di test sesuai dengan umur pengujiannya, yang kemudian akan dianalisa dan dibuat kesimpulannya.

#### 3.5.1. Pengujian Kuat Tekan

a. Data Teknis

Jenis Percobaan : Kuat Tekan Mortar  
 Referensi : ASTM C 579-01

b. Tujuan

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

c. Dasar Teori

Kekuatan tekan mortar semen adalah muatan atau beban maksimum yang dapat dipikul oleh mortar semen persatuan luas. Cara yang digunakan untuk menguji kuat tekan mortar semen adalah dengan menggunakan mesin tekan.

Prinsip pengujian kuat tekan mortar semen dengan alat mesin tekan adalah untuk mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satu satuan luas pasta semen keras (benda uji) sampai benda uji itu hancur atau rusak. Bentuk dari benda uji yang digunakan untuk menguji kekuatan tekan mortar semen 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 makin 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.

d. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan :

1. Mesin pengaduk mortar dan perlengkapannya
2. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
3. Gelas ukur
4. *Stopwatch*
5. Cetakan kubus 50 x 50 x 50 mm
6. Batang penumbuk
7. Spatula
8. Sendok aduk
9. Cawan

## 10. Mesin uji tekan

Bahan yang digunakan :

1. Bahan perekat hidrolis/semen PCC
2. *Concrete Sludge Waste* (CSW)
3. *Rice Husk Ask* (RHA)
4. Air

### e. Prosedur Pengujian

- Tentukan terlebih dahulu komposisi adukan sesuai kebutuhan dalam perbandingan berat. Tentukan jumlah air pencampur sesuai konsistensi normal.
- Pembuatan benda uji :
  1. Timbang bahan sesuai dengan komposisi yang direncanakan.
  2. Masukkan air pencampur ke dalam mangkuk pengaduk.
  3. Masukkan semen. Jalankan mesin dengan kecepatan rendah ( $145 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
  4. Tanpa mematikan mesin masukkan *Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) perlahan-lahan selama 30 detik.
  5. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah ke kecepatan sedang ( $285 \pm 5$  rpm) dan jalankan selama 30 detik.
  6. Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
  7. Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk didorong ke bawah.
- Pencetakan benda uji :
  1. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
  2. 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.

3. 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.
  4. Ulangi langkah di atas untuk lapis kedua dari tiap cetakan.
  5. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan dengan menggunakan spatula.
- Penyimpanan benda uji :
1. Segera setelah selesai pencetakan benda uji dan cetakannya diletakkan di tempat lembab (RH 95%) selama 20-24 jam. Suhu berkisar 20°-27°C.
  2. Setelah 24 jam, lepaskan benda uji dari cetakannya dan rendam dalam air pada suhu ruang sampai waktu pengujian. Suhu berkisar 23°±1,7°C.
  3. Air perendam harus bebas dari minyak, lumpur dan bahan kimia yang dapat merusak semen.
- Pengujian kuat tekan :
1. Pada saat pengujian keluarkan benda uji dari rendaman. Seka air yang berlebihan dan biarkan benda uji sampai kering udara.
  2. Ukur rusuk-rusuk kubus dengan teliti dan hitung luas bidang yang akan ditekan.
  3. Letakkan benda uji pada tengah-tengah bidang landasan (plat) baja penekan pada mesin tekan lalu atur agar permukaan bidang kubus terjepit antara dudukan dan landasan penekan mesin tekan.
  4. Jalankan mesin sehingga memberikan pembebanan yang merata dan terus menerus pada benda uji dengan kecepatan pembebanan 41Mpa/menit, atau beban maksimum tercapai dalam waktu tidak kurang dari 20 detik. Catat beban maksimum dalam satuan Newton atau Kgf.
  5. Hitung kuat tekan.
- f. 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,  $\text{mm}^2$  atau  $\text{cm}^2$

### 3.5.2. Pengujian Absorpsi

a. Data Teknis

Jenis Percobaan : Absorpsi Mortar Semen

Referensi : ASTM C 1403-00

b. Tujuan

Untuk mengetahui nilai penyerapan air dari mortar dengan benda uji kubus  $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ .

c. Dasar Teori

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  $\frac{1}{4}$  jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam.

d. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan :

1. Mesin pengaduk mortar dan perlengkapannya
2. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
3. Gelas ukur
4. *Stopwatch*
5. Batang penumbuk
6. Spatula
7. Sendok aduk
8. Besi dudukan benda uji
9. Wadah berisi air

Bahan yang digunakan :

1. Bahan perekat hidrolis/semen PCC
2. *Concrete Sludge Waste (CSW)*
3. *Rice Husk Ask (RHA)*
4. Air

e. Prosedur Pengujian

- Tentukan terlebih dahulu komposisi adukan sesuai kebutuhan dalam perbandingan berat. Tentukan jumlah air pencampur sesuai konsistensi normal.
- Pembuatan benda uji :
  1. Timbang bahan sesuai dengan komposisi yang direncanakan.
  2. Masukkan air pencampur ke dalam mangkuk pengaduk.
  3. Masukkan semen. Jalankan mesin dengan kecepatan rendah ( $145 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
  4. Tanpa mematikan mesin masukkan *Rice Husk Ask* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) perlahan-lahan selama 30 detik.
  5. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah ke kecepatan sedang ( $285 \pm 5$  rpm) dan jalankan selama 30 detik.
  6. Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
  7. Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk didorong ke bawah.
- Pencetakan benda uji :
  1. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
  2. 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.
  3. 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.
  4. Ulangi langkah di atas untuk lapis kedua dari tiap cetakan.
  5. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan dengan menggunakan spatula.
- Penyimpanan benda uji :

1. Segera setelah selesai pencetakan benda uji dan cetakannya diletakkan di tempat lembab (RH 95%) selama 20-24 jam. Suhu berkisar 20°-27°C.
  2. Setelah 24 jam, lepaskan benda uji dari cetakannya dan rendam dalam air pada suhu ruang sampai waktu pengujian. Suhu berkisar 23°±1,7°C. Air perendam harus bebas dari minyak, lumpur dan bahan kimia yang dapat merusak semen.
- Persiapan pengujian :
1. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel.
  2. Ukur dimensi benda uji, dan benda uji di oven selama 24 jam sampai berat tetap didapatkan.
  3. Angkat benda uji dari oven dan samakan suhu benda uji dengan suhu ruangan.
- Cara pengujian
1. Hitung luas permukaan dengan mengukur lebar dan tinggi benda uji, banyaknya pengukuran yaitu pada 3 bagian yang berbeda.
  2. Timbang berat benda uji ( $W_0$ ) dan tempatkan tanki/wadah pada permukaan datar.
  3. Tambahkan air pada tanki/wadah sehingga benda uji terendam  $3 \pm 0,5$  mm, setelah itu catat berat benda uji pada  $\frac{1}{4}$  jam, 1 jam, 4 jam dan 24 jam.
- f. Perhitungan

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

Dimana :

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

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

### 3.5.3. 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)
  - c. Oven benda uji selama 24 jam dan catat berat benda uji setelah dioven.
2. Cara Pengujian
- a. Letakkan benda uji dalam keranjang dan timbang benda uji dalam air ( benda uji + air)
  - b. Angkat benda uji, lap hingga benda uji kering permukaan dan timbang benda uji



Gambar 3.2 Pengujian Density

$$\text{Density} = W / V$$

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

Dimana : W = massa benda uji ( kg)

#### 3.5.4. Pengujian Susut

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai besar susut muai mortar. Uji susut dilakukan dengan membuat mortar dalam bentuk persegi panjang ukuran 25 x 25 x 300 mm (Berdasarkan ASTM C490-04).

1. Persiapan pengujian
  - a. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
  - b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
  - c. Benda uji sudah siap untuk diperiksa.

## 2. Alat dan bahan



a. Alat uji susut



b. Cetakan susut dan penumbuk



c. Termometer Digital

**Gambar 3.3.** Alat Pengujian Susut

Alat yang digunakan:

- a. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- b. Gelas ukur
- c. Cetakan dengan ukuran 25 x 25 x 300 mm
- d. Batang penumbuk
- e. Spatula
- f. Length Comparator dan perlengkapannya
- g. Sendok aduk
- h. Cawan

Bahan yang digunakan :

- a. PCC *Type 1*
- b. RHA
- c. CSW
- d. Air

### 3. Cara pengujian

- a. Lakukan pengukuran awal setelah benda uji berumur  $24 \pm 0,5$  jam
- b. Pasang benda uji pada *Length Comparator*
- c. Baca angka pada micrometer sebagai bacaan awal
- d. Setelah pembacaan awal dicatat, simpan lagi benda uji sampai umur-umur pengujian. *Length Comparator* harus dijaga agar tetap pada posisi ukur yang sama. Selama pelaksanaan pengujian posisi tersebut tidak boleh berubah
- e. Ukur panjang benda uji dengan ketelitian sampai 0,001 mm
- f. Lakukan pengukuran perubahan panjang selama  $\pm 28$  hari

### 4. Perhitungan:

Perubahan panjang dinyatakan dalam persen terhadap panjang benda uji.

$$\text{Perubahan panjang} = \frac{(L_1 - L_0) \times \text{skala dial (mm)}}{\text{Panjang benda uji (mm)}} \times 100\% \quad \dots\dots(3.13)$$

Dimana :  $L_1$  = pembacaan *Length Comparator* pada tiap umur pengujian

$L_0$  = pembacaan *Length Comparator* pada umur 24 jam



**BAB 4**  
**PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 HASIL PENGUJIAN PENDAHULUAN**

Pengujian pendahuluan merupakan kegiatan yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian sifat mekanik mortar. Berikut adalah pengujian pendahuluan yang telah dilaksanakan :

- a. Pengujian sifat agregat yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, Pengujian analisa ayak, pengujian kadar lumpur, pengujian kadar air.
- b. Pengujian Konsistensi
- c. Pengujian Setting Time

**4.1.1. Pengujian Sifat Agregat CSW dan RHA**

**4.1.1.1 Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air *Concrete Sludge Waste* (CSW)**

**Tabel 4.1** Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air

<b>Pengukuran</b>	<b>Sample I</b>	<b>Sample II</b>	<b>Rata-rata</b>
Berat Agregat SSD (Gram)	500	500	500
Berat Agregat + Air + Picnometer (gram)	944	948.5	946.25
Berat Agregat kering oven (gram)	482	470	476
Berat piknometer + Air (gram)	643	646	644.5
<b>Berat Jenis</b>	<b>2.422</b>	<b>2.380</b>	<b>2.401</b>
<b>BJ ssd</b>	<b>2.513</b>	<b>2.532</b>	<b>2.522</b>
<b>BJ Semu</b>	<b>2.663</b>	<b>2.806</b>	<b>2.732</b>
<b>Penyerapan Air (%)</b>	<b>3.734</b>	<b>6.383</b>	<b>5.042</b>

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD 2.522. suatu agregat bisa dikatakan agregat normal. Adalah mempunyai berat jenis antara 2.4 – 2.9. Dalam pengujian agregat CSW ini, diketahui agregatnya dikatagorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 5.042 %, batas maksimal prosentase penyerapan air sebesar 3 %.

#### 4.1.1.2 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas dan Berat Isi Padat CSW

**Tabel 4.2** Hasil pengujian berat isi lepas dan berat isi padat CSW

No.	Kode (Keterangan)	Sample 1 (Gram)	Sample 2 (Gram)
1	W1	1039	1039
2	W2	3173	3175
3	W3 (Berat Isi Lepas)	2134	2136
4	W4	3523	3522
5	W5 (Berat Isi Padat)	2484	2483
<b>Berat Isi Lepas Rata-rata</b>		<b>2135.0</b>	
<b>Berat Isi Padat Rata-rata</b>		<b>2483.5</b>	
<b>Faktor W5 terhadap W3</b>		<b>1.163</b>	

- W1 = Berat Silinder  
 W2 = Berat Silinder + Benda uji keadaan Lepas  
 W3 = Berat Isi Lepas  
 W4 = Berat Silinder + Benda uji Keadaan Padat  
 W5 = Berat Isi Padat

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat isi lepas diketahui 2135 gr sedangkan Berat isi padat sebesar 2483,5 gr. Maka dengan demikian berat isi padat 1.163 kali lebih padat terhadap berat isi lepas CSW.

#### 4.1.1.3 Hasil Pengujian Analisa Ayak

##### a. *Rice Husk Ash* (RHA)

Pada tahun 2010, pengujian nilai analisa ayak RHA telah dilakukan dilaboratorium UI, oleh sebab itu pengujian RHA tidak perlu kami lakukan kembali, karena jenis RHA yang kami pakai sama seperti pengujian tahun lalu. Berikut adalah tabel hasil pengujian analisa ayak pada RHA :

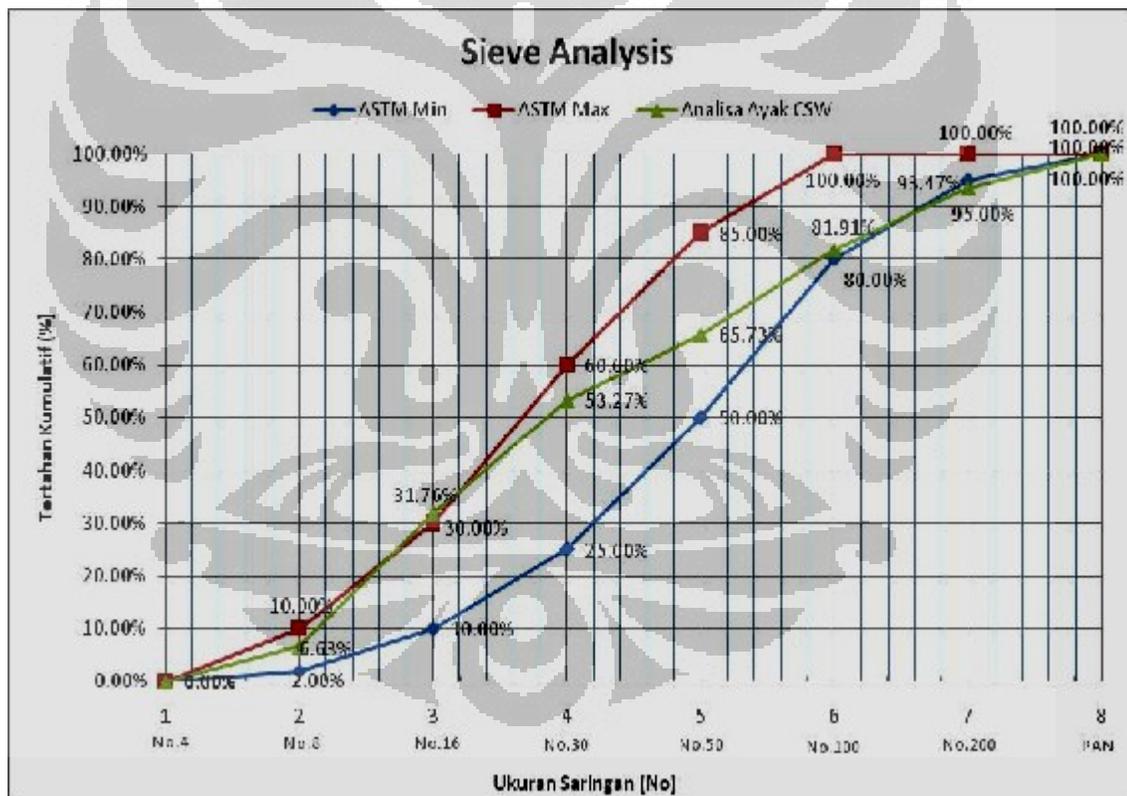
**Tabel 4.3** Pengujian analisa ayak *Rice Husk Ash* (sumber: skripsi Abdul latief, 2011)

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	

**Gambar 4.1** Grafik pengujian analisa ayak *Rice Husk Ash* (RHA)

b. *Concrete Sludge Waste (CSW)***Tabel 4.4** Pengujian analisa ayak *Concrete Sludge Waste (CSW)*

No	Ukuran Saringan (No)	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	4	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	8	31.00	6.25%	6.25%	34.00	6.81%	6.81%	6.53%	6.53%	93.47%	95.00%	100.00%
3	16	54.00	10.89%	17.14%	61.00	12.22%	19.04%	11.56%	18.09%	81.91%	80.00%	100.00%
4	30	81.00	16.33%	33.47%	80.00	16.03%	35.07%	16.18%	34.27%	65.73%	50.00%	85.00%
5	50	63.00	12.70%	46.17%	61.00	12.22%	47.29%	12.46%	46.73%	53.27%	25.00%	60.00%
6	100	112.00	22.58%	68.75%	102.00	20.44%	67.74%	21.51%	68.24%	31.76%	10.00%	30.00%
7	200	120.00	24.19%	92.94%	130.00	26.05%	93.79%	25.12%	93.37%	6.63%	2.00%	10.00%
8	Pan	35.00	7.06%	100.00%	31.00	6.21%	100.00%	6.63%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Jumlah	496.00	100.00%		499.00	100.00%		100.00%	208.34%	FM	2.083	

**Gambar 4.2** Grafik pengujian analisa ayak *Concrete Sludge Waste (CSW)*

## 4.1.1.4 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Berikut ini adalah hasil penelitian Kadar lumpur yang sudah dilakukan terhadap *Concrete Sludge Waste (CSW)*:

**Tabel 4.5** Hasil pengujian kadar lumpur CSW

No.	Kode (Keterangan)	Sample 1 (Gram)	Sample 2 (Gram)
1	W1	441	445
2	W2	437.5	442.5
3	W3	861	876
4	W4	420	431
5	Kadar Lumpur	0.79%	0.56%
6	<b>Kadar Lumpur Rata-rata</b>	<b>0.678%</b>	

Keterangan:

W1 = Berat kering oven (tetap)

W2 = Berat benda uji setelah di cuci di oven (Tetap)

W3 = Berat benda uji + talam

W4 = Berat talam

#### 4.1.1.5 Hasil Pengujian Kadar Air

**Tabel 4.6** Hasil pengujian kadar air CSW

No.	Kode (Keterangan)	Sample 1 (Gram)	Sample 2 (Gram)
1	W1	214	1384
2	W2	714	1884
3	W3	500	500
4	W4	681	1850
5	W5	467	466
Kadar Air		6.60%	6.80%
<b>Kadar Air Rata-rata</b>		<b>6.70%</b>	

Keterangan:

W1 = Berat talam

W2 = Berat benda uji + talam

W3 = Berat benda uji (W2-W1)

W4 = Berat benda uji + talam setelah di oven sampai berat tetap

W5 = Berat benda uji setelah di oven (W4-W1)

#### 4.1.2. Pengujian Konsistensi

##### a. Nilai Faktor Air Semen

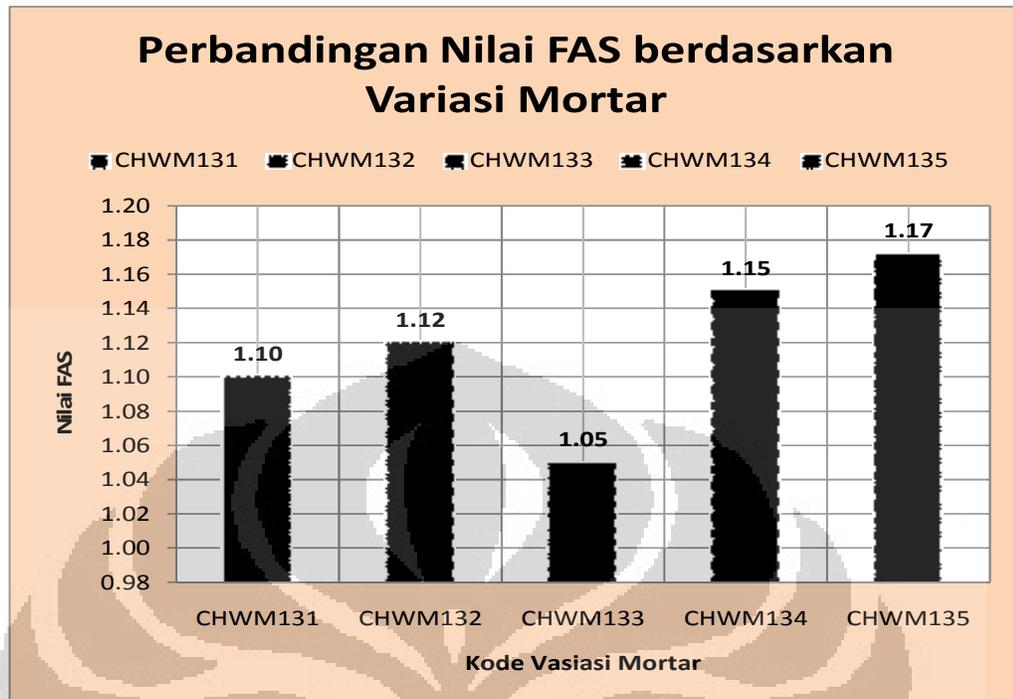
Jumlah air yang digunakan untuk campuran mortar erat sekali hubungannya dengan sifat kemudahan dan keenakan mortar semen untuk dikerjakan. Karena konsistensi/keleccakan mortar tergantung dari kadar air yang terkandung dalam mortar itu sendiri.

**Tabel 4.7** Nilai flow table hasil pengujian konsistensi

Kode	Variasi				Berat Campuran (gram)						Diameter Lingkaran						Total (gram)	Nilai Flow (110 ± 5%)	Nilai FAS	
	PCC	RHA	CSW	Pasir	PCC	RHA	CSW	Pasir	% Air	Air (ml)	d-initial	d1	d2	d3	d4	drata-rata				
	25%		75%		150.00		450.00										600.00			
CHWM 131	92%	8%	30%	70%	138.00	12.00	135.00	315.00	50%	69	10.00	15.00	16.70	14.50	16.00	15.55	600.00	56%	1.10	
									100%	138	10.00	18.50	19.00	19.00	20.00	19.13		91%		
										110%	152	10.00	21.00	22.00	20.50	21.25		113%		
CHWM 132	92%	8%	40%	60%	138.00	12.00	180.00	270.00	75%	104	10.00	15.00	15.50	16.00	16.00	15.63	600.00	56%	1.12	
									100%	138	10.00	21.00	19.50	19.50	20.00	20.00		100%		
										112%	155	10.00	20.50	21.00	21.00	20.88		109%		
CHWM 133	92%	8%	50%	50%	138.00	12.00	225.00	225.00	90%	124	10.00	16.00	16.50	17.00	15.00	16.13	600.00	61%	1.05	
									100%	138	10.00	19.50	20.00	20.00	20.50	20.00		100%		
										105%	145	10.00	19.50	22.00	22.00	22.00		21.38		114%
CHWM 134	92%	8%	60%	40%	138.00	12.00	270.00	180.00	100%	138	10.00	19.00	19.50	20.00	19.50	19.50	600.00	95%	1.15	
										115%	159	10.00	20.00	19.00	21.50	21.50		20.50		105%
										110%	152	10.00	18.50	18.50	20.00	19.00		19.00		90%
CHWM 135	92%	8%	70%	30%	138.00	12.00	315.00	135.00	110%	152	10.00	20.00	20.00	19.00	20.00	19.75	600.00	98%	1.17	
										115%	159	10.00	20.00	20.00	19.00	20.00		19.75		98%
										117%	162	10.00	22.00	22.00	21.00	21.00		21.50		115%

**Tabel 4.8** Nilai faktor air semen dan faktor air mortar

Kode	Variasi				Berat Campuran (gram)					Total (gram)	Nilai FAM	Nilai FAS
	PCC	RHA	CSW	Pasir	PCC	RHA	CSW	Pasir	Air			
	25%		75%		150.00		450.00			600.00		
CHWM 11	92%	8%	30%	70%	138.00	12.00	135.00	315.00	152.00	600.00	0.25	1.10
CHWM 12	92%	8%	40%	60%	138.00	12.00	180.00	270.00	155.00	600.00	0.26	1.12
CHWM 13	92%	8%	50%	50%	138.00	12.00	225.00	225.00	145.00	600.00	0.24	1.05
CHWM 14	92%	8%	60%	40%	138.00	12.00	270.00	180.00	159.00	600.00	0.27	1.15
CHWM 15	92%	8%	70%	30%	138.00	12.00	315.00	135.00	162.00	600.00	0.27	1.17



**Gambar 4.3** Histogram perbandingan nilai FAS berdasarkan variasi mortar

Dari percobaan dengan metode *trial & error* didapatkan nilai faktor air semen yang berbeda-beda dari setiap variasi campuran, dari hasil tersebut diketahui penyerapan CSW terhadap air cukup tinggi.

#### 4.1.3. 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 setting time adalah :

- Campuran CHWM131 (30% CSW, 70% Pasir)

**Tabel 4.9** Nilai setting time CHWM131

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	42.50	43.00	42.75
3	30	60	41.50	42.50	42.00
4	30	90	40.50	41.00	40.75
5	30	120	39.00	39.50	39.25

6	30	150	37.50	37.00	37.25
7	15	165	34.00	34.00	34.00
8	15	180	30.50	30.50	30.50
9	15	195	26.50	26.50	26.50
10	15	210	21.50	22.00	21.75
11	15	225	16.00	16.50	16.25
12	15	240	12.00	12.00	12.00
13	15	255	8.50	9.00	8.75
14	15	270	6.00	6.50	6.25
15	5	275	4.00	4.50	4.25
16	5	280	3.00	3.00	3.00
17	5	285	2.00	2.00	2.00
18	5	290	1.00	1.50	1.25
19	5	295	1.00	1.00	1.00
20	5	300	0.00	0.00	0.00



**Gambar 4.4** Grafik pengujian setting time kode CHWM131

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vicat 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 campuran CHWM131 tercapai setelah 200 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 300 menit.

- Campuran CHWM132 (40% CSW, 60% Pasir)

**Tabel 4.10** Nilai setting time CHWM132

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	42.00	42.50	42.25
3	30	60	41.50	42.00	41.75
4	30	90	40.00	40.50	40.25
5	30	120	38.50	39.00	38.75
6	30	150	36.00	36.50	36.25
7	30	180	33.00	33.50	33.25
8	15	195	29.50	30.00	29.75
9	15	210	25.50	26.00	25.75
10	15	225	21.00	21.50	21.25
11	15	240	15.50	16.00	15.75
12	15	255	11.00	11.50	11.25
13	15	270	8.00	8.50	8.25
14	15	285	5.50	6.00	5.75
15	15	300	3.50	4.00	3.75
16	15	315	2.00	2.50	2.25
17	15	330	1.00	1.50	1.25
18	15	345	0.50	1.00	0.75
19	15	360	0.00	0.00	0.00



**Gambar 4.5** Grafik pengujian setting time kode CHWM132

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vicat 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 campuran CHWM132 tercapai setelah 212.5 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 360 menit.

- Campuran CHWM133 (50% CSW, 50% Pasir)

**Tabel 4.11** Nilai setting time CHWM133

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	43.0	42.5	42.75
3	30	60	42.0	42.0	42.00
4	30	90	41.0	41.0	41.00
5	30	120	39.5	39.0	39.25
6	30	150	37.0	37.5	37.25
7	30	180	34.5	34.0	34.25
8	15	195	31.5	31.0	31.25
9	15	210	27.5	27.0	27.25

10	15	225	23.0	22.5	22.75
11	15	240	16.5	16.5	16.50
12	15	255	12.0	12.5	12.25
13	15	270	9.0	9.5	9.25
14	15	285	6.5	7.0	6.75
15	5	290	4.5	4.5	4.50
16	5	295	3.0	3.5	3.25
17	5	300	2.5	2.0	2.25
18	5	305	2.0	1.5	1.75
19	5	310	1.5	1.5	1.50
20	5	315	1.0	1.0	1.00
21	5	320	0.0	0.0	0.00



**Gambar 4.6** Grafik pengujian setting time kode CHWM133

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vicat 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 campuran CHWM133 tercapai setelah 217.5 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 320 menit.

- Campuran CHWM134 (60% CSW, 40% Pasir)

**Tabel 4.12** Nilai setting time CHWM134

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	43.0	42.5	42.75
3	30	60	42.5	41.5	42.00
4	30	90	41.0	40.5	40.75
5	30	120	39.5	39.0	39.25
6	30	150	37.0	37.5	37.25
7	30	180	34.0	34.0	34.00
8	15	195	30.5	30.5	30.50
9	15	210	26.5	26.5	26.50
10	15	225	22.0	21.5	21.75
11	15	240	16.5	16.0	16.25
12	15	255	12.0	12.0	12.00
13	15	270	9.0	8.5	8.75
14	15	285	6.5	6.0	6.25
15	15	300	4.5	4.0	4.25
16	15	315	3.0	3.0	3.00
17	15	330	2.0	2.0	2.00
18	15	345	1.5	1.0	1.25
19	15	360	1.0	1.0	1.00
20	15	375	0.0	0.0	0.00



**Gambar 4.7** Grafik pengujian setting time kode CHWM134

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vicat 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 campuran CHWM134 tercapai setelah 215 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 360 menit.

- Campuran CHWM135 (70% CSW, 30% Pasir)

**Tabel 4.13** Nilai setting time CHWM135

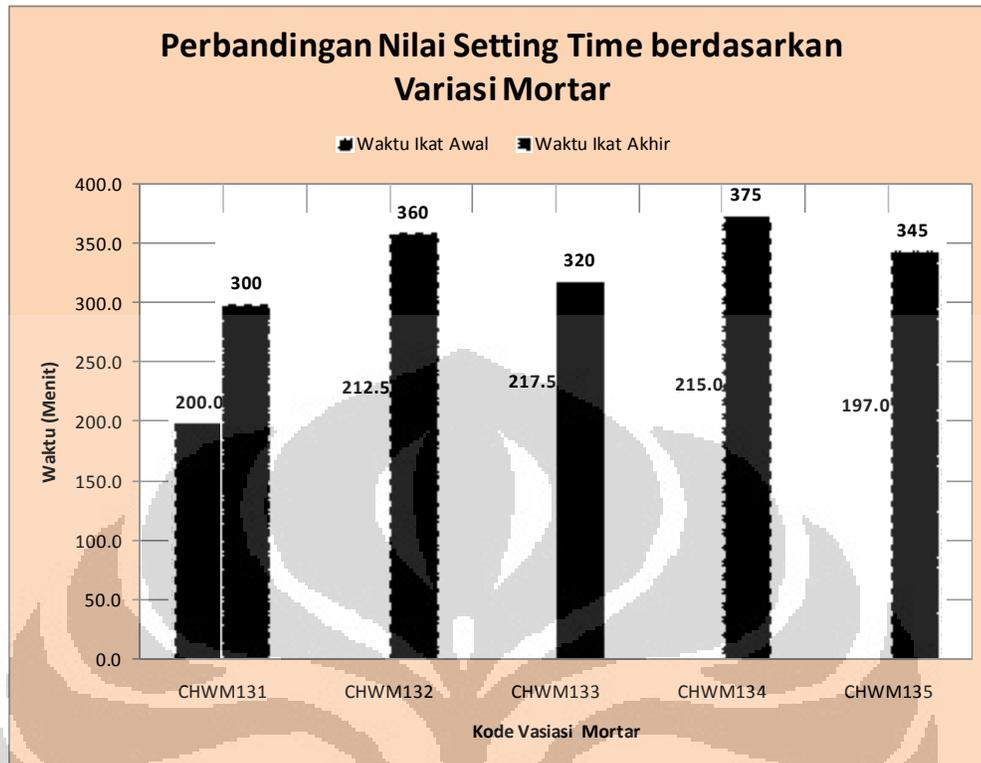
No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	42.00	42.00	42.00
3	30	60	41.50	41.00	41.25
4	30	90	40.00	40.00	40.00
5	30	120	38.50	38.50	38.50
6	30	150	36.00	37.00	36.50
7	15	165	33.00	33.50	33.25
8	15	180	29.50	30.00	29.75

9	15	195	25.50	26.00	25.75
10	15	210	21.00	21.00	21.00
11	15	225	15.50	15.50	15.50
12	15	240	11.00	11.50	11.25
13	15	255	8.00	8.00	8.00
14	15	270	5.50	5.50	5.50
15	15	285	3.50	3.50	3.50
16	15	300	2.00	2.50	2.25
17	15	315	1.00	1.50	1.25
18	15	330	0.50	0.50	0.50
19	15	345	0.00	0.00	0.00



**Gambar 4.8** Grafik pengujian setting time kode CHWM135

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vicat 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 campuran CHWM135 tercapai setelah 197 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 345 menit.



**Gambar 4.9** Histogram perbandingan nilai setting time berdasarkan variasi mortar

Dari gambar diatas, adalah perbandingan nilai setting time berdasarkan variasi mortar, diketahui nilai waktu ikat awal dan waktu ikat akhir setiap variasi berbeda-beda dikarenakan perbedaan jumlah material yang terkandung disetiap variasi sehingga perilaku pengikatan antara perekat dan agregat berbeda-beda pula. Pada histogram, terlihat bahwa kode CHWM134 memiliki waktu ikat akhir yang paling lama, yaitu sebesar 375 menit.

#### 4.2. KEBUTUHAN BAHAN DESAIN CAMPURAN AWAL

Pada desain campuran awal ini, dibahas kebutuhan bahan yang di butuhkan selama penelitian ini berdasarkan variasi campurannya. Dalam desain campuran awal ini terdapat 3 jenis pasta campuran yang dibuat 5 variasinya, yaitu :

- Pasta campuran semen dengan RHA
- Pasta campuran semen dengan CSW
- Pasta campuran semen dengan RHA+CSW

##### 4.2.1. Pasta Campuran Semen dengan *Rice Husk Ask* (Kode: CRHA)

**Tabel 4.14** Kebutuhan bahan pasta kode CRHA

Kode	Perbandingan berat (%)		% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (buah)	Volume Kubus (m <sup>3</sup> )	Total Volume /variasi (m <sup>3</sup> )	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
					5 x 5 x 5 cm					
CRHA00	100%	0%	35%	20	0.000125	0.0025	2500	2500	0	875.00
CRHA06	94%	6%	41%	20	0.000125	0.0025	2500	2350	150	963.50
CRHA08	92%	8%	42%	20	0.000125	0.0025	2500	2300	200	966.00
CRHA10	90%	10%	45%	20	0.000125	0.0025	2500	2250	250	1012.50
CRHA12	88%	12%	48%	20	0.000125	0.0025	2500	2200	300	1056.00
Jumlah Kebutuhan Bahan								11600	900	4873
10% Jumlah Kebutuhan Bahan								1160	90	487
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CRHA)								12760	990	5360
<b>TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CRHA) DALAM KG</b>								<b>127.60</b>	<b>9.90</b>	<b>53.60</b>

4.2.2. Pasta Campuran Semen dengan *Concrete Sludge Waste* (Kode: CCSW)

Tabel 4.15 Kebutuhan bahan pasta kode CCSW

Kode	Perbandingan berat (%)		% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (buah)	Volume Kubus (m <sup>3</sup> )	Total Volume /variasi (m <sup>3</sup> )	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
					5 x 5 x 5 cm					
CCSW11	50%	50%	52%	20	0.000125	0.0025	2500	1250	1250	650.00
CCSW12	33.33%	66.67%	65%	20	0.000125	0.0025	2500	833	1667	541.61
CCSW13	25%	75%	80%	20	0.000125	0.0025	2500	625	1875	500.00
CCSW14	20%	80%	105%	20	0.000125	0.0025	2500	500	2000	525.00
CCSW15	16.67%	83.33%	130%	20	0.000125	0.0025	2500	417	2083	541.78
Jumlah Kebutuhan Bahan								3625	8875	2758
10% Jumlah Kebutuhan Bahan								363	888	276
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CCSW)								3988	9763	3034
<b>TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CCSW) DALAM KG</b>								<b>39.88</b>	<b>97.63</b>	<b>30.34</b>

## 4.2.3. Pasta Campuran Semen dengan RHA+CSW (Kode: CHW)

Tabel 4.16 Kebutuhan bahan pasta kode CHW

Kode	Perbandingan berat (%)			Tes tekan umur (hari)	Jumlah benda uji (buah)	Volume Kubus (m <sup>3</sup> )	Total Volume /variasi (m <sup>3</sup> )	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
	Semen	RHA	CSW			28						
CHW11	50%		50%	5bh	20	0.000125	0.0025	2500	1125.00	125.00	1250.00	1251.56
	45%	5%										
CHW12	33.33%		66.67%	5bh	20	0.000125	0.0025	2500	750.00	83.25	1666.75	815.63
	30%	3.33%										
CHW13	25%		75%	5bh	20	0.000125	0.0025	2500	562.50	62.50	1875.00	597.66
	22.50%	2.50%										
CHW14	20%		80%	5bh	20	0.000125	0.0025	2500	450.00	50.00	2000.00	489.38
	18%	2%										
CHW15	16.67%		83.33%	5bh	20	0.000125	0.0025	2500	375.00	41.75	2083.25	409.69
	15%	1.67%										
Jumlah Kebutuhan Bahan									3263	363	8875	3564
10% Jumlah Kebutuhan Bahan									326.25	36.25	887.50	356.39
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CHW)									3589	399	9763	3920
<b>TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CHW) DALAM KG</b>									<b>35.89</b>	<b>3.99</b>	<b>97.63</b>	<b>39.20</b>

### 4.3. KEBUTUHAN BAHAN DESAIN CAMPURAN MORTAR DENGAN PERBANDINGAN 1:3 (KODE : CHWM13)

Tabel 4.17 Kebutuhan bahan desain campuran mortar kode CHWM13 (untuk pengujian kuat tekan)

Kode	Perbandingan berat (%)				% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (Buah)	Volume Kubus (m <sup>3</sup> ) 5 x 5 x 5 cm	Total Volume /variasi (m <sup>3</sup> )	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Pasir (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
	semen	RHA	CSW	Pasir										
CHWM 131	25%		75%		110%	35	0.000125	0.004375	4375	1006.25	87.50	984.38	2296.88	1106.88
	92%	8%	30%	70%										
CHWM 132	25%		75%		112%	35	0.000125	0.004375	4375	1006.25	87.50	1968.75	1312.50	1127.00
	92%	8%	60%	40%										
CHWM 133	25%		75%		105%	35	0.000125	0.004375	4375	1006.25	87.50	1640.63	1640.63	1056.56
	92%	8%	50%	50%										
CHWM 134	25%		75%		115%	35	0.000125	0.004375	4375	1006.25	87.50	1312.50	1968.75	1157.19
	92%	8%	40%	60%										
CHWM 135	25%		75%		117%	35	0.000125	0.004375	4375	1006.25	87.50	2296.88	984.38	1177.31
	92%	8%	70%	30%										
Jumlah Kebutuhan Bahan										5031	438	8203	8203	5625
10% Jumlah Kebutuhan Bahan										503.13	43.75	820.31	820.31	562.49
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CHWM)										5534	481	9023	9023	6187
<b>TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CHWM) DALAM KG</b>										<b>55.34</b>	<b>4.81</b>	<b>90.23</b>	<b>90.23</b>	<b>61.87</b>

#### 4.3.1. Total Kebutuhan Bahan Keseluruhan untuk Pengujian Kuat Tekan Mortar dan Pasta Semen

**Tabel 4.18** Total kebutuhan bahan untuk pengujian kuat tekan mortar dan pasta semen

Kode	Keterangan	Kebutuhan Semen (Kg)	Kebutuhan RHA (Kg)	Kebutuhan Pasir (Kg)	Kebutuhan CSW (Kg)	Kebutuhan Air (liter)
CRHA	Pasta Campuran Semen + RHA	127.60	9.90	0	0	53.60
CCSW	Pasta Campuran Semen + CSW	39.88	0	0	97.63	30.34
CHW	Pasta Campuran Semen + RHA + CSW	35.89	3.99	0	97.63	39.20
CHWM 13	Mortar Perbandingan 1: 3 Semen+RHA+Pasir + CSW	47.44	4.13	77.34	77.34	53.04
<b>Total Kebutuhan Bahan</b>		<b>250.80</b>	<b>18.01</b>	<b>77.34</b>	<b>272.59</b>	<b>176.18</b>

**Tabel 4.19** Total kebutuhan bahan untuk pengujian kuat tekan mortar

No.	Jenis Pengujian	Ukuran Benda Uji	Jumlah	Kebutuhan Semen (Kg)	Kebutuhan RHA (Kg)	Kebutuhan Pasir (Kg)	Kebutuhan CSW (Kg)	Kebutuhan Air (liter)
1	Pengujian Absorpsi	5 cm x 5 cm x 5 cm	25	7.91	0.69	12.89	12.89	8.84
2	Pengujian Density	5 cm x 5 cm x 5 cm	25	7.91	0.69	12.89	12.89	8.84
3	Pengujian Susut	2.5 cm x 2.5 cm x 30 cm	25	11.86	1.03	19.34	19.34	13.26
<b>Total Kebutuhan Bahan</b>				<b>27.67</b>	<b>2.41</b>	<b>45.12</b>	<b>45.12</b>	<b>30.94</b>

#### 4.4. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN

##### 4.4.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Desain Campuran Awal

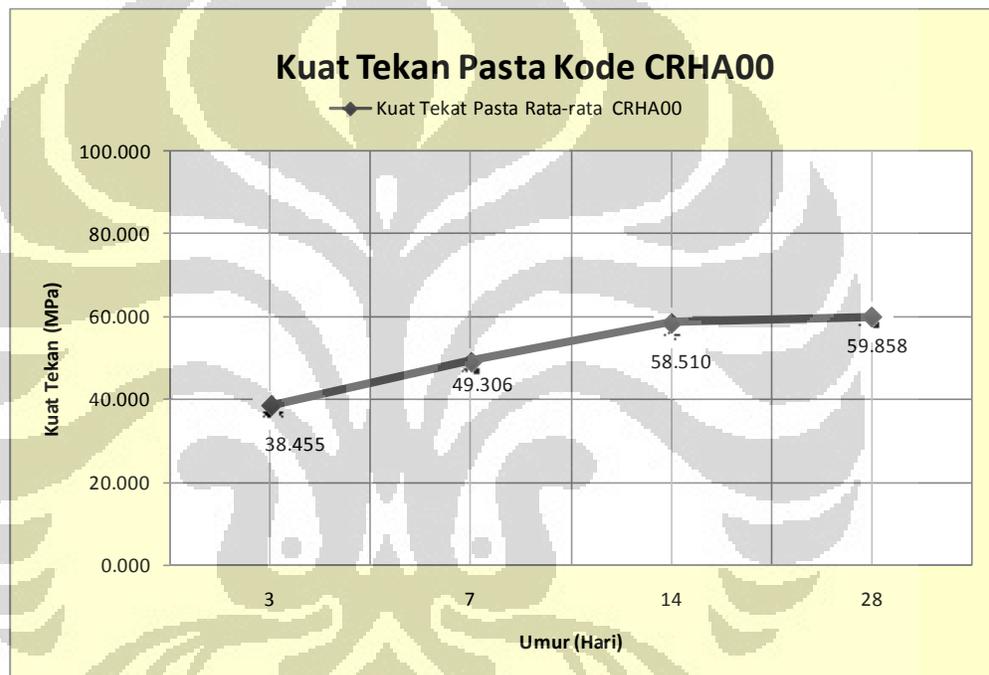
##### 4.4.1.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen + RHA (CRHA)

Pada pengujian awal ini, pengujian kuat tekan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kadar abu sekam padi optimum terhadap semen. Benda uji dibuat 20 sample untuk 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari yang memiliki perbedaan komposisi ASP dengan nilai 0%,6%,8%,10%,12% dengan masing-masing sample 5 benda uji. Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan awal pada laboratorium *Material and Science* Universitas Indonesia :

## a. Campuran Semen + Air (Kode : CRHA00)

**Tabel 4.20** Kuat tekan pasta kode CRHA00 (mengacu pada lampiran L-crha-01)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CRHA00 Rata-rata	3	25	242.0	9810	38.455
2	CRHA00 Rata-rata	7	25	263.8	12578	49.306
3	CRHA00 Rata-rata	14	25	263.2	14926	58.510
4	CRHA00 Rata-rata	28	25	262.2	15270	59.858

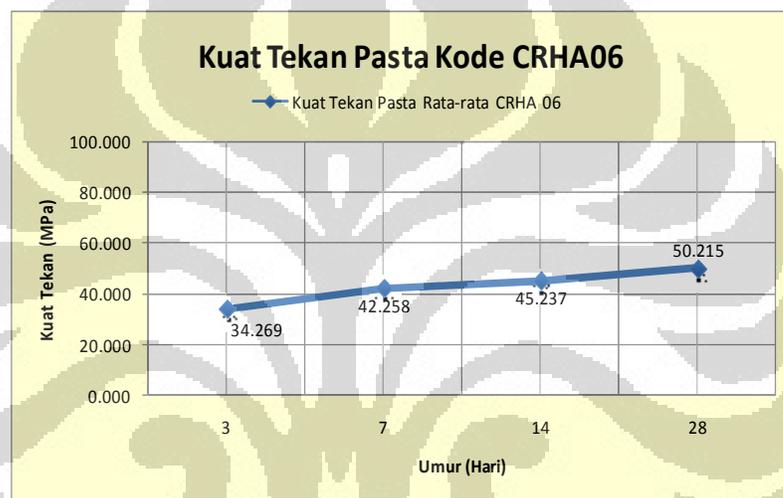
**Gambar 4.10** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CRHA00

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CRHA00 pada umur 28 hari mencapai 59,858 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini tidak ada penambahan RHA, hanya campuran semen dan air saja.

## b. Campuran 94% Semen + 6% RHA (Kode : CRHA06)

**Tabel 4.21** Kuat tekan pasta kode CRHA06 (mengacu pada lampiran L-crha-02)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CRHA06 Rata-rata	3	25	235.2	8742	34.269
2	CRHA06 Rata-rata	7	25	249	10780	42.258
3	CRHA06 Rata-rata	14	25	240.6	11472.5	45.237
4	CRHA06 Rata-rata	28	25	241.6	15688	50.215

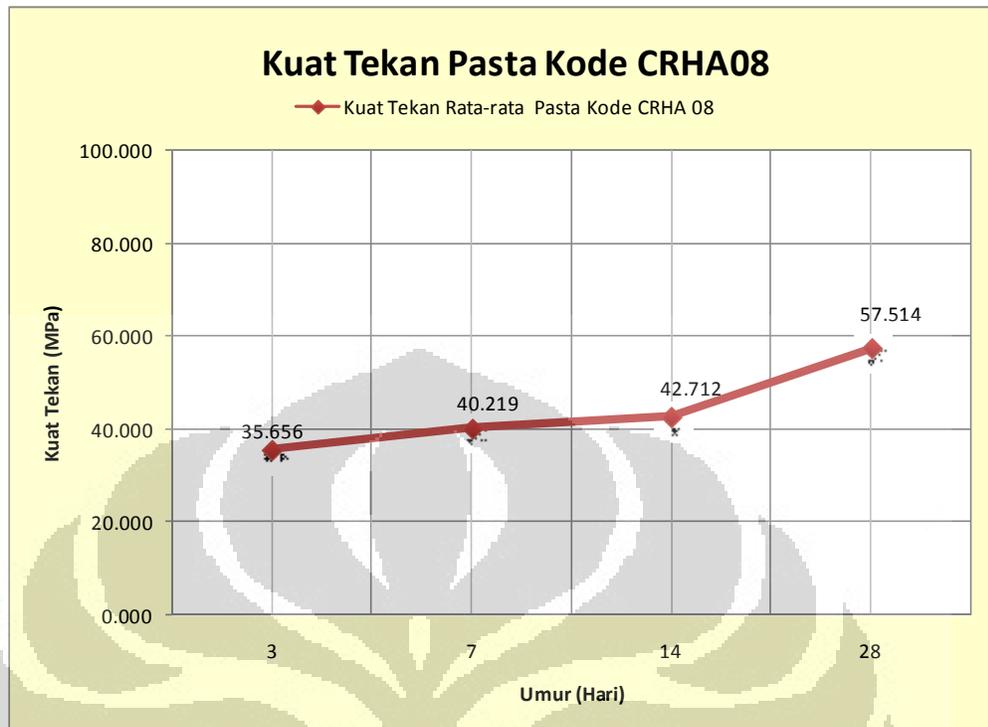
**Gambar 4.11** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CRHA06

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CRHA06 pada umur 28 hari mencapai 50,215 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan RHA sebesar 6%.

## c. Campuran 92% Semen + 8% RHA (Kode: CRHA08)

**Tabel 4.22** Kuat tekan pasta kode CRHA08 (mengacu pada lampiran L-crha-03)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CRHA 08 Rata-rata	3	25	239.8	9096	35.656
2	CRHA 08 Rata-rata	7	25	240.6	10260	40.219
3	CRHA 08 Rata-rata	14	25	233.6	10896	42.712
5	CRHA 08 Rata-rata	28	25	234.2	14672	57.514



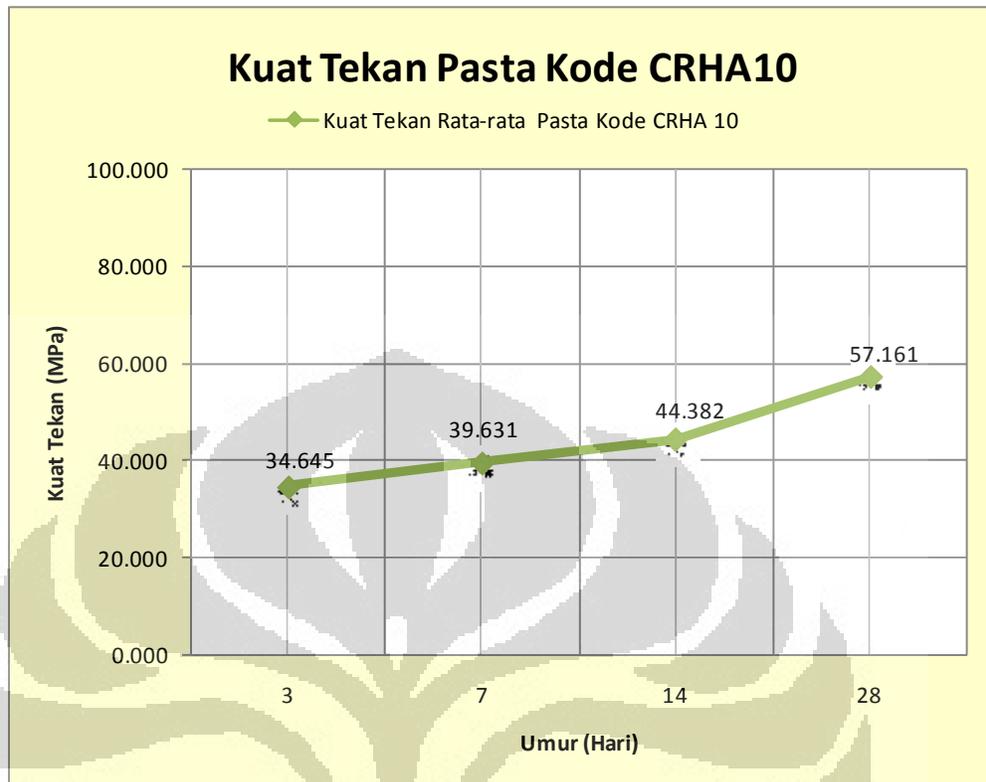
**Gambar 4.12** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CRHA08

Dari tabel di atas diketahui kuat tekan mortar CRHA08 pada umur 28 hari mencapai 57,514 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan RHA sebesar 8%.

d. Campuran 90% Semen + 10% RHA (Kode: CRHA10)

**Tabel 4.23** Kuat tekan pasta kode CRHA10 (mengacu pada lampiran L-crha-04)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CRHA 10 Rata-rata	3	25	237.4	8838	34.645
2	CRHA 10 Rata-rata	7	25	242.2	10110	39.631
3	CRHA 10 Rata-rata	14	25	234.8	11322	44.382
5	CRHA 10 Rata-rata	28	25	231.8	14582	57.161



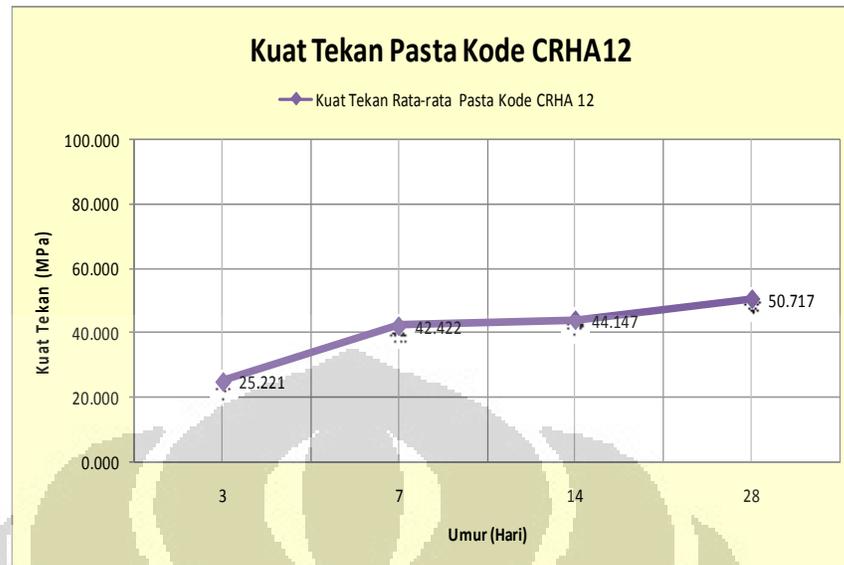
**Gambar 4.13** Grafik pengujian pengujian kuat tekan pasta kode CRHA10

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CRHA10 pada umur 28 hari mencapai 57,161 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan RHA sebesar 10%.

e. Campuran 88% Semen + 12% RHA (Kode: CRHA12)

**Tabel 4.24** Kuat tekan pasta kode CRHA12 (mengacu pada lampiran L-crha-05)

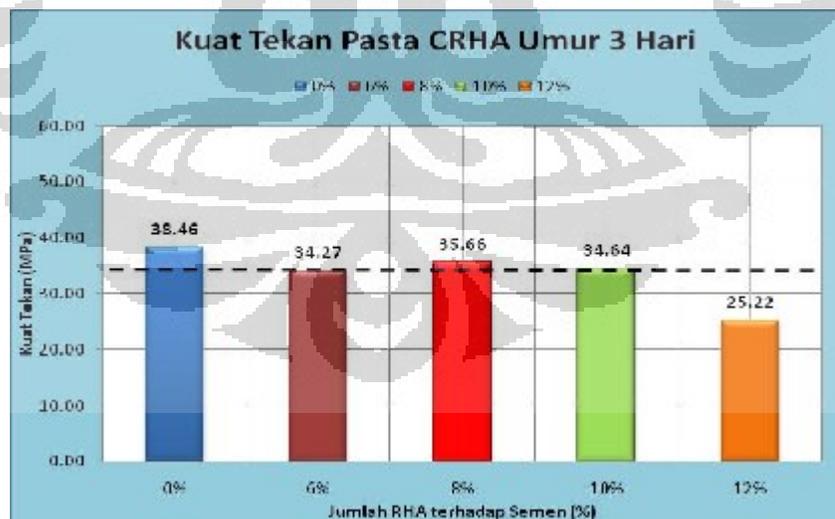
No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CRHA 12 Rata-rata	3	25	223.8	7472.5	25.221
2	CRHA 12 Rata-rata	7	25	249.4	10822	42.422
3	CRHA 12 Rata-rata	14	25	238.8	11262	44.147
5	CRHA 12 Rata-rata	28	25	242.8	12938	50.717



**Gambar 4.14** Grafik pengujian pengujian kuat tekan pasta kode CRHA 12

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CRHA 12 pada umur 28 hari mencapai 50,717 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan RHA sebesar 12%.

- f. Histogram gabungan semua variasi pasta CRHA berdasarkan umur benda uji
- Perbandingan pada saat benda uji umur 3 Hari

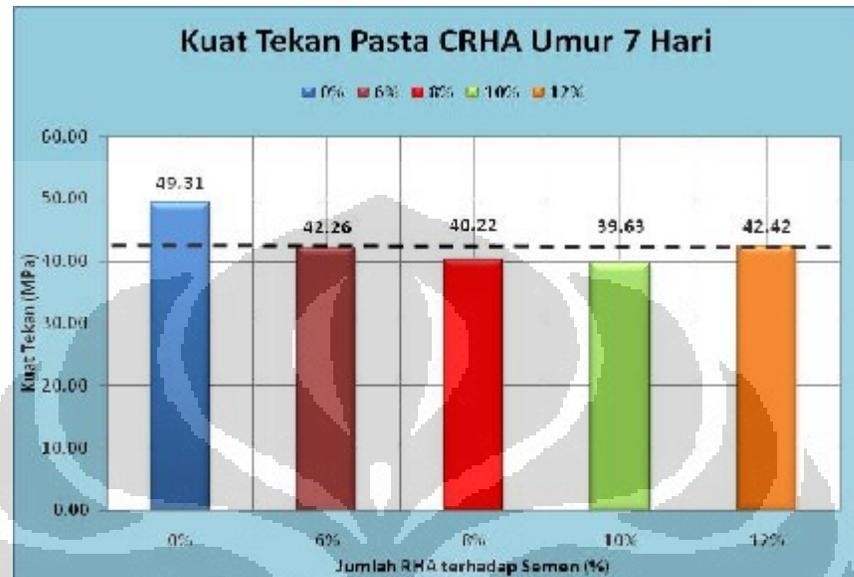


**Gambar 4.15** Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 3hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 3 hari, kuat tekan terbesar adalah CRHA00 dengan nilai sebesar 38.46 MPa sedangkan nilai

kuat tekan optimum bila mencampurkan antara pasta semen dan RHA yang terbesar adalah CRHA08, yaitu sebesar 35.66 MPa.

- Perbandingan pada saat benda uji umur 7 Hari



**Gambar 4.16** Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 7 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 7 hari, kuat tekan terbesar adalah CRHA00 dengan nilai sebesar 49.31 MPa sedangkan nilai kuat tekan optimum bila mencampurkan antara pasta semen dan RHA yang terbesar adalah CRHA12, yaitu sebesar 42.42 MPa.

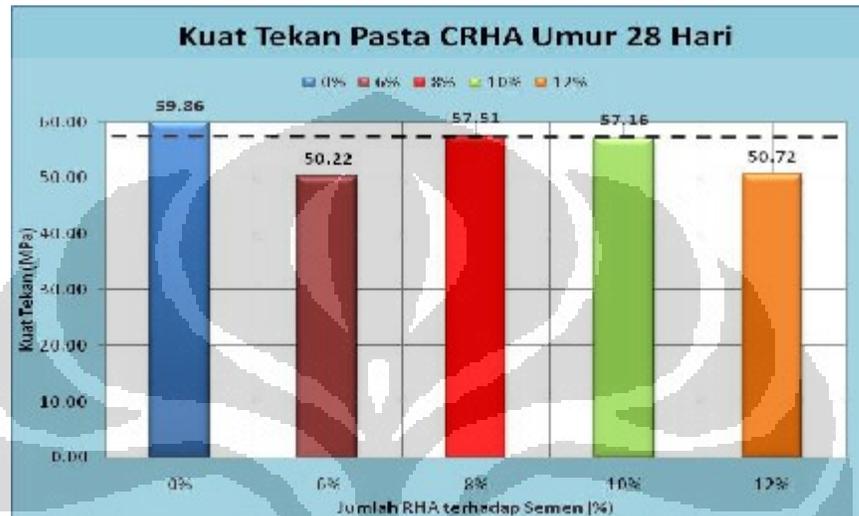
- Perbandingan pada saat benda uji umur 14 Hari



**Gambar 4.17** Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 14 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 14 hari, kuat tekan terbesar adalah CRHA00 dengan nilai sebesar 58.51 MPa sedangkan nilai kuat tekan optimum bila mencampurkan antara pasta semen dan RHA yang terbesar adalah CRHA06, yaitu sebesar 45.24 MPa.

- Perbandingan pada saat benda uji umur 28 Hari



**Gambar 4.18** Histogram kuat tekan pasta CRHA pada umur 28 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 28 hari, kuat tekan terbesar adalah CRHA00 dengan nilai sebesar 59.86 MPa sedangkan nilai kuat tekan optimum bila mencampurkan antara pasta semen dan RHA yang terbesar adalah CRHA08, yaitu sebesar 57,514 MPa.

#### 4.4.1.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen + CSW (CCSW)

a. Campuran 50% Semen + 50% CSW (Kode: CCSW11)

**Tabel 4.25** Kuat tekan pasta kode CCSW11 (mengacu pada lampiran L-ccsw-01)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CCSW11 Rata-rata	3	25	249.0	3008	11.791
2	CCSW11 Rata-rata	7	25	248.4	4442	17.413
3	CCSW11 Rata-rata	14	25	254.6	6720	26.342
5	CCSW11 Rata-rata	28	25	255.8	8210	32.183
6	CCSW11 Rata-rata	56	25	250.8	10350	40.572



**Gambar 4.19** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CCSW 11

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CCSW11 pada umur 56 hari mencapai 40,572 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan CSW sebesar 50%.

b. Campuran 33,33% Semen + 66,67 % CSW (Kode: CCSW12)

**Tabel 4.26** Kuat tekan pasta kode CCSW12 (mengacu pada lampiran L-ccsw-02)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CCSW12 Rata-rata	3	25	236.6	1926	7.550
2	CCSW12 Rata-rata	7	25	247.6	3292	12.905
3	CCSW12 Rata-rata	14	25	243.4	5020	19.678
5	CCSW12 Rata-rata	28	25	246	5320	20.854
6	CCSW12 Rata-rata	56	25	246.2	6950	27.244



**Gambar 4.20** Grafik pengujian Kuat Tekan Pasta Kode CCSW12

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CCSW12 pada umur 56 hari mencapai 27,244 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan CSW sebesar 66,67%.

c. Campuran 25% Semen + 75% CSW (Kode: CCSW13)

**Tabel 4.27** Kuat tekan pasta kode CCSW13(mengacu pada lampiran L-ccsw-03)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CCSW 13 Rata-rata	3	25	239.2	1140	4.469
2	CCSW 13 Rata-rata	7	25	237.2	1870	7.330
3	CCSW 13 Rata-rata	14	25	238	2310	9.055
5	CCSW 13 Rata-rata	28	25	239.2	3300	12.936
6	CCSW 13 Rata-rata	56	25	235.8	4475	17.542



**Gambar 4.21** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CCSW13

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CCSW13 pada umur 56 hari mencapai 17,542 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan CSW sebesar 75%.

d. Campuran 20% Semen + 80% CSW (Kode: CCSW14)

**Tabel 4.28** Kuat tekan pasta kode CCSW14 (mengacu pada lampiran L-ccsw-04)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CCSW 14 Rata-rata	3	25	235.4	1160	4.547
2	CCSW 14 Rata-rata	7	25	234.2	1410	5.527
3	CCSW 14 Rata-rata	14	25	231.6	1948	7.636
5	CCSW 14 Rata-rata	28	25	243.0	2245	8.800
6	CCSW 14 Rata-rata	56	25	243.4	3460	13.563



**Gambar 4.22** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CCSW14

Dari tabel diatas diketahui kuat tekan mortar CCSW14 pada umur 56 hari mencapai 13,563 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan CSW sebesar 80%.

e. Campuran 16,67% Semen + 83,33% CSW (Kode: CCSW15)

**Tabel 4.29** Kuat tekan pasta kode CCSW15(mengacu pada lampiran L-ccsw-05)

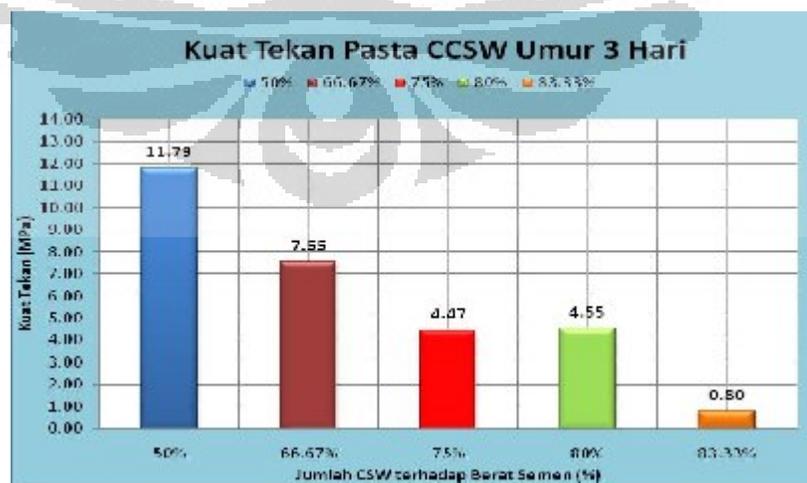
No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CCSW 15 Rata-rata	3	25	218.8	205	0.804
2	CCSW 15 Rata-rata	7	25	220.8	525	2.058
3	CCSW 15 Rata-rata	14	25	227.6	920	3.606
5	CCSW 15 Rata-rata	28	25	226.4	1410	5.527
6	CCSW 15 Rata-rata	56	25	237.8	1500	5.880



**Gambar 4.23** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CCSW15

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CCSW15 pada umur 56 hari mencapai 5,880 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada Variasi campuran ini penambahan CSW sebesar 83,33%.

- f. Histogram gabungan kuat tekan mortar semua Variasi CCSW berdasarkan umur benda uji.
- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CCSW umur 3 hari



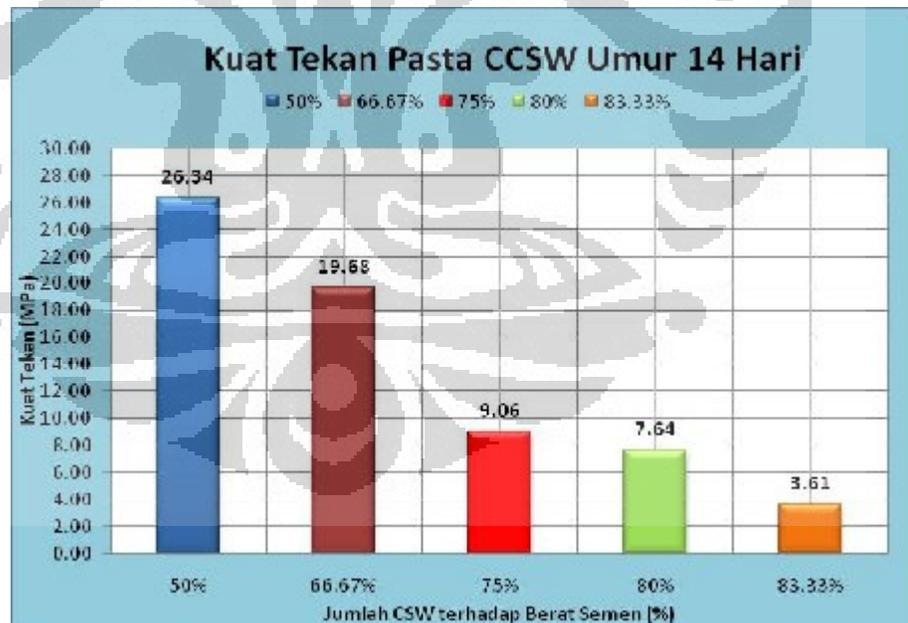
**Gambar 4.24** Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 3 hari

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CCSW umur 7 hari



**Gambar 4.25** Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 7 hari

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CCSW umur 14 hari



**Gambar 4.26** Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 14 hari

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CCSW umur 28 hari



**Gambar 4.27** Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 28 hari

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CCSW umur 56 hari



**Gambar 4.28** Histogram kuat tekan pasta semua variasi CCSW umur 56 hari

Pada Histogram, disetiap umur-umur benda uji terjadi perbedaan kuat tekan dengan jumlah komposisi CSW yang berbeda-beda pula, dapat diketahui bahwa Komposisi 50% Semen 50% CSW dengan kode CCSW11 mempunyai kuat tekan optimum pada umur 56 hari sebesar 40.57 MPa. Berikut ini adalah grafik gabungan :



**Gambar 4.29** Grafik pengujian kuat tekan gabungan semua variasi CCSW

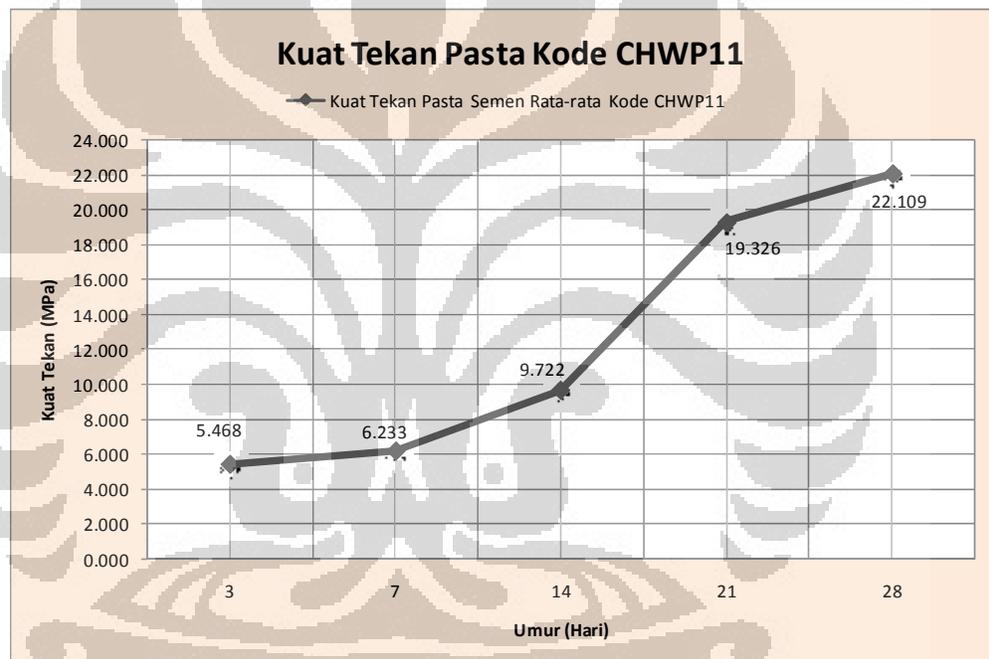
Pada Grafik diatas adalah gabungan dari semua variasi campuran semen dan CSW, terlihat pada grafik bahwa campuran CCSW 50% mendapatkan nilai maximum yang terjadi disaat umur benda uji 56 hari, yaitu sebesar 40,57 MPa.

#### 4.4.1.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta Campuran Semen+ RHA + CSW (CHWP)

##### a. Campuran 45% Semen,5% RHA,50% CSW (CHWP11)

**Tabel 4.30** Kuat tekan pasta kode CHWP11 (mengacu pada lampiran L-chwp-01)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CHWP11 Rata-rata	3	25	223.2	1395	5.468
2	CHWP11 Rata-rata	7	25	249.8	1590	6.233
3	CHWP11 Rata-rata	14	25	242.6	2480	9.722
4	CHWP11 Rata-rata	21	25	246.8	4930	19.326
5	CHWP11 Rata-rata	28	25	234.4	5640	22.109



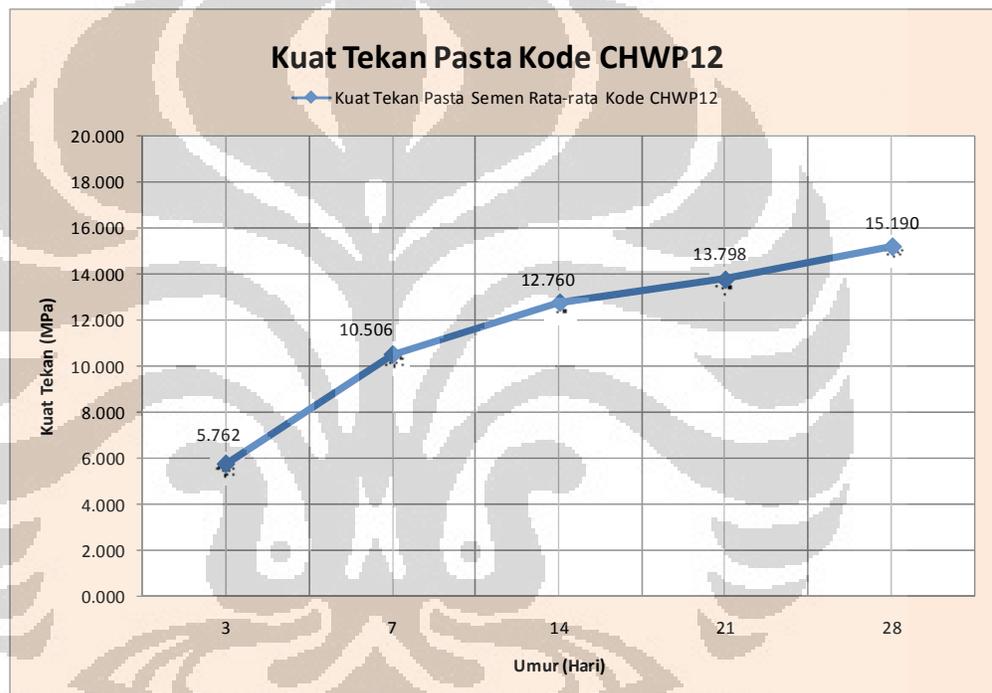
**Gambar 4.30** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CHWP11

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWP11 pada umur 28 hari mencapai 22,109 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji.

b. Campuran 30% Semen, 3.33% RHA, 66.67% CSW (CHWP12)

**Tabel 4.31** Kuat tekan pasta kode CHWP12(mengacu pada lampiran L-chwp-02)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	CHWP12 Rata-rata	3	25	224.0	1470	5.762
2	CHWP12 Rata-rata	7	25	216.8	2680	10.506
3	CHWP12 Rata-rata	14	25	230.6	3287.5	12.760
4	CHWP12 Rata-rata	21	25	226	3520	13.798
5	CHWP12 Rata-rata	28	25	225.8	3875	15.190



**Gambar 4.31** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CHWP12

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWP12 pada umur 28 hari mencapai 15,190 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji.

c. Campuran 22.5%Semen, 2.5% RHA,75% CSW (CHWP13)

**Tabel 4.32** Kuat tekan pasta kode CHWP13(mengacu pada lampiran L-chwp-03)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWP13 Rata-rata	3	25	222.8	650	2.548
2	CHWP13 Rata-rata	7	25	217.4	915	3.587
3	CHWP13 Rata-rata	14	25	232.6	920	3.606
4	CHWP13 Rata-rata	21	25	226.2	950	3.724
5	CHWP13 Rata-rata	28	25	210.4	1165	4.567



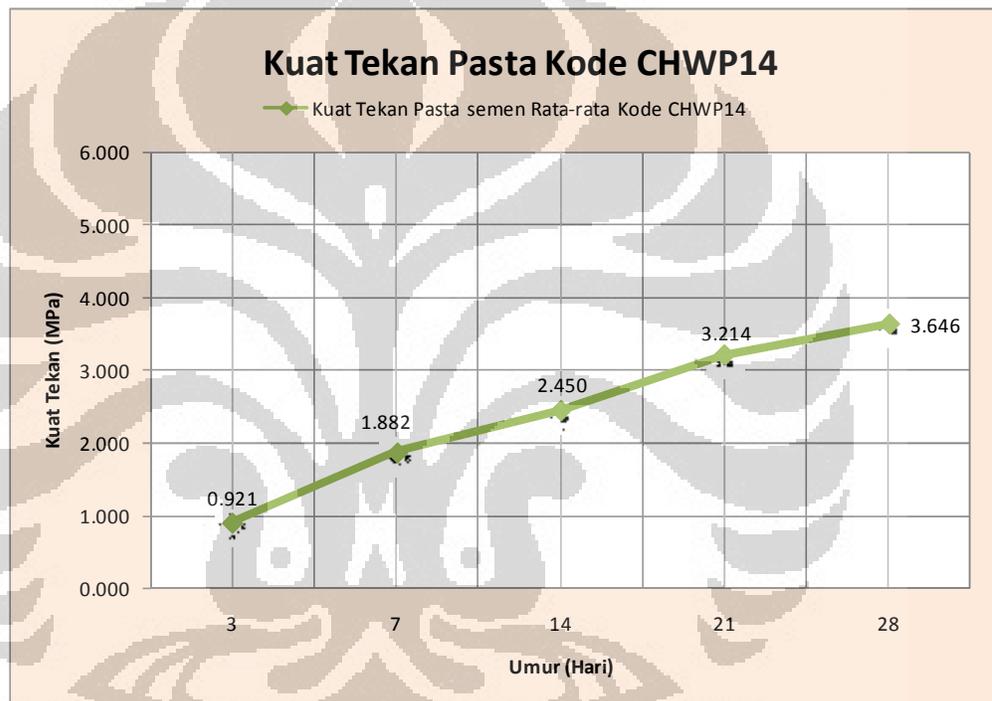
**Gambar 4.32** Grafik pengujian pengujian kuat tekan pasta kode CHWP13

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWP13 pada umur 28 hari mencapai 4,567 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji.

d. Campuran 18% Semen,2% RHA, 80% CSW (CHWP14)

Tabel 4.33 Kuat tekan pasta kode CHWP14(mengacu pada lampiran L-chwp-04)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWP14 Rata-rata	3	25	205.4	235	0.921
2	CHWP14 Rata-rata	7	25	224.4	480	1.882
3	CHWP14 Rata-rata	14	25	226.4	625	2.450
4	CHWP14 Rata-rata	21	25	231	820	3.214
5	CHWP14 Rata-rata	28	25	218.2	930	3.646



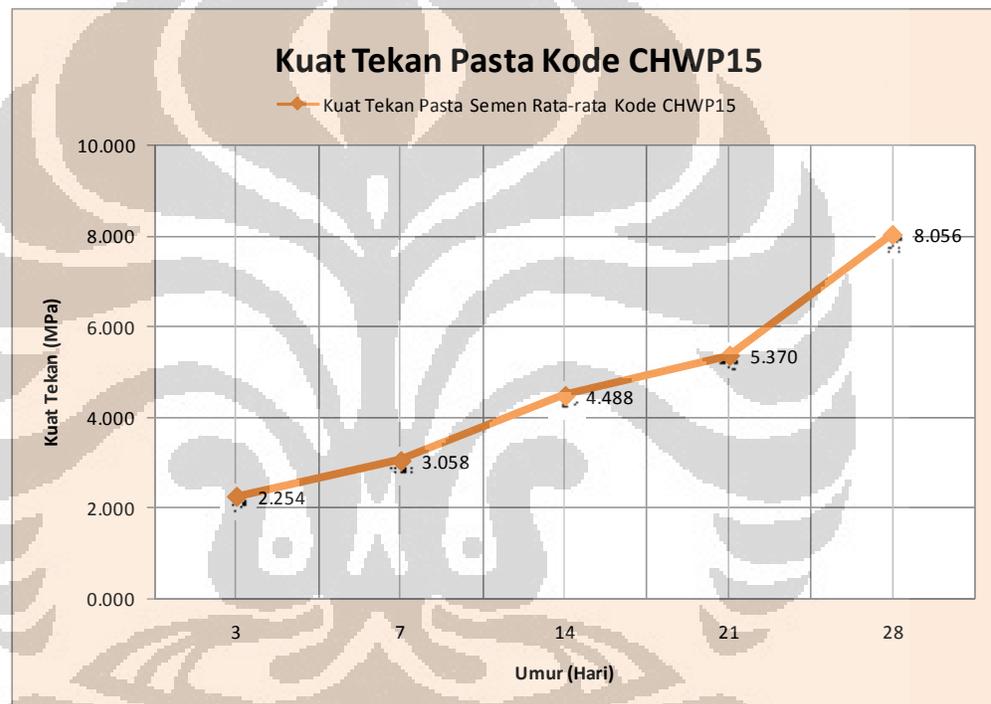
Gambar 4.33 Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CHWP14

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWP14 pada umur 28 hari mencapai 3,646 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji.

e. Campuran 15% Semen, 1.67% RHA, 83.33% CSW (CHWP15)

**Tabel 4.34** Kuat tekan pasta kode CHWP15(mengacu pada lampiran L-chwp-05)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWP15 Rata-rata	3	25	228.4	575	2.254
2	CHWP15 Rata-rata	7	25	230.8	780	3.058
3	CHWP15 Rata-rata	14	25	211.8	1145	4.488
4	CHWP15 Rata-rata	21	25	228.4	1370	5.370
5	CHWP15 Rata-rata	28	25	238.6	2055	8.056



**Gambar 4.34** Grafik pengujian kuat tekan pasta kode CHWP15

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWP15 pada umur 28 hari mencapai 8.056 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji.

f. Histogram Gabungan Kuat Tekan Pasta Semua Variasi CHWP berdasarkan umur benda uji.

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CHWP umur 3 hari



**Gambar 4.35** Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 3 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 3 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWP12 yaitu sebesar 5.76 MPa, sedangkan kuat tekan terkecil adalah CHWP14 sebesar 0.92 MPa.

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CHWP umur 7 hari



**Gambar 4.36** Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 7 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 7 hari, kuat tekan terbesar masih dihasilkan oleh CHWP12 yaitu sebesar 10.51 MPa, sedangkan kuat tekan terkecil adalah CHWP14 sebesar 1.88 MPa.

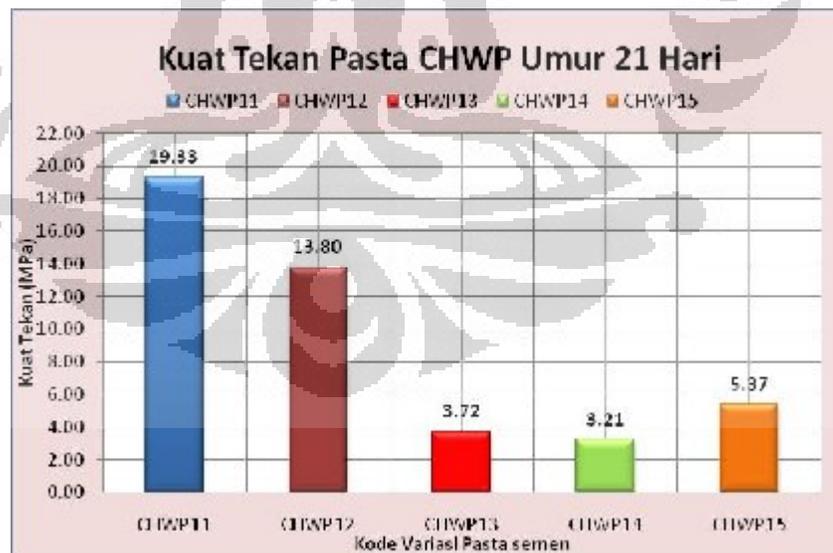
- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CHWP umur 14 hari



**Gambar 4.37** Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 14 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 14 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWP12 yaitu sebesar 12.76 MPa, sedangkan kuat tekan terkecil adalah CHWP14 sebesar 2.44 MPa.

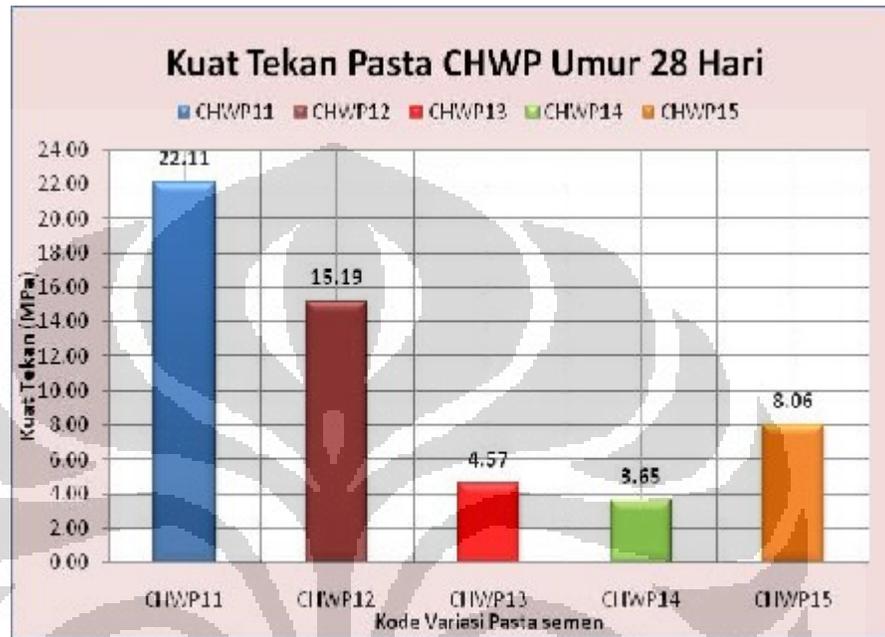
- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CHWP umur 21 hari



**Gambar 4.38** Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 21 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 21 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWP11 yaitu sebesar 19.33MPa, sedangkan kuat tekan terkecil adalah CHWP14 sebesar 3.21 MPa.

- Perbandingan kuat tekan semua variasi Kode CHWP umur 28 hari



**Gambar 4.39** Histogram kuat tekan pasta semua variasi kode CHWP umur 28 hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 28 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWP11 yaitu sebesar 22.11 MPa, sedangkan kuat tekan terkecil adalah CHWP14 sebesar 3.65 MPa. Dari beberapa histogram diatas, kuat tekan pada umur 3,7,14 hari adalah CHWP12, akan tetapi tertadi peningkatan kuat tekan pada variasi kode CHWP11 pada umur 21 dan 28 hari. Hasil ini, masih membingungkan, karena dikhawatirkan belum akurat. Tetapi bisa saja terjadi, namun hal ini sangat jarang terjadi, sehingga harus dilakukan penelitian ulang untuk memastikannya.



**Gambar 4.40** Grafik pengujian kuat tekan gabungan semua variasi CHWP

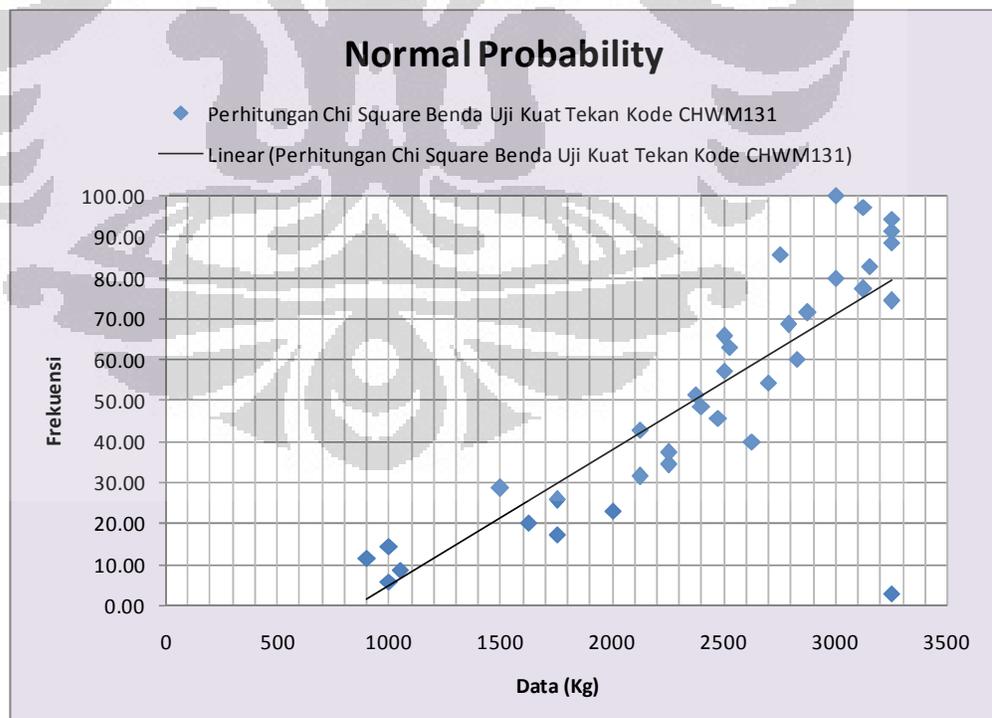
Pada Grafik diatas adalah gabungan dari semua variasi campuran semen, RHA dan CSW, terlihat pada grafik bahwa campuran CHWP11 mendapatkan nilai maximum yang terjadi disaat umur benda uji 28 hari, yaitu sebesar 22,109 MPa.

#### 4.4.2. Analisa distribusi data

Pengujian tekan pada penelitian ini dilakukan dengan mesin crushing test. 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*.

##### 4.4.2.1. *Chi-square* Kode CHWM131

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk kode CHWM131 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  $\chi^2 = 3.1870$ , yang mana lebih kecil dari nilai  $\chi^2$  tabel yaitu 12.59, untuk level of significance ( $\alpha$ ) 0.05.



**Gambar 4.41** Grafik normal probability uji kuat tekan kode CHWM131

#### 4.4.2.2. *Chi-square* Kode CHWM132

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk kode CHWM132 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  $\chi^2 = 3.99$ , yang mana lebih kecil dari nilai  $\chi^2$  tabel yaitu 12.59, untuk level of significance ( $\alpha$ ) 0.05.



**Gambar 4.42** Grafik normal probability uji kuat tekan kode CHWM132

#### 4.4.2.3. *Chi-square* Kode CHWM133

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk kode CHWM133 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

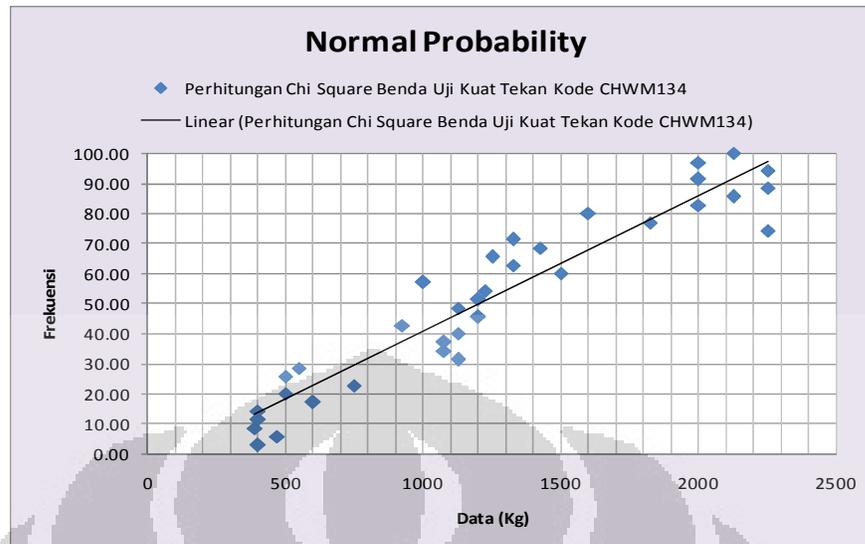
dengan nilai  $x^2 = 3.64$ , yang mana lebih kecil dari nilai  $x^2$  tabel yaitu 12.59, untuk level of significance ( $\alpha$ ) 0.05.



**Gambar 4.43** Grafik normal probability uji kuat tekan kode CHWM133

#### 4.4.2.4. *Chi-square* Kode CHWM134

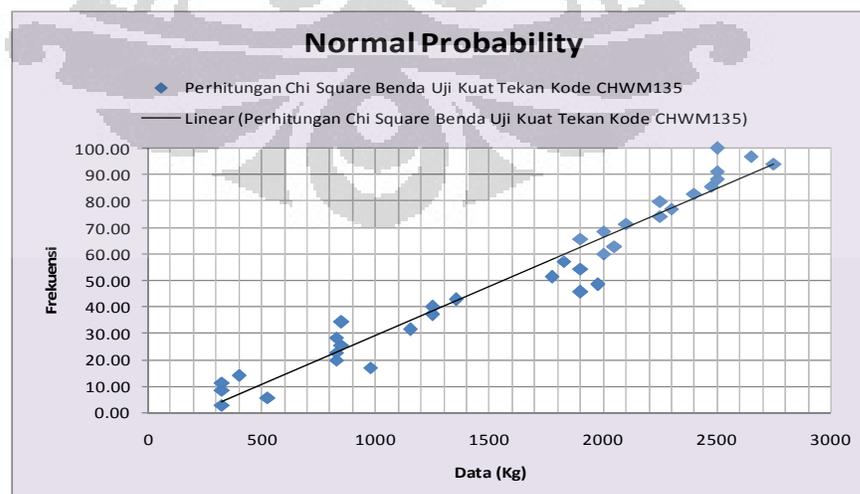
Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk kode CHWM134 memiliki total 35 benda uji, masing-masing 5 *sample* tiap umur pengujian. Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai  $x^2 = 4.55$ , yang mana lebih kecil dari nilai  $x^2$  tabel yaitu 12.59, untuk level of significance ( $\alpha$ ) 0.05.



**Gambar 4.44** Grafik normal probability uji kuat tekan kode CHWM134

#### 4.4.2.5. *Chi-square* Kode CHWM135

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah data benda uji kuat tekan memiliki distribusi normal atau tidak. Untuk kode CHWM135 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  $\chi^2 = 3.64$ , yang mana lebih kecil dari nilai  $\chi^2$  tabel yaitu 12.59, untuk level of significance ( $\alpha$ ) 0.05.



**Gambar 4.45** Grafik normal probability uji kuat tekan kode CHWM135

#### 4.4.3. Hasil pengujian Kuat Tekan Mortar Semen + RHA, Pasir + CSW Perbandingan 1: 3 (CHWM 13)

Pada pengujian ini terdapat 5 variasi campuran yang berbeda yang dibedakan berdasarkan komposisi pasir dan CSW. Sedangkan, Komposisi Semen dan RHA diseragamkan yaitu 92% semen dan 8 % pasir dari 25% berat keseluruhan.

##### 4.4.3.1. Hasil Pengujian dengan Campuran 30% Pasir 70% CSW (Kode : CHWM131)

**Tabel 4.35** Kuat tekan mortar CHWM131(mengacu pada lampiran L-chwm-01)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWM 131 Rata-rata	3	25	218.6	970	3.802
2	CHWM 131 Rata-rata	7	25	231.0	1725	6.762
3	CHWM 131 Rata-rata	14	25	240.0	2275	8.918
4	CHWM 131 Rata-rata	21	25	238.4	2490	9.761
5	CHWM 131 Rata-rata	28	25	238.2	2703	10.596
6	CHWM 131 Rata-rata	56	25	239.8	3055	11.976
7	CHWM 131 Rata-rata	90	25	241.6	3175	12.446



**Gambar 4.46** Grafik pengujian kuat tekan mortar kode CHWM131

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWM131 pada umur 28 hari mencapai 10.596 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji hingga umur 90 hari yang mencapai 12.446 MPa.

#### 4.4.3.2. Hasil Pengujian dengan Campuran 40% Pasir 60% CSW (Kode : CHWM132)

**Tabel 4.36** Kuat tekan mortar CHWM132(mengacu pada lampiran L-chwm-02)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWM 132 Rata-rata	3	25	244.0	1965	7.703
2	CHWM 132 Rata-rata	7	25	240.8	2405	9.428
3	CHWM 132 Rata-rata	14	25	252.4	2830	11.094
4	CHWM 132 Rata-rata	21	25	249.4	3285	12.877
5	CHWM 132 Rata-rata	28	25	246.2	3675	14.406
6	CHWM 132 Rata-rata	56	25	245.8	4370	17.130
7	CHWM 132 Rata-rata	90	25	240.2	4605	18.052



**Gambar 4.47** Grafik pengujian kuat tekan mortar kode CHWM132

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWM132 pada umur 28 hari mencapai 14.406 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji yang pada umur 90 hari mencapai 18.052 MPa.

4.4.3.3. Hasil Pengujian dengan Campuran 50% Pasir 50% CSW (Kode : CHWM133)

**Tabel 4.37** Kuat tekan mortar CHWM133(mengacu pada lampiran L-chwm-03)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWM 133 Rata-rata	3	25	237.0	1080	4.234
2	CHWM 133 Rata-rata	7	25	240.6	2450	9.604
3	CHWM 133 Rata-rata	14	25	245	2905	11.388
4	CHWM 133 Rata-rata	21	25	247	3285	12.877
5	CHWM 133 Rata-rata	28	25	244.4	4055	15.896
6	CHWM 133 Rata-rata	56	25	242.4	4730	18.542
7	CHWM 133 Rata-rata	90	25	243.2	5125	20.09



**Gambar 4.48** Grafik pengujian kuat tekan mortar kode CHWM133

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWM133 pada umur 28 hari mencapai 15.896 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada usia 90 hari kuat tekan mortar mencapai 20.09 MPa.

4.4.3.4. Hasil Pengujian dengan Campuran 60% Pasir 40% CSW (Kode : CHWM134)

**Tabel 4.38** Kuat tekan mortar CHWM134(mengacu pada lampiran L-chwm-04)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWM 134 Rata-rata	3	25	219.0	412	1.615
2	CHWM 134 Rata-rata	7	25	233.0	580	2.274
3	CHWM 134 Rata-rata	14	25	231.8	1065	4.175
4	CHWM 134 Rata-rata	21	25	234.4	1150	4.508
5	CHWM 134 Rata-rata	28	25	234.4	1365	5.351
6	CHWM 134 Rata-rata	56	25	235.6	1960	7.683
7	CHWM 134 Rata-rata	90	25	236.8	2125	8.330



**Gambar 4.49** Grafik pengujian kuat tekan mortar kode CHWM134

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWM134 pada umur 28 hari hanya mencapai 5.351 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji, dari grafik, pada umur 90 hari kuat tekan mortar hanya 8.330 MPa.

4.4.3.5. Hasil Pengujian dengan Campuran 70% Pasir 30% CSW (Kode : CHWM135)

**Tabel 4.39** Kuat tekan mortar CHWM135(mengacu pada lampiran L-chwm-05)

No.	Kode	Umur Benda Uji	Luas (Cm2)	Berat BU Rata-rata (gr)	Beban (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	CHWM 135 Rata-rata	3	25	222.8	415	1.627
2	CHWM 135 Rata-rata	7	25	232.8	860	3.371
3	CHWM 135 Rata-rata	14	25	233.6	1170	4.586
4	CHWM 135 Rata-rata	21	25	233.8	1930	7.566
5	CHWM 135 Rata-rata	28	25	231.0	2010	7.879
6	CHWM 135 Rata-rata	56	25	236.6	2335	9.153
7	CHWM 135 Rata-rata	90	25	240.6	2580	10.114



**Gambar 4.50** Grafik pengujian pengujian kuat tekan mortar kode CHWM135

Dari tabel diatas diketahui Kuat tekan mortar CHWM135 pada umur 28 hari hanya mencapai 7.879 MPa. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik bahwa terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada saat usia benda uji 90 hari terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 10.114 MPa.

4.4.3.6. Histogram Perbandingan Kuat tekan Semua Variasi Mortar disetiap umur benda uji.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 3 Hari



**Gambar 4.51** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 3 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 3 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 6.35 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 1.62 MPa.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 7 Hari



**Gambar 4.52** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 7 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 7 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 9.60 MPa

sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 2.27 MPa. Histogram masih menunjukkan hal yang sama dengan nilai kuat tekan pada umur 3 hari.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 14 Hari



**Gambar 4.53** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 14 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 14 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 11.39 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 4.17 MPa. Histogram masih menunjukkan hal yang sama dengan nilai kuat tekan pada umur 7 hari.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 21 Hari



**Gambar 4.54** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 21 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 21 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 12.98 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 4.51 MPa. Histogram masih menunjukkan hal yang sama dengan nilai kuat tekan pada umur 14 hari.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 28 Hari



**Gambar 4.55** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 28 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 28 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 15.90 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 5.35 MPa.

- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 56 Hari



**Gambar 4.56** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 56 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 56 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 18.54 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 7.68 MPa. Histogram masih menunjukkan hal yang sama dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari.

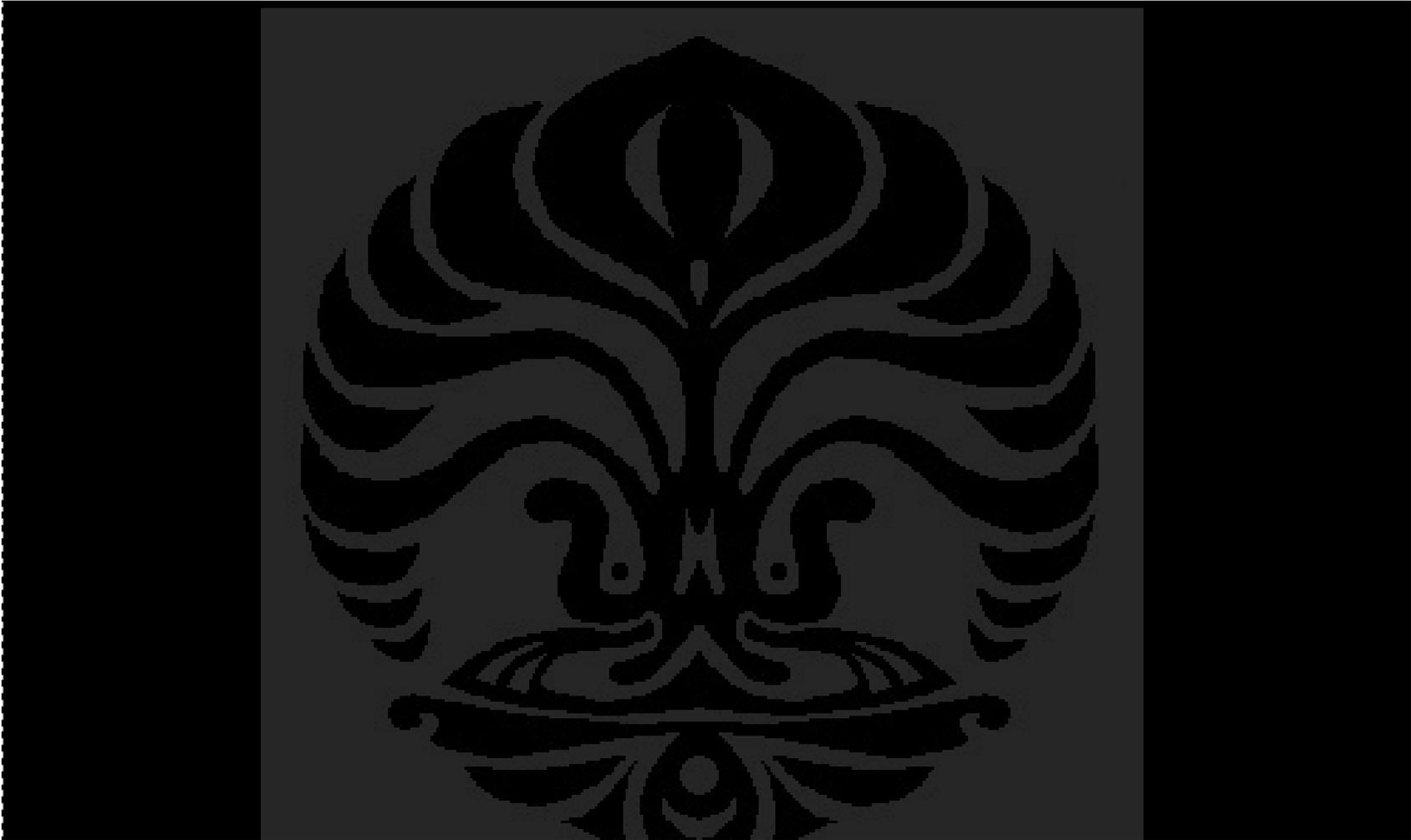
- Histogram Kuat tekan Mortar Umur 90 Hari



**Gambar 4.57** Histogram kuat tekan mortar semua variasi CHWM umur 90 Hari

Pada Histogram diatas, diketahui pada saat umur 90 hari, kuat tekan terbesar adalah CHWM133 dengan nilai sebesar 20.09 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah CHWM134 dengan nilai sebesar 8.33 MPa. Histogram masih menunjukkan hal yang sama dengan nilai kuat tekan pada umur 56 hari. Setelah dianalisa, kuat tekan mortar pada setiap umur dan disetiap variasi memiliki kenaikan disetiap umurnya, tidak ada lonjakan kuat tekan yang signifikan dalam penelitian ini.

#### 4.4.3.7. Grafik Kuat Tekan Mortar Gabungan Semua Variasi CHWM



Gambar 4.58 Grafik pengujian kuat tekan mortar gabungan

Dari grafik ini dapat terlihat jelas perbedaan komposisi pada campuran mortar sangat mempengaruhi kuat tekan mortar yang terjadi pada setiap umur-umur benda uji. Komposisi Mortar Kode CHWM133 mempunyai kuat tekan terbesar pada umur 28 hari yaitu sebesar 15.896 MPa, sedangkan Komposisi Mortar Kode CHWM134 mempunyai kuat tekan terendah pada umur 28 hari yaitu sebesar 5.351 MPa.

#### 4.5. 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 4.40** Hasil Pengujian density CHWM131

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Kering Oven (gram)	Berat Jenuh	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	CHWM 131-1	25	Type 1	28	251.0	106.0	197.0	240	0.9975	1.727
2	CHWM 131-2	25	Type 1	28	250.0	106.0	197.0	237	0.9975	1.732
3	CHWM 131-3	25	Type 1	28	248.0	106.5	197.0	235	0.9975	1.748
4	CHWM 131-4	25	Type 1	28	246.0	100.0	194.0	240	0.9975	1.681
5	CHWM 131-5	25	Type 1	28	246.0	101.0	199.0	239	0.9975	1.692
<b>Rata<sup>2</sup></b>					<b>248.2</b>	<b>103.9</b>	<b>196.8</b>	<b>238.2</b>	<b>1.0</b>	<b>1.716</b>

**Tabel 4.41** Hasil Pengujian density CHWM132

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Kering Oven (gram)	Berat Jenuh	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	CHWM 132-1	25	Type 1	28	225.0	81.0	171.0	225	0.9975	1.559
2	CHWM 132-2	25	Type 1	28	229.0	88.0	179.0	229	0.9975	1.620
3	CHWM 132-3	25	Type 1	28	219.0	79.0	169.0	219	0.9975	1.560
4	CHWM 132-4	25	Type 1	28	229.0	85.0	175.0	229	0.9975	1.586
5	CHWM 132-5	25	Type 1	28	220.0	79.0	168.0	220	0.9975	1.556
<b>Rata<sup>2</sup></b>					<b>224.4</b>	<b>82.4</b>	<b>172.4</b>	<b>224.4</b>	<b>0.9975</b>	<b>1.576</b>

Tabel 4.42 Hasil Pengujian density CHWM133

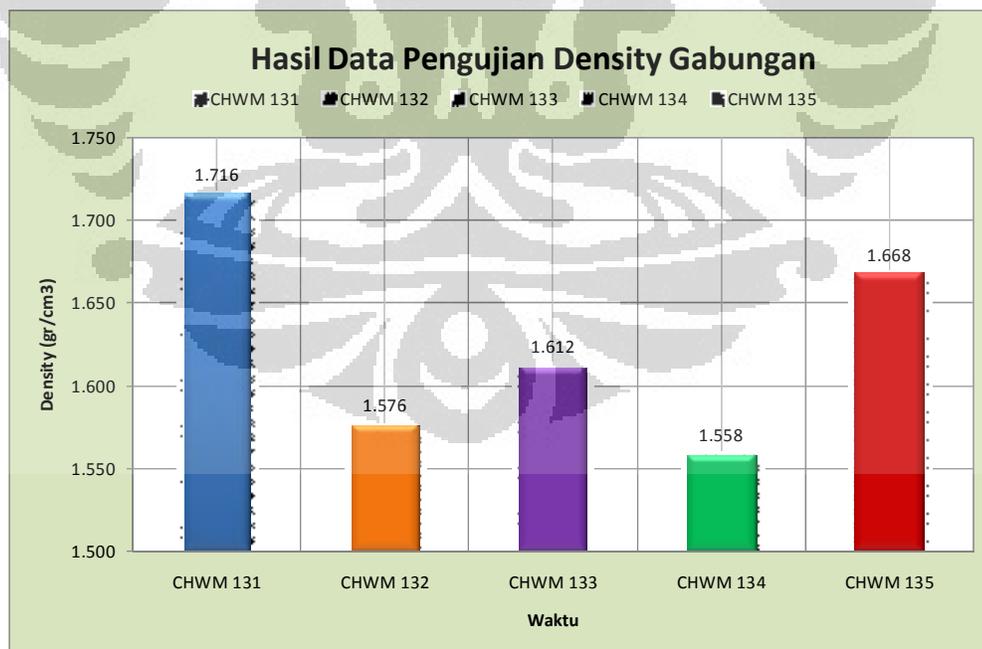
No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Kering Oven (gram)	Berat Jenuh	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	CHWM 133-1	25	Type 1	28	241.0	89.5	185.0	241	0.9975	1.587
2	CHWM 133-2	25	Type 1	28	242.0	96.0	189.0	235	0.9975	1.653
3	CHWM 133-3	25	Type 1	28	235.0	86.0	182.0	240	0.9975	1.573
4	CHWM 133-4	25	Type 1	28	242.0	90.0	176.0	235	0.9975	1.588
5	CHWM 133-5	25	Type 1	28	231.0	92.0	184.0	233	0.9975	1.658
Rata <sup>2</sup>					238.2	90.7	183.2	236.8	0.9975	1.612

Tabel 4.43 Hasil Pengujian density CHWM134

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Kering Oven (gram)	Berat Jenuh	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	CHWM 134-1	25	Type 1	28	231.0	79.0	168.0	231	0.9975	1.516
2	CHWM 134-2	25	Type 1	28	229.0	86.0	176.0	229	0.9975	1.597
3	CHWM 134-3	25	Type 1	28	229.0	87.0	177.0	232	0.9975	1.609
4	CHWM 134-4	25	Type 1	28	228.0	80.0	167.0	228	0.9975	1.537
5	CHWM 134-5	25	Type 1	28	229.0	80.0	167.0	229	0.9975	1.533
Rata <sup>2</sup>					229.2	82.4	171.0	229.8	0.9975	1.558

Tabel 4.44 Hasil Pengujian density CHWM135

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Kering Oven (gram)	Berat Jenuh	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )
1	CHWM 135-1	25	Type 1	28	235.0	95.0	188.0	225	0.9975	1.674
2	CHWM 135-2	25	Type 1	28	227.0	91.0	182.0	227	0.9975	1.665
3	CHWM 135-3	25	Type 1	28	236.0	94.0	186.0	231	0.9975	1.658
4	CHWM 135-4	25	Type 1	28	231.0	93.0	185.0	230	0.9975	1.670
5	CHWM 135-5	25	Type 1	28	232.0	93.5	185.0	232	0.9975	1.671
Rata <sup>2</sup>					232.2	93.3	185.2	229.0	0.9975	1.668



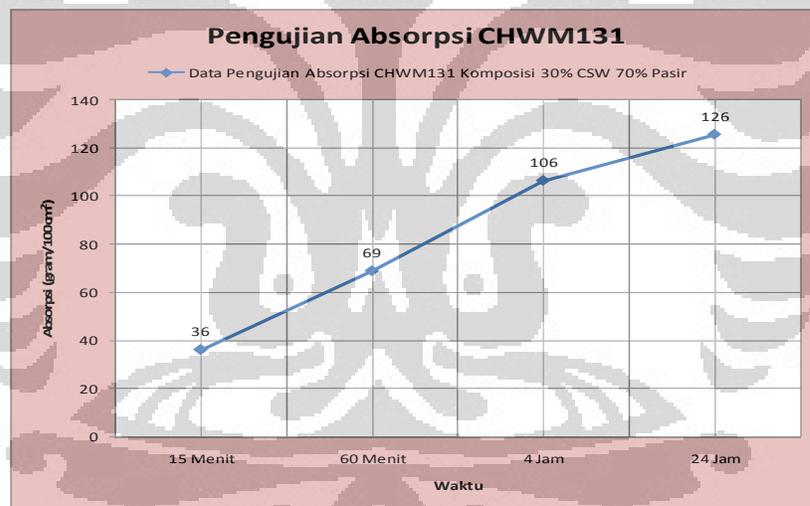
Gambar 4.59 Histogram pengujian Density Gabungan mortar CHWM

#### 4.6. 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. Berikut adalah Hasil pengujian absorpsi pada tiap-tiap kode-kode pengujian:

**Tabel 4.45** Hasil pengujian absorpsi CHWM131

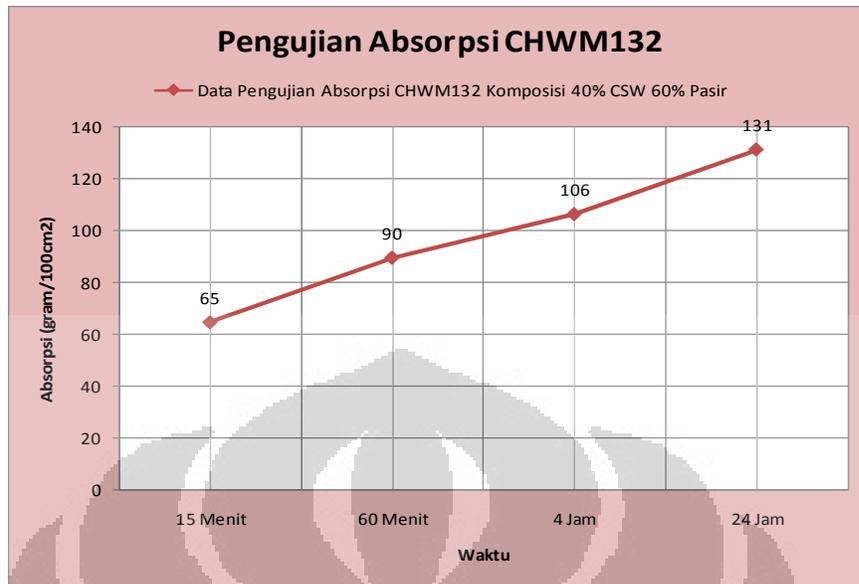
No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara	Kering Oven	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
											15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	CHWM 131-1	2500	Type 1	28	251.0	197.0	205.0	212.0	221.0	226.0	32	60	96	116
2	CHWM 131-2	2500	Type 1	28	250.0	197.0	205.0	212.0	222.0	226.0	32	60	100	116
3	CHWM 131-3	2500	Type 1	28	248.0	197.0	206.0	214.0	224.0	230.0	36	68	108	132
4	CHWM 131-4	2500	Type 1	28	246.0	194.0	204.0	215.0	225.0	229.0	40	84	124	140
5	CHWM 131-5	2500	Type 1	28	246.0	199.0	209.0	217.0	225.0	230.0	40	72	104	124
	Rata <sup>2</sup>				248.2	196.8	205.8	214.0	223.4	228.2	36	69	106	126



**Gambar 4.60** Grafik pengujian absorpsi CHWM131

**Tabel 4.46** Hasil pengujian absorpsi CHWM132

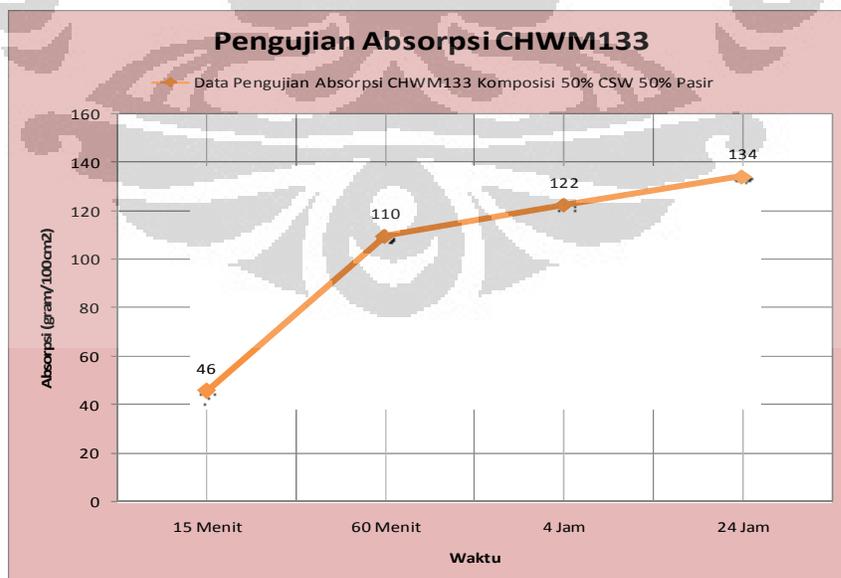
No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara	Kering Oven	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
											15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	CHWM 132-1	2500	Type 2	28	225.0	171.0	189.0	195.0	202.0	206.0	72	96	124	140
2	CHWM 132-2	2500	Type 2	28	229.0	179.0	193.0	204.0	207.0	210.0	56	100	112	124
3	CHWM 132-3	2500	Type 2	28	219.0	169.0	188.0	190.0	193.0	206.0	76	84	96	148
4	CHWM 132-4	2500	Type 2	28	229.0	175.0	193.0	199.0	202.0	204.0	72	96	108	116
5	CHWM 132-5	2500	Type 2	28	220.0	168.0	180.0	186.0	191.0	200.0	48	72	92	128
	Rata <sup>2</sup>				224.4	172.4	188.6	194.8	199.0	205.2	65	90	106	131



Gambar 4.61 Grafik pengujian absorpsi CHWM132

Tabel 4.47 Hasil pengujian absorpsi CHWM133

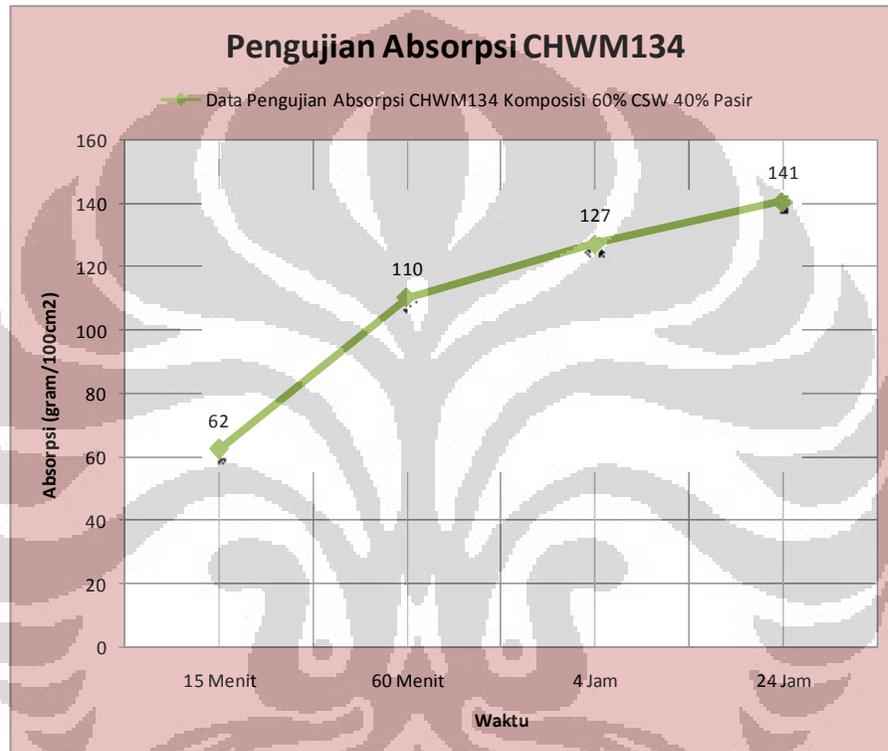
No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara	Kering Oven	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
											15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	CHWM 133-1	2500	Type 2	28	241.0	185.0	198.0	215.0	217.0	220.0	52	120	128	140
2	CHWM 133-2	2500	Type 2	28	242.0	189.0	198.0	216.0	219.0	221.0	36	108	120	128
3	CHWM 133-3	2500	Type 2	28	235.0	182.0	193.0	208.0	212.0	215.0	44	104	120	132
4	CHWM 133-4	2500	Type 2	28	242.0	176.0	189.0	201.0	205.0	210.0	52	100	116	136
5	CHWM 133-5	2500	Type 2	28	231.0	184.0	195.0	213.0	216.0	218.0	44	116	128	136
Rata <sup>2</sup>					238.2	183.2	194.6	210.6	213.8	216.8	46	110	122	134



Gambar 4.62 Grafik pengujian absorpsi CHWM133

Tabel 4.48 Hasil pengujian absorpsi CHWM134

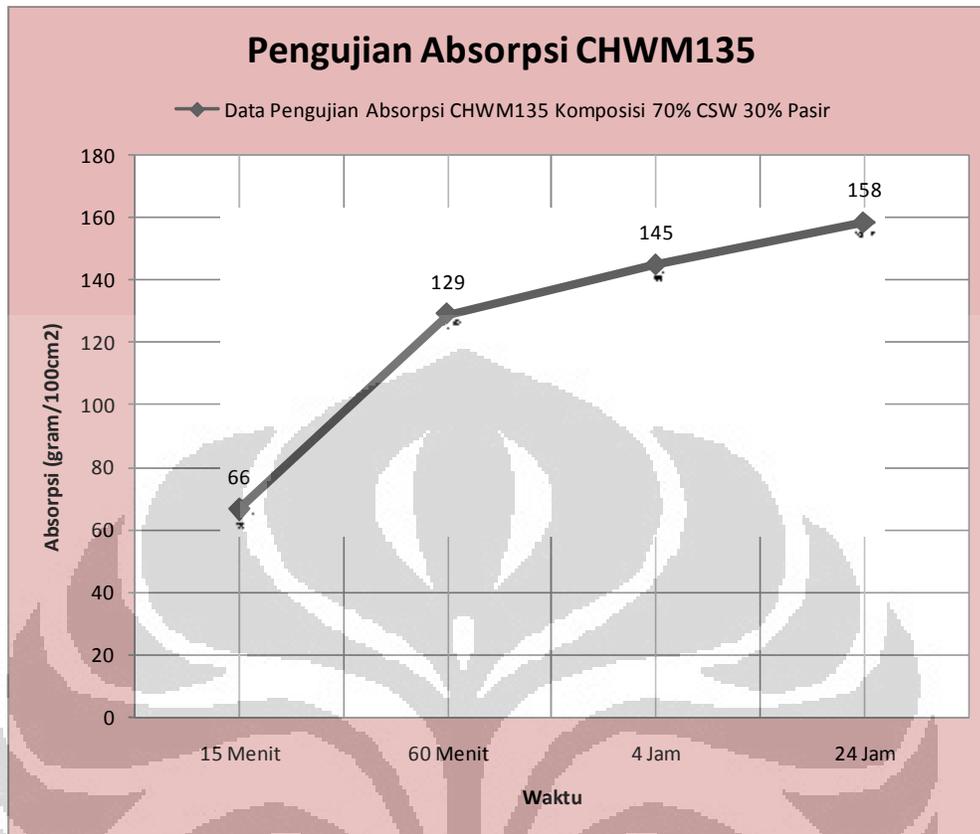
No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara	Kering Oven	15 Menit (gram)	60 Menit (gram)	4 Jam (gram)	24 Jam (gram)	Absorpsi (gram/100cm <sup>2</sup> )			
											15 Menit	60 Menit	4 Jam	24 Jam
1	CHWM 134-1	2500	Type 2	28	231.0	168.0	183.0	196.0	200.0	204.0	60	112	128	144
2	CHWM 134-2	2500	Type 2	28	229.0	176.0	190.0	202.0	206.0	210.0	56	104	120	136
3	CHWM 134-3	2500	Type 2	28	229.0	177.0	193.0	201.0	205.0	208.0	64	96	112	124
4	CHWM 134-4	2500	Type 2	28	228.0	167.0	184.0	196.0	201.0	203.0	68	116	136	144
5	CHWM 134-5	2500	Type 2	28	229.0	167.0	183.0	198.0	202.0	206.0	64	124	140	156
Rata <sup>2</sup>					229.2	171.0	186.6	198.6	202.8	206.2	62	110	127	141



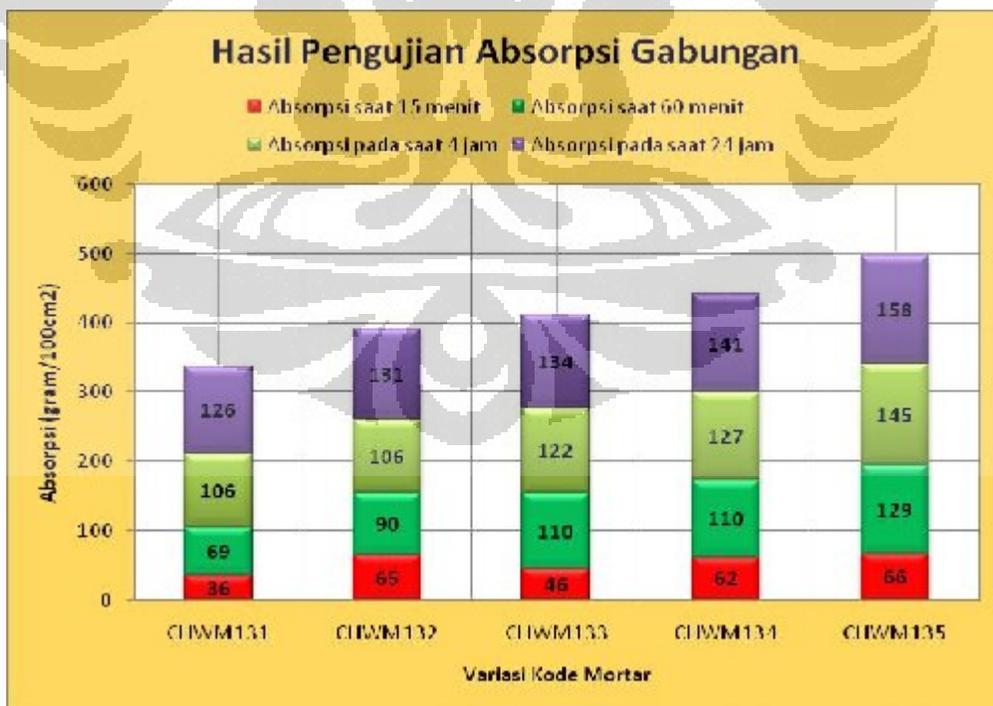
Gambar 4.63 Grafik pengujian absorpsi CHWM134

Tabel 4.49 Hasil pengujian absorpsi CHWM135

No	Kode Benda Uji	Luas (cm <sup>2</sup> )	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara	Kering Oven	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	CHWM 135-1	2500	Type 2	28	235.0	188.0	204.0	220.0	224.0	229.0	64	128	144	164
2	CHWM 135-2	2500	Type 2	28	227.0	182.0	199.0	216.0	221.0	225.0	68	136	156	172
3	CHWM 135-3	2500	Type 2	28	236.0	186.0	201.0	216.0	220.0	224.0	60	120	136	152
4	CHWM 135-4	2500	Type 2	28	231.0	185.0	203.0	218.0	223.0	222.0	72	132	152	148
5	CHWM 135-5	2500	Type 2	28	232.0	185.0	202.0	217.0	223.0	224.0	68	128	152	156
Rata <sup>2</sup>					232.2	185.2	201.8	217.4	222.2	224.8	66	129	148	158



Gambar 4.64 Grafik pengujian absorpsi CHWM135



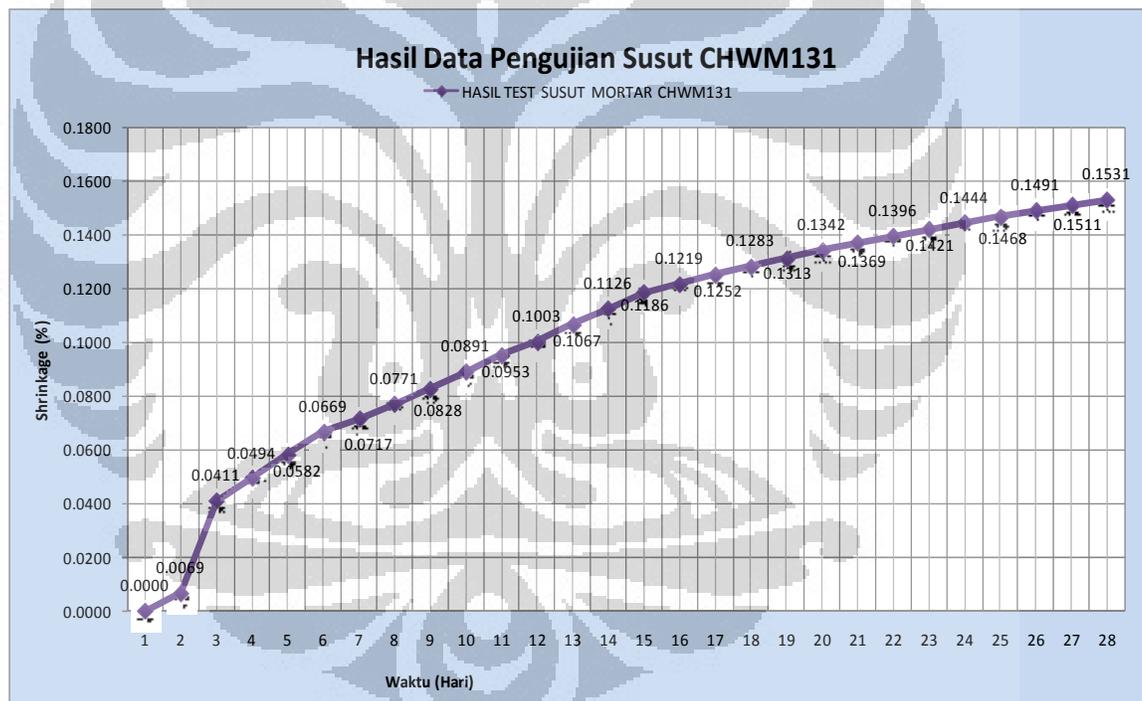
Gambar 4.65 Histogram pengujian absorpsi Gabungan

#### 4.7. HASIL PENGUJIAN SUSUT

Pengujian susut mortar dilakukan sesuai dengan ASTM C 490-04. Tujuannya untuk mengetahui perubahan panjang tanpa dilakukan pembebanan. Pengujian dilakukan selama  $\pm 28$  hari dengan benda uji balok 25x25x300 mm. Jumlah sampel 3 buah untuk setiap komposisi campuran. Berikut adalah grafik hasil pengujian kuat tekan berdasarkan variasi campuran.

##### 4.7.1. Hasil pengujian susut mortar CHWM131

Untuk tabel penyusutan dapat dilihat pada lampiran (L-susut-01), dan berikut ini adalah grafik hasil pengujian susut kode CHWM131, yang berbanding antara waktu (hari) dengan penyusutan (%):

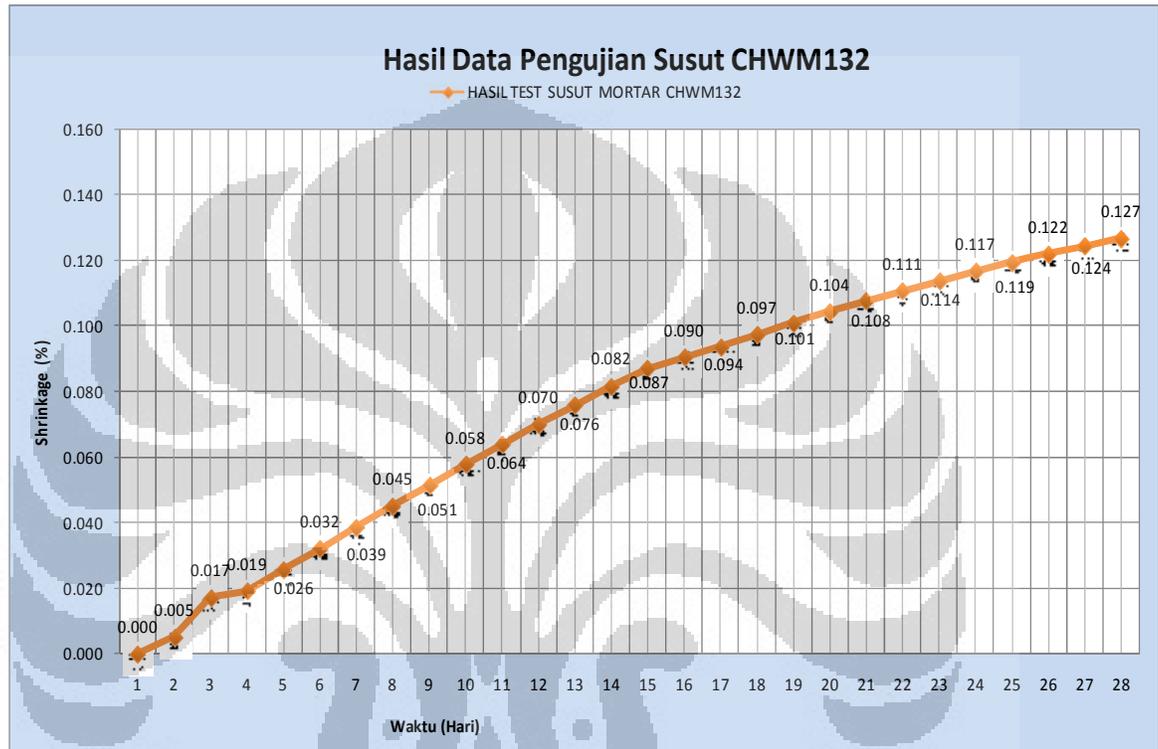


Gambar 4.66 Grafik pengujian susut kode 131

Pada grafik diatas diatas diketahui, bahwa penyusutan rata-rata ketiga sampel yang mewakili variasi Kode CHWM131 mencapai 0.152 % dari panjang benda uji. Penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh suhu ruangan dan kelembapan.

#### 4.7.2. Hasil pengujian susut mortar CHWM132

Untuk tabel penyusutan dapat dilihat pada lampiran (L-susut-02), dan berikut ini adalah grafik hasil pengujian susut kode CHWM132, yang berbanding antara waktu (hari) dengan penyusutan (%):

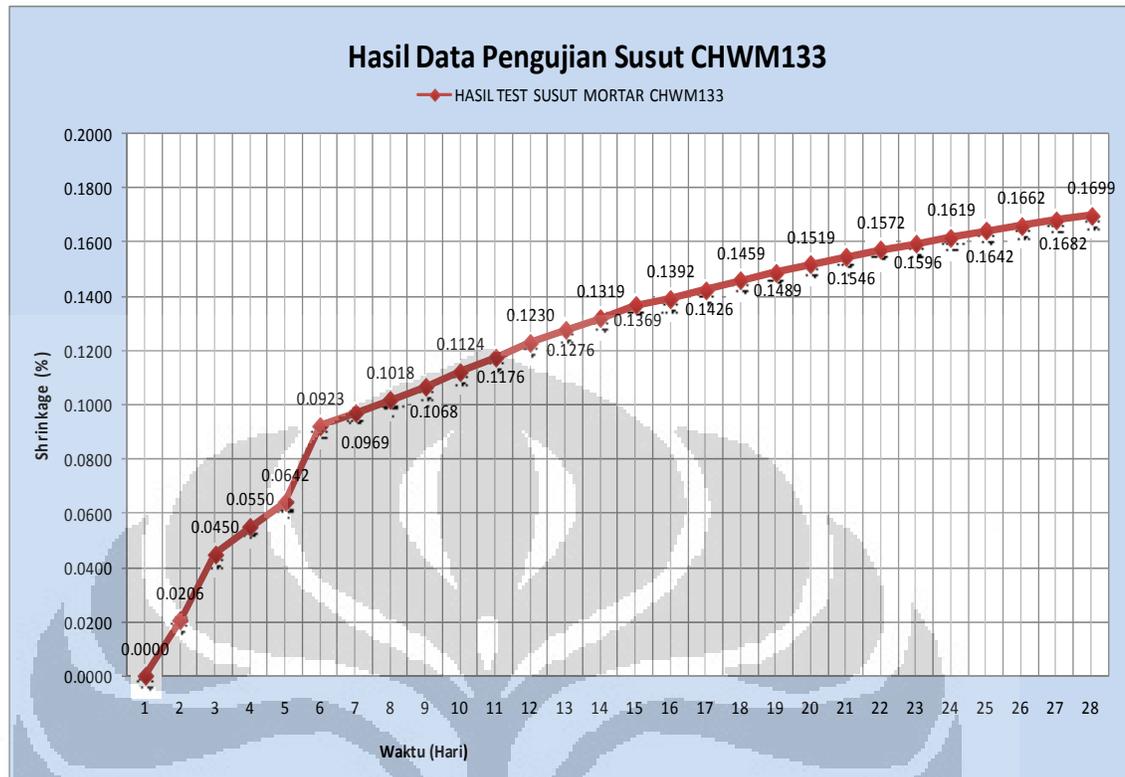


**Gambar 4.67** Grafik pengujian susut kode 132

Pada grafik diatas diatas diketahui, bahwa penyusutan rata-rata ketiga sampel yang mewakili variasi Kode CHWM132 mencapai 0.127 % dari panjang benda uji. Penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh suhu ruangan dan kelembapan.

#### 4.7.3. Hasil pengujian susut mortar CHWM133

Untuk tabel penyusutan dapat dilihat pada lampiran (L-susut-03), dan berikut ini adalah grafik hasil pengujian susut kode CHWM133, yang berbanding antara waktu (hari) dengan penyusutan (%):

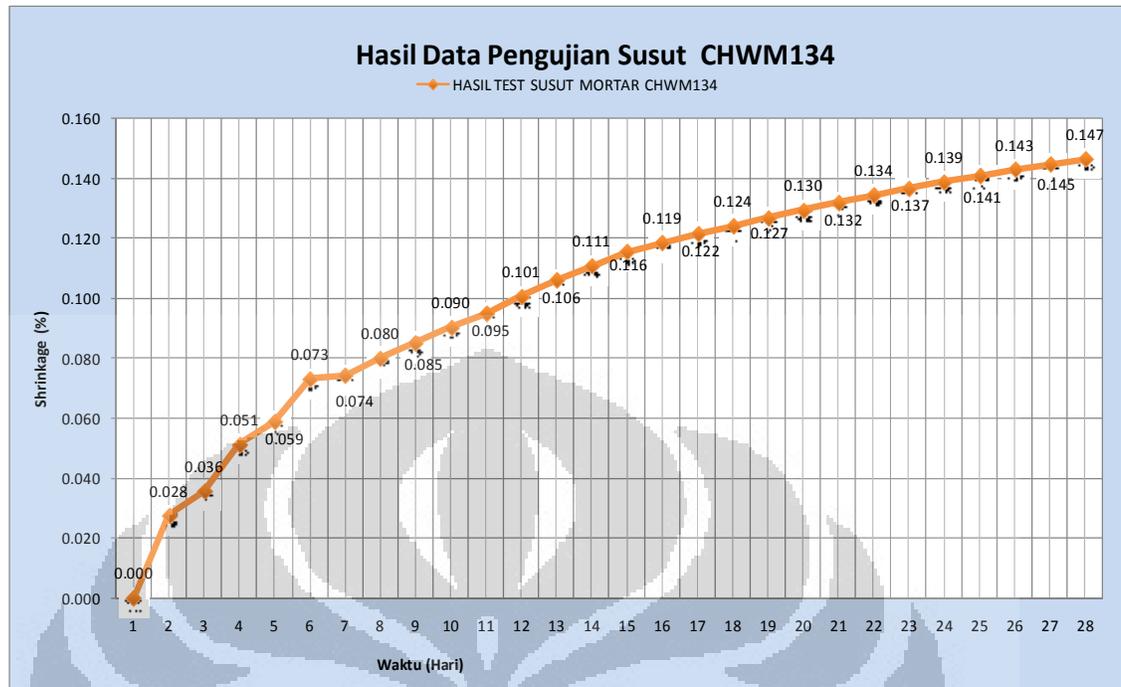


**Gambar 4.68** Grafik pengujian susut kode 133

Pada grafik diatas diketahui, bahwa penyusutan rata-rata ketiga sampel yang mewakili variasi Kode CHWM133 mencapai 0.169 % dari panjang benda uji. Penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh suhu ruangan dan kelembapan.

#### 4.7.4. Hasil pengujian susut mortar CHWM134

Untuk tabel penyusutan dapat dilihat pada lampiran (L-susut-04), dan berikut ini adalah grafik hasil pengujian susut kode CHWM134, yang berbanding antara waktu (hari) dengan penyusutan (%):

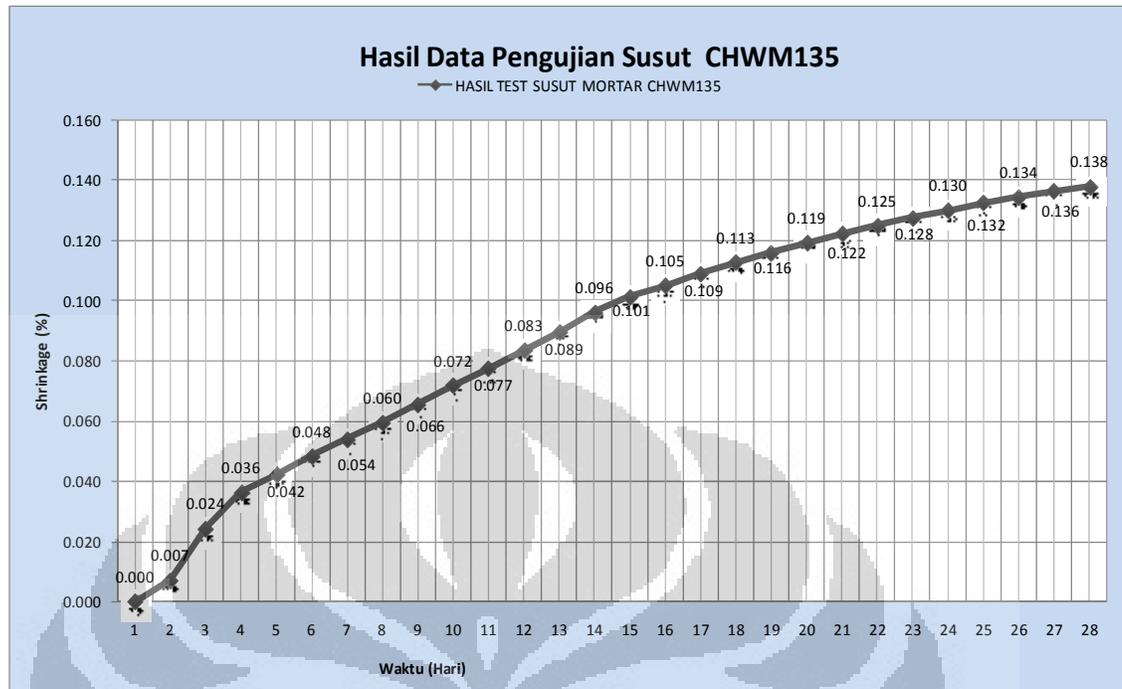


**Gambar 4.69** Grafik pengujian susut kode 134

Pada grafik diatas diatas diketahui, bahwa penyusutan rata-rata ketiga sampel yang mewakili variasi Kode CHWM134 mencapai 0.147 % dari panjang benda uji. Penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh suhu ruangan dan kelembapan.

#### 4.7.5. Hasil pengujian susut mortar CHWM135

Untuk tabel penyusutan dapat dilihat pada lampiran (L-susut-05), dan berikut ini adalah grafik hasil pengujian susut kode CHWM135, yang berbanding antara waktu (hari) dengan penyusutan (%):



**Gambar 4.70** Grafik pengujian susut kode 135

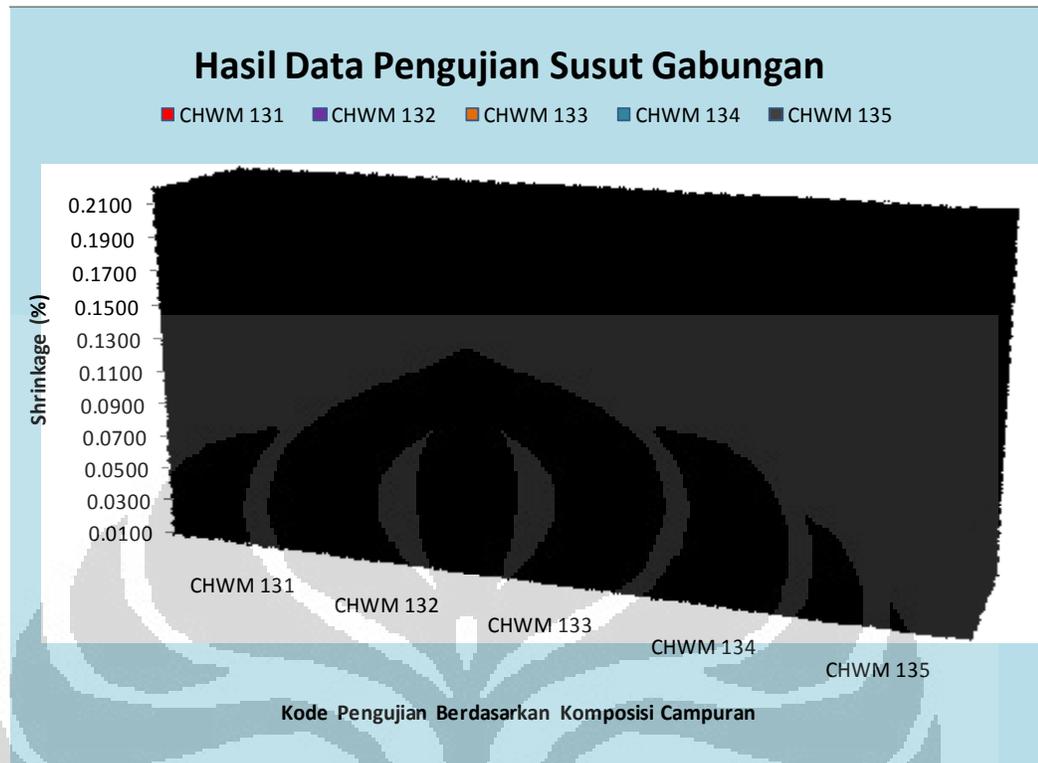
Pada grafik diatas diatas diketahui, bahwa penyusutan rata-rata ketiga sampel yang mewakili variasi Kode CHWM135 mencapai 0.138 % dari panjang benda uji. Penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh suhu ruangan dan kelembapan.

#### 4.7.6. Hasil pengujian susut mortar gabungan

Berikut ini adalah perbandingan nilai susut pada setiap kode variasi, terjadi perbedaan penyusutan dikarenakan material pembetuk serta suhu dan kelembapan ruangan.

**Tabel 4.50** Hasil Pengujian susut gabungan

Kode	Shrinkage (%)			Rata-rata
	S-1	S-2	S-3	
CHWM131	0.1477	0.1543	0.1531	0.1517
CHWM132	0.1290	0.1267	0.1247	0.1268
CHWM133	0.1673	0.1710	0.1713	0.1699
CHWM134	0.1463	0.1483	0.1450	0.1466
CHWM135	0.1273	0.1263	0.1600	0.1379



**Gambar 4.71** Histogram pengujian susut Gabungan

#### 4.8. ANALISA HASIL PENELITIAN

##### 4.8.1. Analisa Kuat Tekan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada laboratorium, Komposisi campuran Semen : Agregat Halus 1:3, yang di bagi kedalam 5 Variasi yaitu, CHWM131, dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 30% CSW 70% Pasir, pada umur 28 hari kuat tekan mencapai 10.596 MPa dan terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji hingga umur 90 hari yang mencapai 12.446 MPa. Untuk CHWM132 dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 40% CSW 60% Pasir, Terjadi Peningkatan dibandingkan Variasi kode CHWM131 yang diketahui pada umur 28 hari kuat tekan mortar mencapai 14.406 MPa dan terjadi peningkatan kuat tekan pada umur 90 hari mencapai 18.052 MPa.

Variasi ke 3 yang diberi Kode CHWM133 dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 50% CSW 50% Pasir, memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan variari lainnya, dari tabel dan grafik, pada

umur 28 hari Kuat tekan mortar mencapai 15.896 MPa dan terus terjadi peningkatan kuat tekan disetiap umur benda uji. Pada usia 90 hari kuat tekan mortar mencapai 20.09 MPa. Variasi ke 4 kode CHWM134 dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 60% CSW 40% Pasir memiliki kuat tekan terendah, Dari tabel dan grafik pada umur 28 hari hanya mencapai 5.351 MPa. Kenaikannya pun tidak terlalu signifikan karena pada saat usia benda uji 90 hari kuat tekan mortar hanya sebesar 8.330 MPa. Kode CHWM135, dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 70% CSW 30% Pasir, diketahui Kuat tekan mortar pada umur 28 hari hanya mencapai 7.879 MPa dan pada umur 90 hari kuat tekan mortar sebesar 10.114 MPa.

Dari data-data diatas, penambahan CSW dengan komposisi yang tinggi, dapat menurunkan kuat tekan mortar, akan tetapi CSW dapat digunakan apabila komposisinya setara dengan pasir, hal ini dapat dilihat bahwa pencampuran CSW dan Pasir yang digunakan secara seimbang pada mortar kode CHWM133, akan menambah kuat tekan pada mortar.

#### 4.8.2. Analisa Density

Nilai berat jenis (*density*) yang dihasilkan untuk setiap komposisi mortar sangat bervariasi, semakin tinggi kadar pasir di suatu campuran mortar, maka akan semakin tinggi pula berat jenis yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, Kode CHWM131 dengan Komposisi 92% Semen, 8% RHA, 30% CSW 70% Pasir dengan nilai density  $1,716 \text{ g/cm}^3$ , yang artinya nilai density yang dihasilkan lebih tinggi daripada nilai density pada variasi lainnya.

Untuk Komposisi lainnya, seperti Kode CHWM132, dengan campuran 92% semen, 8% RHA, 60% Pasir 40% CSW dengan nilai density sebesar  $1,576 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan untuk Kode CHWM133, nilai density yang dihasilkan sebesar 1.612, dan nilai density terkecil untuk komposisi 92% semen, 8% RHA, 60% CSW, 40% Pasir yang diberi kode CHWM134 yaitu sebesar  $1,558 \text{ g/cm}^3$ , serta nilai density CHWM135 sebesar  $1,668 \text{ g/cm}^3$ .

#### 4.8.3. Analisa Absorpsi

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai absorpsi pada campuran Kode CHWM131 yaitu sebesar 126 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan nilai absorpsi untuk campuran kode CHWM132 dengan komposisi 92% semen, 8% RHA, 40%CSW, 60% Pasir yaitu sebesar 131 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam.

Nilai absorpsi campuran mortar kode CHWM133, komposisi 92% semen, 8% RHA, 50%CSW, 50% Pasir yaitu sebesar 134 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan untuk CHWM134 dengan komposisi komposisi 92% semen, 8% RHA, 60%CSW, 40% Pasir memiliki nilai absorpsi sebesar 141 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam. Dan variasi terakhir dengan kode CHWM135 komposisi 92% semen, 8% RHA, 70%CSW, 30% Pasir memiliki nilai absorpsi paling tinggi yaitu sebesar 158 gram/100cm<sup>2</sup>. Dari hasil ini diketahui bahwa penyerapan air pada CSW sangatlah tinggi.

#### 4.8.4. Analisa Susut

Untuk analisa pengujian susut yang dilakukan dilaboratorium, juga dilakukan terdiri 5 variasi Mortar, alat dial yang digunakan dipakai dengan ketelitian 0.001 mm, sehingga pembacaan lebih akurat. Untuk kode CHWM131 mendapatkan nilai susut sebesar 0.1549% sedangkan untuk Kode CHWM132 dan Kode CHWM135 dilakukan pengujian susut secara bersamaan sehingga nilai susutnya pun sebesar 0.1268% dan 0.1379%.

untuk pengujian CHWM133 dan CHWM134 nilai susutnya sebesar 0.1699 % dan 0.1466%. Dari hasil penelitian susut, banyak hal yang mempengaruhi penyusutan pada mortar, yaitu kelembapan dan suhu. Apabila suhu sangat tinggi, maka terjadi penyusutan yang sangat cepat. Untuk rincian penelitian, dapat dilihat pada lampiran pengujian susut.

#### **4.9. PENGARUH PENAMBAHAN *CONCRETE SLUDGE WASTE* (CSW)**

##### **4.9.1. Pengaruh Terhadap Kuat Tekan**

Untuk penambahan RHA pada mortar, hal ini sebelumnya sudah dibahas pada penelitian sebelumnya. Pada laporan penelitian sebelumnya, penggunaan RHA, hanya bisa digunakan  $\pm 10\%$  dari berat semen untuk mendapatkan nilai kuat tekan optimum. Namun dilakukan kembali pengujian ulang, melalui tes pasta semen, dengan menggunakan RHA maksimum sebesar 8% dari berat semen untuk mendapatkan nilai kuat tekan optimum. Sehingga, dalam penelitian ini penggunaan maksimum RHA hanya 8% untuk pengujian campuran mortar selanjutnya.

Dalam laporan ini, hanya akan dibahas pengaruh penambahan CSW pada mortar, karena komposisi CSW lebih besar sebagai pengganti pasir atau sebagai agregat halus. Penambahan CSW ternyata mempengaruhi kuat tekan mortar, akan tetapi penggunaannya tidak dapat sepenuhnya diganti dengan pasir karena kuat tekan yang dihasilkan sangat rendah. Dalam penelitian yang telah dilakukan, komposisi yang seimbang antara pasir dan CSW, dapat menghasilkan kuat tekan yang optimum, ini dikarenakan butiran CSW yang lebih halus dibandingkan pasir sehingga, satu sama lainnya saling mengikat sehingga lebih padat dan menghasilkan kuat tekan optimum.

##### **4.9.2. Pengaruh Terhadap Density**

Nilai density pada CSW sangat mempengaruhi nilai density mortar. Karena berat jenis CSW jauh lebih rendah dibandingkan nilai density pasir, sehingga semakin banyak kandungan pasir dalam mortar, maka semakin tinggi pula nilai density mortar ini sendiri. Akan tetapi kandungan pada CSW juga terdapat pasir. Jadi, nilai density pada mortar yang mengandung CSW yang jauh lebih banyak belum tentu memiliki nilai density yang rendah, hal ini mungkin dikarenakan kandungan CSW juga mengandung material pasir.

#### 4.9.3. Pengaruh Terhadap Absorpsi

Nilai penyerapan air atau Absorpsi pada mortar sangat bervariasi tergantung seberapa banyak CSW yang dicampurkan dengan material pembentuk mortar lainnya. Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan yang terdiri dari CHWM131 dengan komposisi 30% CSW, CHWM132 dengan komposisi 40% CSW, CHWM133 dengan komposisi 50% CSW, CHWM134 dengan komposisi 60% CSW dan variasi terakhir dengan komposisi 70% CSW, maka variasi terakhir yaitu CHWM135 dengan kandungan sebesar 70% dari total berat agregat halus yang memiliki penyerapan air paling tinggi. Hal ini, bisa dapat dilihat dari hasil penyerapan air CSW pada pengujian pendahuluan.

#### 4.9.4. Pengaruh Terhadap Susut

Pengaruh penambahan CSW pada susut juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan disekitar pengujian. Untuk kode CHWM131 mendapatkan nilai susut sebesar 0.1549% sedangkan untuk Kode CHWM132 dan Kode CHWM135 dilakukan pengujian susut secara bersamaan sehingga nilai susutnya pun sebesar 0.1268% dan 0.1379%. Untuk pengujian CHWM133 dan CHWM134 nilai susutnya sebesar 0.1699 % dan 0.1466%.

#### 4.10. Pemanfaatan CSW untuk bahan bangunan

Dalam hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa manfaat dari penggunaan CSW bisa digunakan oleh industri. Karena pada penelitian ini, komposisi semen Agregat halus 1: 3 dengan variasi 92%, 8%, 50%, 50% pada umur 28 hari mencapai kuat tekan sebesar 15.896 MPa. Berikut ini adalah pada persyaratan bata beton (Paving blok) menurut SNI 03-0691-1996 mengenai syarat mutu dan klasifikasi bata beton :

Klasifikasi :

- Bata Beton Mutu A digunakan untuk jalan
- Bata Beton Mutu B digunakana untuk peralatan parkir
- Bata Beton Mutu C digunakana untuk pejalan kaki

- Bata Beton Mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain  
Syarat Mutu :

**Tabel 4.51** Syarat mutu Paving Blok menurut SNI

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks
	Rata-rata	min	Rata-rata	min	%
A	40	35	0.090	0.103	3
B	20	17.0	0.130	0.149	6
<b>C</b>	<b>15</b>	<b>12.5</b>	<b>0.160</b>	<b>0.184</b>	<b>8</b>
D	10	8.5	0.219	0.251	10

Dari persyaratan mutu paving blok diatas, maka setelah diteliti bahwa penggunaan CSW dapat diaplikasikan sebagai bahan bangunan karena masuk dalam kalsifikasi paving blok mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki. Dan tentunya dengan penelitian ini, limbah yang dihasilkan oleh batching plan dapat dimanfaatkan kembali menjadi suatu produk bahan bangunan lingkungan yang tentunya dapat pula meminimalisir dampak lingkungan disekitar batching plan.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Pada bab kesimpulan ini, dibuat berdasarkan uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya mengenai pemakaian *Rice Husk Ash* dan *Concrete Sludge Waste* terhadap kuat tekan, *density*, absorpsi dan uji susut, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pada penelitian ini, mortar dengan komposisi semen, Agregat halus 1: 3 dibedakan menjadi 5 campuran atau variasi berbeda dengan penamaan kode CHWM131 dengan komposisi 92% Semen, 8% RHA dan 30% CSW, 70% Pasir, untuk kode CHWM132 dengan komposisi 92% Semen, 8% RHA dan 40% CSW, 60% Pasir, kode CHWM133 dengan komposisi 92% Semen, 8% RHA dan 50% CSW, 50% Pasir, kode CHWM134 dengan komposisi 92% Semen, 8% RHA dan 60% CSW, 40% Pasir, dan kode CHWM135 dengan komposisi 92% Semen, 8% RHA dan 70% CSW, 30% Pasir.
- b. Kuat tekan untuk setiap variasi campuran di tes hingga benda uji berumur 90 hari. Untuk kode CHWM131 pada umur 90 hari mencapai 12.446 MPa. Untuk CHWM132 pada umur 90 hari kuat tekan mencapai 18.052 MPa. Variasi ke 3 yang diberi Kode CHWM133 pada usia 90 hari kuat tekan mortar mencapai 20.09 MPa. Variasi ke 4 kode CHWM134 memiliki kuat tekan terendah, pada saat usia benda uji 90 hari kuat tekan mortar hanya sebesar 8.330 MPa. Kode CHWM135, pada umur 90 hari kuat tekan mortar sebesar 10.114 MPa.
- c. Dari data-data diatas, komposisi yang seimbang antara pasir dan CSW, dapat menghasilkan kuat tekan yang relatif lebih tinggi, ini dikarenakan butiran CSW yang lebih halus dibandingkan pasir sehingga, satu sama lainnya saling mengikat sehingga lebih padat dan menghasilkan kuat tekan optimum.
- d. Berdasarkan **ASTM C-270-73** mortar kode CHWM131 , kode CHWM134, serta kode CHWM135 yang masing-masing sebesar 108.12

Kg/cm<sup>2</sup>, 54.6 Kg/cm<sup>2</sup> dan 93.4 Kg/cm<sup>2</sup> digolongkan kedalam tipe N yaitu jenis adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk aduk pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimum 52,5 Kg/cm<sup>2</sup>. Kode CHWM132 sebesar 147 Kg/cm<sup>2</sup> dan Kode CHWM133 sebesar 162.2 Kg/cm<sup>2</sup> digolongkan kedalam tipe S yaitu jenis adukan dengan kekuatan yang sedang, dipakai bila tidak disyaratkan menggunakan *Type M*, tetapi diperlukan daya rekat tinggi serta adanya pengaruh gaya samping. Kuat tekan minimum 124 Kg/cm<sup>2</sup>.

- e. Nilai berat jenis (*density*) setiap variari berbeda-beda. Dalam penelitian ini, Kode CHWM131 Pasir dengan nilai density 1,716 g/cm<sup>3</sup>. Untuk Komposisi lainnya, seperti Kode CHWM132, dengan nilai density sebesar 1,576 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk Kode CHWM133, nilai density yang dihasilkan sebesar 1.612, dan nilai density terkecil yaitu kode CHWM134 yaitu sebesar 1,558 g/cm<sup>3</sup>, serta nilai density CHWM135 sebesar 1,668 g/cm<sup>3</sup>.
- f. Nilai density pada CSW sangat mempengaruhi nilai density mortar. Karena berat jenis CSW jauh lebih kecil dibandingkan nilai density pasir, sehingga semakin banyak kandungan pasir dalam mortar, maka semakin tinggi pula nilai density mortar ini sendiri. Akan tetapi kandungan pada CSW juga terdapat pasir. Jadi, nilai density pada mortar yang mengandung CSW yang jauh lebih banyak belum tentu memiliki nilai density yang rendah, hal ini mungkin dikarenakan kandungan CSW juga mengandung material pasir.
- g. Nilai absorpsi pada campuran Kode CHWM131 yaitu sebesar 126 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan nilai absorpsi untuk campuran kode CHWM132 yaitu sebesar 131 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam. Nilai absorpsi campuran mortar kode CHWM133 yaitu sebesar 134 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam, sedangkan untuk CHWM134 memiliki nilai absorpsi sebesar 141 gram/100cm<sup>2</sup> pada saat 24 jam. Dan variasi terakhir dengan kode CHWM135 memiliki nilai absorpsi paling tinggi yaitu sebesar 158 gram/100cm<sup>2</sup>. Dari hasil ini diketahui bahwa penyerapan air pada CSW sangatlah tinggi.

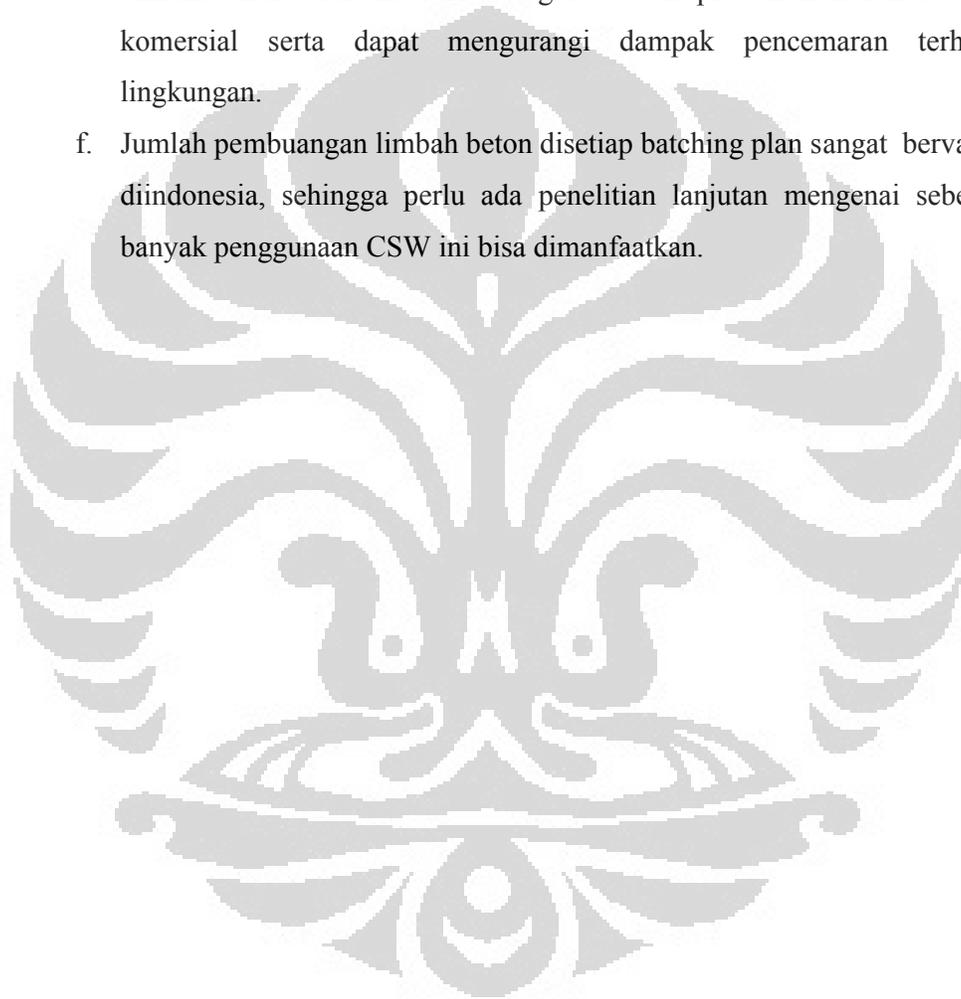
- h. Untuk kode CHWM131 mendapatkan nilai susut sebesar 0.1549% sedangkan untuk Kode CHWM132 dan Kode CHWM135 dilakukan pengujian susut secara bersamaan sehingga nilai susutnya pun sebesar 0.1268% dan 0.1379%. untuk pengujian CHWM133 dan CHWM134 nilai susutnya sebesar 0.1699 % dan 0.1466%. Penambahan CSW pada susut juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan suhu disekitar pengujian.
- i. Dalam hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa manfaat dari penggunaan CSW bisa digunakan oleh industri sebagai persyaratan pembuatan bata beton (Paving blok) yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Karena pada penelitian ini, komposisi semen Agregat halus 1: 3 dengan Kode CHWM133 pada umur 28 hari mencapai kuat tekan sebesar 15.896 MPa. Dari persyaratan mutu paving blok, kuat tekan CHWM133 masuk kedalam klasifikasi paving blok mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki.
- j. Limbah yang dihasilkan oleh batching plan dapat dimanfaatkan kembali menjadi suatu produk bahan bangunan lingkungan yang tentunya dapat pula meminimalisir dampak lingkungan disekitar batching plan.

## 5.2. SARAN

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

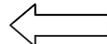
- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap *Concrete sludge waste* (CSW) sehingga didapatkan nilai persentase pemakaian yang maksimum terhadap sifat mekanik mortar.
- b. Penggunaan CSW yang berlebihan, akan menurunkan kuat tekan pada mortar, sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan penggunaannya setara dengan penggunaan pasir pada mortar.
- c. Metode pengeringan dan penghancuran CSW dalam penelitian ini dilakukan secara manual sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap metode yang baik agar dapat menghasilkan CSW yang memenuhi standar.

- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar-standar dalam pengembangan pengolahan CSW sehingga dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus.
- e. Perlu dilakukan penelitian terhadap keekonomisan dari penggunaan CSW ini, mengingat penggunaan CSW ternyata dapat digunakan sebagai campuran agregat halus pendamping pasir. Sehingga penggunaannya dapat dimanfaatkan oleh industri sebagai sebuah produk konstruksi secara komersial serta dapat mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.
- f. Jumlah pembuangan limbah beton disetiap batching plan sangat bervariasi diindonesia, sehingga perlu ada penelitian lanjutan mengenai seberapa banyak penggunaan CSW ini bisa dimanfaatkan.



## DOKUMENTASI PENELITIAN

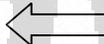
### D.1 Pengadaan Dan Proses Pengolahan Limbah Beton (*Concrete Sludge Waste*)



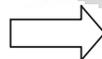
Pengambilan limbah di batching plan Holcim, Kampung Rambutan, Jakarta Timur



Limbah beton, yang baru di bersihkan dari mobil molen, yang siap di angkut ke laboratorium.

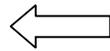


Penurunan limbah, dari mobil pengangkut limbah

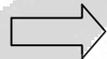


Limbah dikeringkan ditempat terbuka, hingga kering permukaan





Setelah kering permukaan, lalu limbah dihancurkan dengan mesin abrasi,



dan kemudian disaring dengan saringan No. 4,75 sehingga butiran mejadi halus.

## D.2 Pengujian Konsistensi



### D.3 Pengujian Kuat Tekan



### D.4 Pengujian Density



### D.5 Pengujian Absorpsi



### D.6 Pengujian susut (*shrinkage*)

