



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KUAT TARIK PADA MORTAR YANG
MENGANDUNG ABU SEKAM PADI (RHA) DAN LIMBAH
ADUKAN BETON (CSW) DENGAN KOMPOSISI SEMEN :
AGREGAT HALUS 1 : 2**

SKRIPSI

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

ANDIKA HADIF PRATAMA

0906605933

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

DEPOK

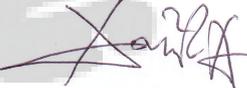
JULI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Andika Hadif Pratama

NPM : 0906605933

Tanda Tangan : 

Tanggal : 3 Juli 2012

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Andika Hadif Pratama
NPM : 0900605933
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Studi Kuat Tarik Pada Mortar yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW) dengan Komposisi Semen : Agregat Halus 1 : 2

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

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Mulia Orientilize, ST, M.Eng (.....)

Penguji Sidang : Dr.-Ing. Josia I Rastandi, S.T, M.T. (.....)

Pembimbing : Ir. Essy Arijoeni M.Sc.,Ph.D. (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 3 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya yang berlimpah pada penulis sehingga tugas penulisan skripsi yang berjudul “Studi Kuat Tarik Pada Mortar Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW) dengan Komposisi Semen : Agregat Halus 1 : 2” sebagai persyaratan untuk memenuhi kriteria kelulusan meraih gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Sipil Program Studi Teknik Sipil Universitas Indonesia dapat diselesaikan dengan baik. Alhamdulillah.

Dalam masa-masa penulisan, penulis tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima dan rasa hormat serta penghargaan yang setulus-tulusnya kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu sehingga skripsi ini dapat terwujud, kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng selaku Dekan Teknik Sipil;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, DEA selaku Ketua Program Sarjana Reguler dan Ekstensi Departemen Teknik Sipil UI;
3. Dr. Ir. Wiwik Rahayu, MT selaku Sekretaris Program Sarjana Reguler dan Ekstensi Departemen Teknik Sipil UI;
4. Ir. Essy Arijoeni M.Sc.,Ph.D. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dan kesabarannya dalam membimbing, mengarahkan dan mendukung penulis selama penyusunan skripsi;
5. Para Dosen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu-ilmu yang berguna dan bermanfaat selama penulis menjalankan masa kuliah di Teknik UI;
6. Mama dan Papa tercinta yang telah menjadi tempat berbagi keluh kesah penulis dan memberikan dukungan baik moril dan materiil dalam penyelesaian skripsi, dan adek Ikhsan, Fariz dan Sekar serta keluarga Pasar Minggu yang telah banyak mendoakan penulis selama penyusunan skripsi;
7. Teman terbaik penulis dalam penyusunan skripsi: Eliza yang telah banyak membantu penulis;

8. Teman terbaik penulis selama kuliah di Teknik Sipil Ekstensi angkatan 2009 yang tidak dapat disebutkan satu persatu;
9. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Teknik Sipil UI;
10. Semua pihak yang telah sangat membantu penulis di dalam penyusunan skripsi ini dan tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari harapan dan kesempurnaan karena masih terdapat banyak kekurangan, hal ini lebih disebabkan karena keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis akan dengan senang hati mengharapkan bahkan menerima saran dan kritik dari pihak manapun dengan diiringi doa dan ucapan terima kasih.

Depok, 3 Juli 2012



Penulis

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

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

Nama : Andika Hadif Pratama
NPM : 0900605933
Program Studi : Ekstensi Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

“STUDI KUAT TARIK PADA MORTAR YANG MENGANDUNG ABU
SEKAM PADI (RHA) DAN LIMAH BETON (CSW) DENGAN KOMPOSISI
SEMEN : AGREGAT HALUS 1:2”

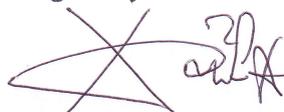
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas karya akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 3 Juli 2012

Yang menyatakan



(Andika Hadif Pratama)

ABSTRAK

Nama : Andika Hadif Pratama
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi Kuat Tarik Pada Mortar Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW) dengan Komposisi Semen : Agregat Halus 1 : 2.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan agregat halus untuk campuran mortar semen yang dicampurkan dengan bahan limbah berupa limbah adukan beton atau *Concrete Sludge Waste* (CSW) dan Abu Sekam Padi (RHA) yang dicampurkan dengan semen. Sifat mekanik yang diuji meliputi Kuat Tarik Langsung sebanyak 75 benda uji sesuai standar ASTM C 307-03, Kuat Tarik Lentur sebanyak 25 benda uji sesuai dengan standar ASTM C 78 - 02, Modulus Elastisitas sebanyak 25 benda uji sesuai standar ASTM C-580-02, dan Kuat Geser sebanyak 25 benda uji. Pada setiap pengujian memiliki variasi campuran yang berbeda-beda yang diberi kode CHWM 121 sampai CHWM 125. Pada pengujian Kuat Tarik Langsung nilai terbesarnya ada pada campuran CHWM 122 dengan nilai 5,52 MPa, sedangkan nilai terendahnya ada pada campuran CHWM 123 dengan nilai 2,40 MPa. Pada pengujian dan Modulus Elastisitas nilai terbesarnya ada pada campuran CHWM 121, sedangkan nilai terendahnya ada pada campuran CHWM 125. Pada pengujian Kuat Geser nilai terbesarnya ada pada campuran CHWM 121 dengan nilai 2,88 MPa, sedangkan nilai terendahnya ada pada campuran CHWM 123 dengan nilai 1,47 MPa. Dari pengujian Kuat Tarik Langsung disimpulkan bahwa campuran yang paling optimum untuk menahan Tegangan Tarik Langsung adalah campuran CHWM 122. Dari pengujian Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas disimpulkan bahwa campuran yang paling optimum adalah CHWM 121. Dari pengujian Kuat Geser disimpulkan bahwa campuran yang paling optimum adalah CHWM 121.

Kata Kunci : Abu Sekam Padi (RHA), *Concrete Sludge Waste* (CSW), Sifat Mekanik Mortar, Kuat Tarik Langsung, Modulus Elastisitas, Kuat Geser

ABSTRACT

Name : **Andika Hadif Pratama**
Study Program : **Civil Engineering**
Title : **The Study On Tensile Strength of Cement Mortar
Containing Rice Husk Ash (RHA) and Concrete Sludge
Waste (CSW) Using Composition 1 Part of Cement by 2
Part of Fine Aggregates**

In this study, researchers used a mixture of fine aggregate for cement mortar that is mixed with waste materials in the form of waste concrete or Concrete Sludge Waste (CSW) and Rice Husk Ash (RHA) is mixed with cement. Mechanical properties tested include Direct Tensile Strength as much as 75 specimens according to ASTM C 307-03, *Flexural* Strength Modulus of Rupture as many as 25 test specimens in accordance with ASTM C 78-02, Modulus of Elasticity of 25 test specimens according to ASTM C-580-02, and Shear of Strength much as 25 specimens. At each test has a variety of different mixtures are given a code CHWM CHWM 121 to 125. Direct Tensile of Strength on testing its greatest value is in the mixture CHWM 122 with a value of 5.52 MPa, while the lowest is in the mixture with a value of 2.40 CHWM 123 MPa. On Direct Tensile Strength testing and Modulus of Elasticity greatest value is in a mixture of CHWM 121, while the lowest is in the mixture CHWM 125. On Shear of Strength testing the greatest value is in the mixture CHWM 121 with a value of 2.88 MPa, while the lowest is in the mixture with a value of 1.47 CHWM 123 MPa. From Direct Tensile Strength testing concluded that the most optimum mix to hold Direct Tensile is a mixture of CHWM 122. On Shear of Strength testing and Modulus of Elasticity is concluded that the most optimum mix is CHWM 121. Shear of Strength tests concluded that the most optimum mix is CHWM 121.

Key words: Rice Husk Ash (RHA), Concrete Sludge Waste (CSW), Mechanical Properties Mortar, Direct Tensile of Strength, Modulus of Elasticity, Shear of Strength

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN OROSINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	2
1.2.Perumusan Masalah	2
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Hipotesa.....	4
1.5.Tujuan Penulisan.....	4
1.6.Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Mortar.....	6
2.1.1 Sifat-Sifat Fisis dan Mekanis Mortar	7
2.2. Agregat.....	13
2.2.1 Klasifikasi Agregat	14
2.2.2 Sifat-Sifat Agregat	17
2.2.3 Syarat Mutu Agregat Menurut ASTM C33 -86	23
2.3. Semen	25
2.3.1 Macam dan Jenis Semen.....	25
2.3.2 Ikatan Kimia dalam Semen Portland	27
2.4. Air.....	28
2.4.1. Ketentuan Umum.....	29
2.4.2. Catatan Mengenai Kesesuaian Air Untuk Pembuat Beton Menurut British Standard (BS) 3148:1980.....	29
2.5. Abu Sekam Padi.....	30
2.6. Limbah Adukan Beton.....	32
BAB 3 RANCANGAN PENELITIAN.....	34
3.1. Rancangan Penelitian	34
3.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian	35
3.3. Tempat Penelitian	36
3.4. Standar dan Bahan Baku Penelitian.....	36
3.5. Alat-Alat Penelitian.....	37
3.6. Pengujian Bahan Pembentuk Mortar.....	38

3.6.1.	Pengujian Jumlah Bahan Abu Sekam Padi (RHA) yang Lolos dalam Saringan No. 200 (0,075 mm).....	38
3.6.2.	Pengujian jumlah bahan limbah adukan beton (CSW) yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm).....	39
3.6.3.	Pengujian Sifat Agregat Halus.....	40
3.6.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	40
3.6.3.2	Pengujian Berat Isi	41
3.6.3.3	Pengujian Analisis Ayak.....	42
3.6.3.4	Pengujian Kadar Lumpur.....	43
3.6.3.5	Pengujian Kadar Air.....	43
3.6.4	Pengujian Limbah Beton (CSW).....	44
3.6.4.1	Uji Analisa Ayak Limbah Beton (CSW) (ASTM C 135-95).....	44
3.6.4.2	Uji XRF Limbah Beton (X-RAY Fluorance).....	45
3.6.4.3	Uji PSA Limbah Beton (Particle Size Analysis).....	45
3.6.4.4	Uji SEM Limbah Beton (Scanning Electron Microscope).....	46
3.6.5	Pengujian Konsistensi ASTM C 305-82.....	47
3.6.6	Pengujian Waktu Ikut (Setting Time) ASTM C-1117-89.....	50
3.7.	Pembuatan Benda Uji.....	53
3.8.	Pengujian Mekanik Mortar.....	54
3.8.1.	Pengujian Kuat Tarik Langsung ASTM C 307-03.....	54
3.8.2.	Pengujian Kuat Tarik Lentur ASTM C 78-02.....	57
3.8.3.	Pengujian Kuat Modulus Elastisitas ASTM C-560-02.....	59
3.8.4.	Pengujian Kuat Geser.....	64
BAB 4	PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	69
4.1.	Hasil Pengujian pendahuluan.....	69
4.1.1.	Pengujian Sifat Agregat CSW dan RHA.....	69
4.1.1.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Concrete Sludge Waste (CSW).....	69
4.1.1.2	Hasil Pengujian Berat Isi Lepas dan Berat Isi Padat CSW.....	70
4.1.1.3	Hasil Pengujian Analisa Ayak.....	70
4.1.1.4	Hasil Pengujian Kadar Lumpur.....	73
4.1.1.5	Hasil Pengujian Kadar Air.....	73
4.1.2.	Pengujian Konsistensi.....	74
4.1.3.	Nilai Setting Time.....	75
4.2	Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar dengan Perbandingan 1:2.....	82
4.2.1.	Total Kebutuhan Bahan Keseluruhan Untuk Pengujian Mortar	85
4.3	Hasil Pengujian Mekanik Mortar.....	85
4.3.1.	Total Kebutuhan Bahan Keseluruhan Untuk Pengujian	

	Mortar	85
	4.3.2. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Lentur	88
	4.3.3. Hasil Pengujian Kuat Geser	121
4.4	Analisa Hasil Penelitian.....	123
	4.4.1. Analisa Waktu Ikut (<i>Setting Time</i>).....	123
	4.4.2. Analisa Kuat Tarik Langsung.....	125
	4.4.3. Analisa Modulus Elastisitas.....	125
	4.4.4. Analisa Kuat Geser.....	126
4.5	Pengaruh Penambahan Concrete Sludge Waste (CSW).....	126
	4.5.1. Pengaruh Terhadap Kuat Tarik Langsung	126
	4.5.2. Pengaruh Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas	127
	4.5.3. Pengaruh Terhadap Kuat Geser.....	128
4.6	Hubungan Antara Kuat Tarik dan Kuat Tekan Pada Mortar Normal	129
4.7	Pemanfaatan CSW sebagai Bahan Material Bangunan.....	129
	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	131
	5.1. Kesimpulan.....	131
	5.2. Saran.....	133
	DAFTAR REFERENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1. Gradasi Agregat Kasar (BS 882 : 1973).....	20
Tabel 2.2. Gradasi Agregat Kasar (ASTM C 33-74).....	20
Tabel 2.3. Gradasi Agregat Halus (BS 882 dan ASTM).....	21
Tabel 2.4. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi (RHA).....	32
Tabel 2.5. Hasil uji Particle Size Analysis (PSA) limbah	35
Tabel 2.6. Komposisi senyawa kimia yang dikandung limbah beton ..	36
Tabel 3.1. Standar Penelitian.....	39
Tabel 4.1 Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air CSW	69
Tabel 4.2. Hasil pengujian Berat Isi Lepas dan Berat Isi Padat CSW ..	70
Tabel 4.3. Pengujian analisa ayak Rice Husk Ash (sumber: skripsi Abdul latief, 2011).....	71
Tabel 4.4. Pengujian analisa ayak Concrete Sludge Waste (CSW).....	72
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kadar Lumpur CSW.....	73
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air CSW	73
Tabel 4.7. Nilai faktor air semen campuran	74
Tabel 4.8. Pengujian setting time campuran CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).....	75
Tabel 4.9. Pengujian setting time campuran CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).....	77
Tabel 4.10. Pengujian setting time campuran CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).....	78
Tabel 4.11. Pengujian setting time campuran CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).....	79
Tabel 4.12. Pengujian setting time campuran CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).....	80
Tabel 4.13. Kebutuhan bahan desain campuran mortar kode CHWM 12(untuk pengujian kuat tarik langsung).....	82
Tabel 4.14. Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar Kode CHWM 12(untuk pengujian Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Lentur).....	83
Tabel 4.15. Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar Kode CHWM 12(untuk pengujian kuat geser).....	84
Tabel 4.16. Total kebutuhan bahan untuk semua pengujian	85
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Kuat Tarik Langsung	86
Tabel 4.18. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121(benda uji 1).....	88
Tabel 4.19. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121(benda uji 2).....	89
Tabel 4.20. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121(benda uji 3).....	89
Tabel 4.21. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121(benda uji 4).....	90
Tabel 4.22. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar	

	CHWM 121(benda uji 5).....	90
Tabel 4.23.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122(benda uji 1).....	91
Tabel 4.24.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122(benda uji 2).....	91
Tabel 4.25.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122(benda uji 3).....	92
Tabel 4.26.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122(benda uji 4).....	92
Tabel 4.27.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122(benda uji 5).....	93
Tabel 4.28.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123(benda uji 1).....	93
Tabel 4.29.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123(benda uji 2).....	94
Tabel 4.30.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123(benda uji 3).....	94
Tabel 4.31.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123(benda uji 4).....	95
Tabel 4.32.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123(benda uji 5).....	95
Tabel 4.33.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124(benda uji 1).....	96
Tabel 4.34.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124(benda uji 2).....	96
Tabel 4.35.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124(benda uji 3).....	97
Tabel 4.36.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124(benda uji 4).....	97
Tabel 4.37.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124(benda uji 5).....	98
Tabel 4.38.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125(benda uji 1).....	98
Tabel 4.39.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125(benda uji 2).....	99
Tabel 4.40.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 3).....	99
Tabel 4.41.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 4).....	100
Tabel 4.42.	Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 5).....	100
Tabel 4.43.	Perhitungan gaya dalam akibat beban luar	102
Tabel 4.44.	Perhitungan gaya dalam akibat beban luar dan berat sendiri.....	102
Tabel 4.45.	Contoh data pengujian modulus elastisitas campuran CHWM 121 (benda uji 1).....	104
Tabel 4.46.	Hubungan jarak dan lendutan	106
Tabel 4.47.	Perhitungan properti penampang dan reaksi perletakan ...	108

Tabel 4.48.	Perhitungan momen area.....	108
Tabel 4.49.	Perhitungan tegangan lentur dan regangan	109
Tabel 4.50.	Perhitungan tegangan lentur dan regangan total	109
Tabel 4.51.	Perhitungan modulus elastisitas (titik 1).....	110
Tabel 4.52.	Perhitungan interpolasi untuk mendapatkan nilai modulus aktual (titik 1).....	110
Tabel 4.53.	Perhitungan modulus elastisitas (titik 2).....	110
Tabel 4.54.	Perhitungan interpolasi untuk mendapatkan nilai modulus aktual (titik 2).....	110
Tabel 4.55.	Modulus elastisitas Campuran CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).....	111
Tabel 4.56.	Modulus elastisitas Campuran CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).....	113
Tabel 4.57.	Modulus elastisitas Campuran CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).....	115
Tabel 4.58.	Modulus elastisitas Campuran CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).....	117
Tabel 4.59.	Modulus elastisitas Campuran CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).....	119
Tabel 4.60.	Hasil Pengujian Kuat Geser	122
Tabel 4.61.	Syarat mutu Paving Blok menurut SNI 03-0691-1996.....	130

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1. Hubungan antara lendutan dan jari-jari lengkungan lendutan.....	8
Gambar 2.2. Stress-Strain curve ASTM C 580-02.....	8
Gambar 2.3. Skema pengujian modulus elastisitas	9
Gambar 2.4. Benda uji tarik	10
Gambar 2.5. Benda Uji Kuat Tarik Langsung	11
Gambar 2.6. Dimensi Benda Uji geser	12
Gambar 2.7. Benda Uji geser	13
Gambar 2.8. Kondisi Agregat.....	19
Gambar 2.9. Proses Pembuatan Abu Sekam Padi (RHA).....	30
Gambar 2.10. Keseluruhan Proses Pembakaran Abu Sekam Padi (RHA).	31
Gambar 2.11. Tungku Pembakaran sekam	31
Gambar 2.12. Bak penampungan limbah adukan beton	33
Gambar 2.13. Proses pengangkutan dan pengeringan CSW	33
Gambar 2.14. Proses pengayakan CSW	34
Gambar 2.15. Alat Uji PSA	35
Gambar 3.1. Diagram alir metodologi penelitian	38
Gambar 3.2. Pengujian konsistensi	53
Gambar 3.3. Benda uji modulus elastisitas mortar	65
Gambar 3.4. Pengujian modulus elastisitas mortar	66
Gambar 4.1. Grafik pengujian analisa ayak Rice Husk Ash (RHA).....	71
Gambar 4.2. Grafik pengujian analisa ayak Concrete Sludge Waste (CSW).....	72
Gambar 4.3. Grafik perbandingan nilai FAS berdasarkan variasi mortar	74
Gambar 4.4. Grafik Pengujian setting time campuran CHWM 121.....	76
Gambar 4.5. Grafik pengujian setting time campuran CHWM 122.....	77
Gambar 4.6. Grafik pengujian setting time campuran CHWM 123.....	78
Gambar 4.7. Grafik pengujian setting time campuran CHWM 124.....	79
Gambar 4.8. Grafik pengujian setting time campuran CHWM 125.....	80
Gambar 4.9. Grafik perbandingan nilai setting time keseluruhan	81
Gambar 4.10. Grafik uji kuat tarik langsung mortar gabungan	87
Gambar 4.11. Grafik uji kuat tarik langsung mortar gabungan (90 hari)....	87
Gambar 4.12. Dimensi benda uji modulus elastisitas mortar	88
Gambar 4.13. Dimensi penampang benda uji modulus elastisitas	100
Gambar 4.14. Diagram momen akibat gaya luar dan beban sendiri.....	101
Gambar 4.15. Momen area akibat beban terpusat/beban luar	102
Gambar 4.16. Momen area akibat beban merata/berat sendiri balok	103
Gambar 4.17. Penampang benda uji modulus elastisitas dan lentur	105
Gambar 4.18. Diagram tegangan	105
Gambar 4.19. Grafik hubungan kurva elastis dengan persamaan lendutan..	107
Gambar 4.20. Modulus elastisitas mortar CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).....	111
Gambar 4.21. Grafik Beban-Lendutan CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).....	112

Gambar 4.22. Grafik Tegangan-Regangan CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).....	112
Gambar 4.23. Modulus elastisitas mortar CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).....	113
Gambar 4.24. Grafik Beban-Lendutan CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).....	114
Gambar 4.25. Grafik Tegangan-Regangan CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).....	114
Gambar 4.26. Modulus elastisitas mortar CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).....	115
Gambar 4.27. Grafik Beban-Lendutan CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir)	116
Gambar 4.28. Grafik Tegangan-Regangan CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).....	116
Gambar 4.29. Modulus elastisitas mortar CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).....	117
Gambar 4.30. Grafik Beban-Lendutan CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).....	118
Gambar 4.31. Grafik Tegangan-Regangan CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).....	118
Gambar 4.32. Modulus elastisitas mortar CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).....	119
Gambar 4.33. Grafik Beban-Lendutan CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).....	120
Gambar 4.34. Grafik Tegangan-Regangan CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).....	120
Gambar 4.35. Modulus elastisitas mortar gabungan	121
Gambar 4.36. Grafik Uji Kuat Geser mortar gabungan	122

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Pengujian SEM



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman berkembang seperti sekarang ini permintaan terhadap beton sangatlah banyak, maka banyak pula perusahaan yang berdiri dibidang pembuatan beton siap pakai atau biasa disebut *ready mix*, dan biasanya perusahaan *ready mix* tersebut menghasilkan banyak limbah beton hasil pencucian truck mixer yang apabila dibuang begitu saja secara berlebihan dapat mencemari lingkungan.

Oleh karena itu timbul pemikiran untuk mengumpulkan dan menggunakan kembali limbah yang dihasilkan dari pencucian truck mixer yang kemudian diolah menjadi salah satu komponen dalam pembuatan mortar sebagai bahan material yang ramah lingkungan, yang bertujuan untuk mewujudkan pembangunan yang berkesinambungan (*sustainable construction*) yang dapat digunakan dan dilakukan oleh masyarakat.

Dari penelitian yang pernah dilakukan dicoba dengan metode trial and error dari campuran OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan limbah beton yang masih berbentuk lumpur dengan perbandingan campuran 1:12; 1:10; 1:8; 1:6. Kuat tekan dievaluasi pada usia 7 hari didapat 1.18MPa, 2.35MPa, 4.71 MPa, dan 5.89MPa. Dimana terdapat perbandingan kuat tekan ≥ 5 MPa mutu beton rendah yang dapat dipakai sebagai bahan bangunan seperti bata, paving blok, dinding partisi dll (*Diah Kusumantara, Essy Arijoeni*).

Selain *Concrete Sludge Waste* atau yang biasa disebut dalam skripsi ini limbah adukan beton (CSW), dalam penelitian ini pengolahannya di tambah dengan menggunakan limbah lainnya seperti *Rice Husk Ash* atau biasa di sebut dalam skripsi ini abu sekam padi (RHA), yaitu limbah pembakaran sekam padi dimana memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, mempunyai sifat pozolan dan mengandung silica yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi.

Penambahan Abu sekam padi (RHA) dapat meningkatkan kekuatan mortar melalui reaksi antara silika (SiO_2) pada abu sekam padi (RHA) dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang merupakan produk reaksi hidrasi semen untuk

menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang memberikan kekuatan pada mortar.

Maka dalam penelitian ini penulis akan membahas tentang “Studi Kuat Tarik Dan Kuat Geser Pada Mortar Yang Mengandung Bahan Tambahan Abu Sekam Padi (RHA) Dan Limbah Adukan Beton (CSW) Dengan Komposisi Semen:Agregat Halus 1 : 2”. Sehingga mendapatkan campuran dengan sifat mekanik yang maksimal dan dapat memberikan alternatif pemanfaatan limbah beton terbuang yang digunakan dalam dunia konstruksi beton dan mortar.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari campuran limbah beton siap pakai dengan abu sekam padi (RHA) yang sesuai dengan standar yang berlaku, yang kemudian akan di terapkan dalam kebutuhan konstruksi pada masyarakat sekitar.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan naskah Skripsi ini penulis membatasi permasalahan ke dalam hal-hal dibawah ini, pengujian meliputi :

1. Pengujian agregat halus meliputi :
 - a. Berat jenis dan penyerapan air SK-SNI- M-10-1989-F.
 - b. Berat isi ASTM C-29-78.
 - c. Analisa ayak SK-SNI-M-08-1989-F.
 - d. Organik Impuritis ASTM-C-40-92.
 - e. Kadar Lumpur SK-SNI-M-11-1989-F.
2. Ruang lingkup penelitian mortar meliputi :
 - a. Mortar yang dibuat dengan komposisi campuran 1 : 2 dengan perbandingan berat 33,33% (PCC + RHA (10% PCC)) + 66,67% agregat halus (CSW (limbah adukan beton) dan Pasir).
 - b. Limbah beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sisa beton siap pakai dari PT. Holcim untuk *batching plant* Kampung Rambutan.

- c. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI dan ASTM.
 - d. Abu sekam padi (RHA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi (RHA) yang diproduksi oleh PT. Hakiki
 - e. Faktor air semen dipakai nilai maksimum dengan cara *trial and error*.
 - f. Faktor air semen dipakai nilai optimum dengan cara *trial and error*.
 - g. Semen yang digunakan yaitu *Portland Cement Composite* (PCC), dan tidak dilakukan pemeriksaan pada semen Portland tersebut karena berbentuk curah dan tidak ada bagian yang menggumpal sehingga dapat dianggap memenuhi syarat.
 - h. Air berasal dari Laboratorium Uji Bahan Universitas Indonesia, yang layak minum maka tidak dilakukan pengujian terhadap air.
 - i. Pengujian mortar segar meliputi :
 - 1. Konsistensi ASTM C 305 – 82.
 - j. Pengujian beton keras meliputi :
 - 1. Kuat tarik lentur
 - 2. Kuat tarik langsung
- Pada umur masing-masing 28, 56, dan 90 hari

1.4 Hipotesa

Penelitian campuran semen, abu sekam padi (RHA), limbah adukan beton (CSW), pasir dan air dengan komposisi PCC+RHA, CSW+pasir 1 : 2 dapat menghemat penggunaan semen dan agregat sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan, karena sifatnya yang dapat mereduksi jumlah semen dan agregat serta mendapatkan nilai kuat tarik lentur, kuat tarik langsung, modulus elastisitas dan kuat geser yang sesuai dengan standar SNI dan ASTM.

1.5 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan Skripsi ini adalah :

- Mempelajari dan menganalisa sifat-sifat mekanis mortar dengan komposisi campuran 1 : 2 dengan perbandingan berat 33,33% (PCC + RHA (10% PCC)) + 66,67% agregat halus (CSW (limbah adukan beton) dan Pasir).
- Limbah adukan beton (CSW) siap pakai dan abu sekam padi (RHA) yang sudah memenuhi standar dapat diaplikasikan kepada masyarakat sekitar untuk bangunan ramah lingkungan.
- Mengurangi pembuangan limbah adukan beton (CSW) dari perusahaan beton siap pakai (*Ready Mix*).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari naskah laporan Skripsi ini meliputi :

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

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

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III. METODE PENELITIAN

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

BAB IV. DATA DAN ANALISA

Dalam bab ini akan dibahas analisis data berdasarkan hasil pengujian yang didapat selama di laboratorium.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar adalah bahan bangunan yang terbuat dari bahan perekat, agregat halus dan pasir. Sebagai bahan perekat biasanya menggunakan bahan perekat hidrolis, seperti semen portland, kapur padam, puzolan atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut. Mortar agar mudah dikerjakan harus memiliki sifat plastis yang tinggi. Mortar dapat plastis jika memiliki *water retentivitas* yang tinggi. Dari ketiga jenis bahan perekat tersebut, kapur padam merupakan bahan perekat yang memiliki water retentivitas paling tinggi, dibandingkan semen portland, tetapi kekuatan kapur padam relatif rendah, dan masih mudah larut dalam air.

Mortar dalam penggunaannya dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

- a) Aduk pasangan, yaitu mortar yang digunakan untuk merekatkan bahan pasangan seperti batu bata, conblock, batako, batu kali, atau bahan pasangan lainnya. Mortar ini harus memiliki kekuatan yang memadai, karena pada pasangan dinding mortar tersebut harus menahan beban baik kuat tekan maupun kuat lentur. Beban tekan pada pasangan dinding umumnya relatif kecil, sehingga mortar dengan kuat tekan 150 kg/cm^2 sudah memadai.
- b) Adukan plesteran, yaitu mortar yang digunakan untuk menutup pasangan dinding. Gunanya adalah melindungi, meratakan serta memperindah pasangan dinding. Maka dari itu mortar ini tidak dituntut kekuatannya, tetapi dituntut memiliki keawetan yang tinggi, perubahan bentuknya relatif kecil, serta penampilannya yang indah. Cacat yang ditemukan pada plesteran retak-retak, bergelombang, atau mengelupas disebabkan karena pemilihan bahan plesteran yang salah. Perubahan panjang pada mortar yang jauh berbeda dengan perubahan panjang pada bahan pasangan, akan menyebabkan mortar retak atau dapat pula terkelupas. Dari kualitas dan kuantitas bahan perekat dapat menyebabkan cacat. Jika terlalu banyak bahan perekat, akan menimbulkan penyusutan yang besar.

Agar mortar sesuai yang disyaratkan, maka perlu dicari komposisi bahan yang ideal. Memang sulit untuk menentukan komposisi tersebut, karena dalam pemakaiannya mortar tidak berdiri sendiri, tetapi bersama dengan bahan pasangan.

2.1.1 Sifat-Sifat Fisis dan Mekanis Mortar

Sebelum menjadi suatu masa padat atau kaku, mortar mempunyai fase plastis. Keadaan mortar pada kedua fase tersebut (keadaan plastis dan kaku) sangat memengaruhi mutu mortar yang dihasilkan terutama kekuatannya. (SK SNI T-03-1990-03)

Sifat fisis dan mekanis pada mortar meliputi :

a) Konsistensi

Mortar baik sebagai aduk pasangan atau aduk plesteran supaya plastis, mudah dikerjakan, membutuhkan kadar air yang optimum. Mortar yang terlalu encer akan sulit dikerjakan, karena aduk plesteran tidak akan menempel dinding, dan aduk pasangan akan sulit dibentuk. Untuk itu perlu dicari berapa persen air yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air optimum. Pengujian dilakukan dengan cara coba-coba mencampur kadar air dalam berbagai presentase ke dalam campuran bahan perekat dan pasir.

b) Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah ratio perbandingan Tegangan dan regangan pada daerah elastis. Daerah elastis pada mortar menurut **ASTM C-580-02** dibatasi sampai 50% defleksi maksimum. Pada pembebanan awal, modulus elastisitas adalah garis singgung dari kurva tegangan-regangan. Kemiringan garis singgung ini didefinisikan sebagai modulus tangen awal.

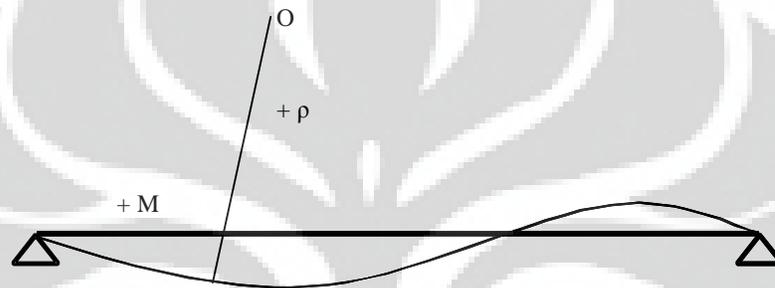
Modulus elastisitas dapat dicari dengan membuat benda uji dengan ukuran 25mm x 25mm x 270mm. Modulus elastisitas dari benda uji tersebut didapat dengan menambahkan beban dengan interval 2N sampai 5N, dan perubahan lendutan. Hubungan antara lendutan dan jari-jari lendutan.

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{y}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{\left[1+(dv/dx)^2\right]^{3/2}}$$

$$\frac{d^2v/dx^2}{\left[1+(dv/dx)^2\right]^{3/2}} = \frac{M}{EI}$$

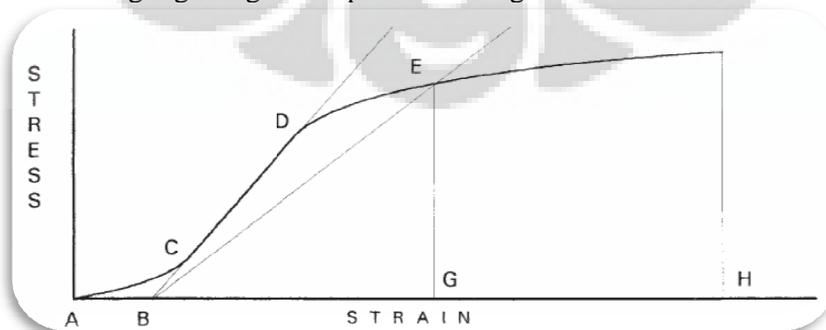
→ R.C.Hibbeler (Mechanic of Material)



Gambar 2.1. Hubungan antara lendutan dan jari-jari lengkungan lendutan.

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

- Hitung momen dan bidang momen.
- Hitung lendutan.
- Hitung properti penampang.
- Hitung tegangan dan diagram tegangan penampang.
- Hitung regangan dan plot kedalam grafik.



Gambar 2.2 Stress-Strain curve ASTM C 580-02.

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

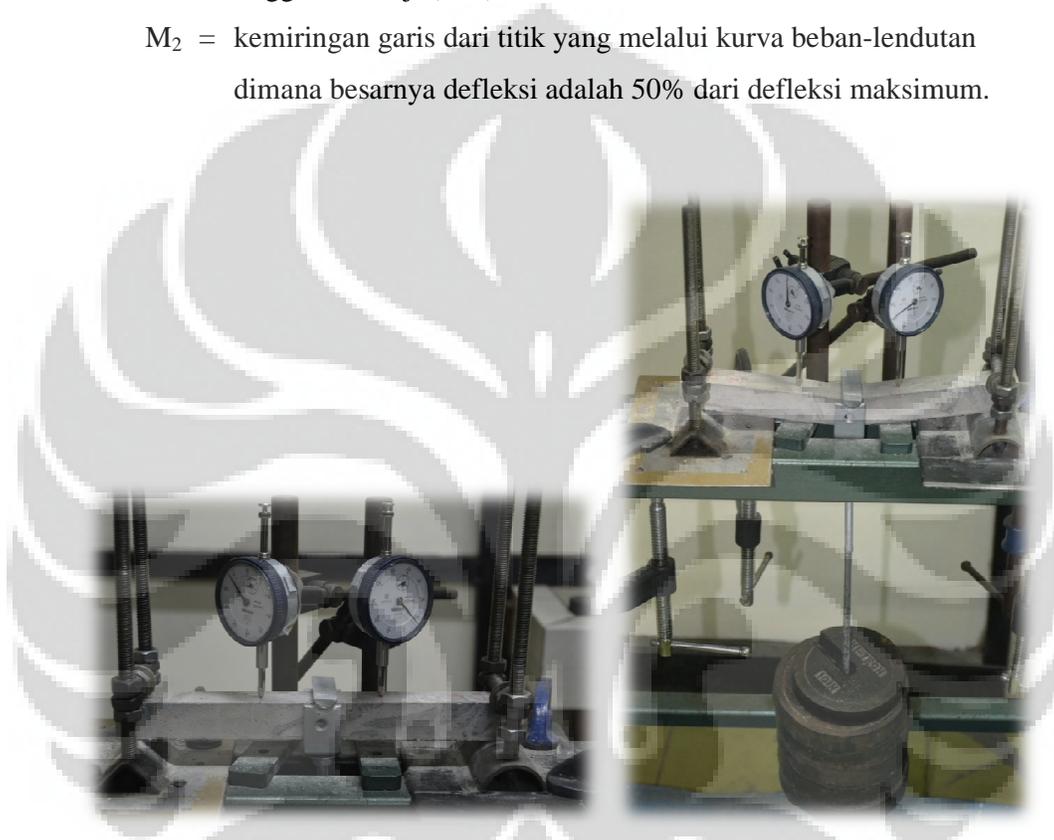
Dimana :

L = panjang benda uji (mm).

b = lebar benda uji (mm).

d = tinggi benda uji (mm).

M_2 = kemiringan garis dari titik yang melalui kurva beban-lendutan dimana besarnya defleksi adalah 50% dari defleksi maksimum.



Gambar 2.3 Skema pengujian modulus elastisitas.

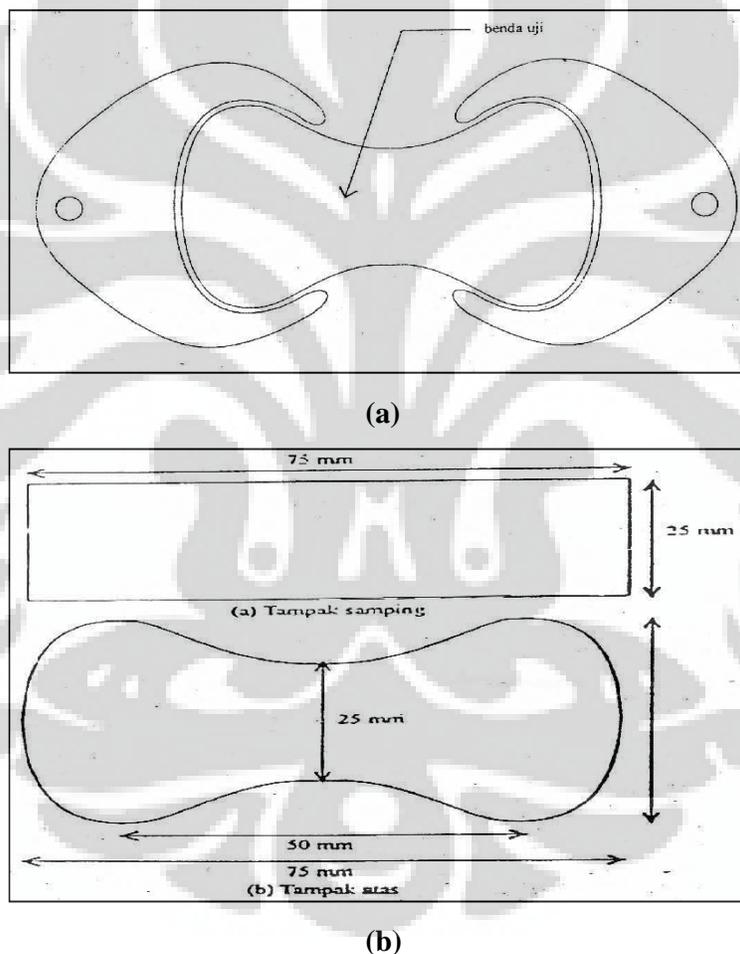
c) Kuat Lentur

Mortar sebagai bahan perekat dinding, selain mendapat gaya tekan juga gaya lentur. Gaya tersebut dapat berupa tekanan angin dari samping atau gaya lentur lainnya. Umumnya dinding di dalam ruangan relatif lebih kecil menahan lentur, karena selain terjepit oleh ring balok, di dalam ruangan tekanan angin relatif tidak ada, kecuali bangunan tersebut dituntut harus tahan terhadap gempa. Atau dinding tersebut di tempat terbuka, seperti dinding pagar yang sangat panjang dan tinggi. Untuk dinding, setiap luas tertentu tergantung pada jenis dari pasangan dinding harus diperkuat dengan kolom praktis yang terbuat dari beton. Untuk

menguji kuat lentur pada mortar, dibuat sampel ukuran 25 x 25 x 100 mm, kemudian sampel tersebut diuji kuat lenturnya

d) Kuat Tarik Langsung

Kuat tarik adalah ukuran kuat mortar yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan sebagian mortar akibat tarikan. Uji kuat tarik langsung dilakukan dengan membuat benda uji dalam bentuk seperti angka delapan. Benda uji ini setelah keras kemudian ditarik dengan uji *cemen briquettes*.



Gambar 2.4 Benda uji tarik (a) Cetakan benda uji tarik langsung

(b) Tampak atas dan samping benda uji tarik langsung



Gambar 2.5 Benda Uji Kuat Tarik Langsung

Nilai kuat tarik yang diperoleh dihitung dari besar beban tarik maksimum (N) dibagi dengan luas penampang yang terkecil (mm^2). Kelemahan struktur berbahan dasar mortar adalah kuat tarik yang rendah sehingga akan segera retak jika mendapat tegangan tarik. Beberapa peneliti terdahulu telah mengadakan percobaan-percobaan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari mortar, yaitu kuat tarik dan lentur yang rendah dengan cara penambahan bahan tambah, baik yang bersifat kimia maupun fisik pada adukan. Penambahan bahan kimia pada umumnya bersifat menambah kemampuan dengan cara mempertinggi workabilitas sehingga rongga-rongga yang berisi udara dapat dieliminir sekecil mungkin. Kecuali penambahan bahan kimiawi, peningkatan kualitas dapat dilakukan secara fisikal, yaitu dengan penambahan serat yang diharapkan dapat menambah kekuatan dalam segala arah sehingga dapat meningkatkan kuat lentur. Ide dasar penambahan serat ini adalah memberi tulangan pada mortar dengan serat yang disebarkan secara merata dengan orientasi random, sehingga dapat mencegah retakan-retakan yang terlalu dini akibat pembebanan.



Gambar 2.7 Benda Uji geser

Prosedur pengujian benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji geser double-L (15 cm x 10 cm x 3.75 cm) yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian dilaksanakan.
- b. Melakukan penimbangan benda uji double-L sebelum dilakukan pengujian.
- c. Meletakkan benda uji pada mesin uji tekan beton secara sentris.
- d. Menjalankan mesin uji tekan beton.
- e. Melakukan pembebanan merata hingga bidang geser benda uji menjadi hancur.
- f. Mencatat beban maksimum yang mampu ditahan benda uji double-L

2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat (bahan pengisi) di dalam adukan beton menempati kurang lebih 70% dari volume beton. Oleh karena itu sifat-sifat agregat sangat memengaruhi sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Sifat yang paling penting dari agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat memengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang memengaruhi daya tahan terhadap pengaruh musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Tujuan penggunaan agregat dalam beton adalah :

- 1) Menghemat pemakaian bahan perekat.
- 2) Untuk menghasilkan kekuatan yang besar.
- 3) Untuk mengurangi susut beton.
- 4) Untuk mendapatkan susunan yang padat pada beton.
- 5) Untuk mengontrol agar adukan memiliki workability yang baik.

2.2.1 Klasifikasi Agregat

A. Ditinjau dari sumbernya

Ditinjau dari sumbernya agregat dibagi menjadi dua cara, agregat alam dan agregat buatan.

a) Agregat alam

Agregat alam yaitu agregat yang berasal dari alam tanpa pengolahan terlebih dahulu. Agregat alam pada umumnya menggunakan bahan baku batu alam hasil penghancurannya. Sebagian besar dari agregat yang berasal dari alam materialnya berasal dari batuan padat. Ada tiga jenis batuan yang digunakan sebagai sumber agregat yaitu :

- Batuan beku
- Batuan endapan
- Batuan metamorf

Penggolongan dari tiga jenis batuan ini didasarkan pada proses pembentukan batuan.

❖ Batuan beku

Batuan beku yang digunakan sebagai sumber agregat sangat baik untuk beton, karena sifatnya yang keras, kuat dan padat. Batuan ini cenderung berwarna terang dan gelap. Proses terjadinya batuan beku karena meletusnya gunung berapi, akibat magma yang dikandung berupa larva dan mengadakan kontak dengan udara dan akhirnya membeku.

❖ Batuan endapan

Batuan yang terjadi karena lapuk (hilang) akibat terkena erosi yang mengakibatkan pelapukan pada batu yang lama-kelamaan hancur menjadi butiran-butiran halus dibawa oleh air, diendapkan disuatu

tempat yang semakin lama semakin tebal sehingga membentuk batuan endapan. Kualitas agregat yang berasal dari batuan ini bervariasi tergantung pada proses pembentukan yang terjadi.

❖ **Batuan metamorf**

Batuan induknya berasal dari batuan beku dan batuan endapan yang terjadi akibat tekanan dan suhu yang tinggi.

b) **Agregat buatan**

Agregat buatan adalah agregat yang dihasilkan sebagai hasil sampingan atau bahan buangan dari suatu produk tertentu. Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat. Contoh : agregat buatan seperti : terak nikel, yaitu hasil sampingan dari produk peleburan nikel, pecahan batu bata atau potongan batu bata yang tidak terpakai, termasuk limbah beton.

B. Ditinjau dari berat jenisnya

Ditinjau dari berat jenisnya agregat dibedakan menjadi tiga macam : agregat normal, agregat ringan dan agregat berat.

- a) Agregat ringan, jenis agregat ini dipakai untuk menghasilkan beton ringan dengan berat isi tidak lebih dari 2100 kg/m^3 . Beton yang dibuat dengan agregat ringan mempunyai sifat yang tahan api.
- b) Agregat normal, jenis agregat ini dapat digunakan untuk tujuan umum dan menghasilkan beton dengan berat isi umum antara $2100\text{-}2700 \text{ kg/m}^3$.
- c) Agregat berat, agregat berat dapat digunakan secara efektif dan ekonomis untuk jenis beton yang harus dapat menahan radiasi sehingga dapat member perlindungan sinar X, sinar Y dan neutron. Agregat ini dipakai dalam pembuatan beton dengan berat isi tinggi lebih dari 2700 kg/m^3 .

C. Ditinjau dari bentuknya

Bentuk dari agregat sangat penting pada beton karena memengaruhi workability beton. Bentuk dari agregat dipengaruhi oleh jenis batuan dan proses pemecahan batuan. Ditinjau dari bentuknya agregat digolongkan dalam bentuk sebagai berikut :

a) Bulat

Umumnya agregat ini berbentuk bulat atau bulat telur. Agregat ini banyak ditemukan di sungai atau pantai dan mempunyai rongga udara minimum, ini berarti agregat mempunyai risiko luas permukaan yang kecil, sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen untuk menghasilkan adukan beton yang baik. Tetapi ikatan antar butir-butir menjadi kurang kuat sehingga ikatannya (lekatannya) lemah. Oleh karena itu, agregat seperti ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya.

b) Bersudut

Bentuk ini tidak beraturan, mempunyai sudut-sudut yang tajam dan permukaannya kasar. Agregat ini terbentuk karena dipecah dengan mesin pemecah batu.

c) Pipih

Agregat pipih ialah agregat yang memiliki perbandingan ukuran terlebar dan tertebal pada butiran itu lebih dari tiga ($T < 1/3L$), biasanya berasal dari batu-batuan yang berlapis.

d) Memanjang (lonjong)

Butir agregat dikatakan memanjang (lonjong) jika perbandingan ukuran yang terpanjang (terbesar) dan terlebar lebih dari 3 ($L < 1/3P$). butir yang terlalu pipih dan terlalu panjang tidak boleh melebihi 2%.

D. Ditinjau dari besar butirnya

Ukuran agregat maksimum yang digunakan untuk beton bergantung pada tujuan penggunaannya. Ukuran agregat maksimum yang biasa digunakan dalam pembuatan beton pada umumnya adalah 5-50 mm.

agregat dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan ukurannya :

- a) Agregat kasar, ukurannya lebih besar dari 4,75 mm.
- b) Agregat halus, ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm.

Berdasarkan SK-SNI T-15-1990-03 agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-

batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm. Sedangkan agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir yang direncanakan tergantung pada pemakaian.

2.2.2 Sifat-sifat agregat

Sifat fisik dari agregat sangat memengaruhi sifat beton segar dan beton keras. Sifat-sifat fisik dari agregat yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

A. Berat jenis (specific gravity) dan penyerapan air.

Sebelum merancang beton perlu diketahui dulu berat jenis agregatnya. Berat jenis ini akan memengaruhi rancangan campuran beton. Berat jenis ini ada tiga macam yaitu :

- a) Berat jenis SSD, ialah berat jenis agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan.
- b) Berat jenis semu, ialah berat jenis agregat yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat dalam keadaan kering.
- c) Berat jenis Bulk, ialah berat jenis agregat yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.

Penyerapan air adalah kemampuan suatu benda untuk menyerap air dalam keadaan kering mutlak menjadi keadaan SSD. Penyerapan air pada agregat memengaruhi terhadap daya rekat antara pasta semen dan agregat serta keawetan dari agregat itu sendiri. Pada umumnya agregat yang memiliki penyerapan air tinggi, daya rekatnya dengan semen baik, tetapi dengan penyerapan air tinggi dapat menyebabkan mineral yang mudah

larut dalam air akan cepat hilang, sehingga keawetan dari agregat menjadi berkurang.

Sifat lain dari agregat yang perlu diketahui adalah kadar air dari agregatnya. Kondisi agregat dapat digambarkan sebagai berikut :

a) Kondisi Basah

Pada kondisi ini agregat jenuh dengan air dan air yang ada sampai-sampai menyelimuti agregatnya. Kondisi ini terjadi pada agregat yang selalu dalam kondisi basah karena air hujan atau terendam air.

b) Kondisi SSD

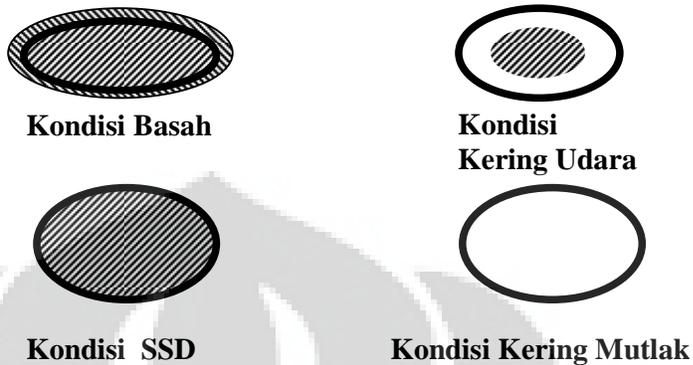
Kondisi ini adalah kondisi dimana agregat di dalamnya jenuh dengan air, tetapi bagian permukaannya kering. Kondisi ini terjadi pada agregat yang basah dan jenuh air di lap bagian permukaannya.

c) Kondisi Kering Udara

Apabila agregat ditempatkan pada ruang terbuka dan airnya mengalami penguapan tetapi air yang dikandungnya tidak habis. Biasanya pada musim kemarau agregat dalam kondisi ini.

d) Kondisi Kering Oven

Kondisi ini didapat bila agregat di dalam suhu lebih dari 100°C , sehingga kadar airnya 0 %.



Gambar 2.8 Kondisi Agregat

B. Berat Isi (Unit Weight) dan Voids

Berat isi adalah perbandingan antara berat agregat dengan isi atau volume alat. Pengujian berat isi pada agregat berguna untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan volume. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1980, berat isi untuk agregat beton disyaratkan harus lebih dari 1,2 kg/liter. Dalam merancang campuran komposisi bahan ditentukan dalam satuan berat. Pada waktu membuat campuran di lapangan dengan komposisi berat kurang praktis, biasanya digunakan komposisi perbandingan yaitu dengan takaran volume. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa factor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat.

Voids adalah banyaknya rongga diantara agregat. Nilai voids pada agregat tergantung dari berat isi, gradasi, diameter dan jenis agregat.

C. Kekuatan agregat

Kekuatan agregat sangat memengaruhi kekuatan beton yang akan dibuat, tetapi kekuatan beton juga dipengaruhi oleh ikatan antara pasta

semen dengan agregat. Untuk mengetahui kekuatan agregat menurut standar pengujian yang digunakan di Indonesia adalah dengan tes abrasi menggunakan alat Los Angeles atau di tes kuat hancurnya dengan bejana tekan Rudeloff.

D. Susunan Besar Butiran

Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat. Seluruh spesifikasi campuran beton mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Syarat susunan butiran di Indonesia diatur dalam SKSNI, namun sering juga menggunakan syarat butiran berdasarkan ASTM atau British Standard. Menurut standard tersebut gradasi agregat harus memenuhi syarat seperti dibawah ini :

a. Pesyaratan gradasi agregat kasar

Syarat susunan butiran menurut BS 882 : 1973 dan ASTM Standard C33 – 74 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Kasar (BS 882 : 1973)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Tembus Komulatif		
	Ukuran Butir Nominal (mm)		
	38, 1-4, 76	19, 0-4, 76	9, 6-4, 76
76	100	-	-
38,1	95 – 100	100	-
19,0	30 – 70	95 – 100	100
9,52	10 – 35	25 – 55	50 – 85
4,76	0 – 5	0 - 10	0 – 10

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Kasar (ASTM C 33-74)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Tembus Komulatif			
	Ukuran Butir Nominal (mm)			
	37, 5-4, 75	25-4, 75	19-4, 75	12-4, 75

50,0	100	-	-	-
37,5	95 – 100	100	-	-
25,0	-	95 – 100	100	-
19,0	35 – 70	-	90 – 100	100
12,5	-	25 – 60	-	90 – 100
9,5	10 – 30	-	20 – 55	40 – 70
4,75	0 – 5	0 – 10	0 – 10	0 – 15
2,36	-	0 – 5	0 – 5	0 – 5

b. Persyaratan gradasi agregat halus

Susunan gradasi agregat halus menurut BS 882 yang juga dipakai di Indonesia saat ini dibagi menjadi 4 zona atau daerah dan ASTM dengan gradasi masing-masing sebagai berikut :

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus (BS 882 dan ASTM)

Lubang Ayakan		Persen Berat Tembus Kumulatif					ASTM Standard C33 - 78
British Standard	ASTM No.	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV		
9,5 mm	3/8 in	100	100	100	100	100	
4,75 mm	3/16 in	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100	95 – 100	
2,36 mm	8	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100	80 – 100	
1,18 mm	16	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100	50 – 85	
600 µm	30	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100	25 – 60	
300 µm	50	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50	10 – 30	
150 µm	100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	2 – 10	

Berdasarkan angka kehalusan menurut SII No. 52 – 1980 agregat kasar memiliki angka kehalusan 6,0 – 7,0. Sedangkan pada agregat halus memiliki angka kehalusan 1,5 – 3,8.

E. Kadar Lumpur atau debu

Kadar lumpur atau debu adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm dan 0,006 mm (2-6 mikron). Lumpur yang terdapat pada permukaan agregat, dapat mengganggu ikatan antara agregat dengan pasta semennya, karena ikatan ini sangat penting dalam adukan beton dan akan berpengaruh terhadap kekuatan dan daya tahan beton. Karena pengaruh tersebut, jumlahnya agregat dibatasi yaitu tidak boleh lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar.

F. Organik Impuritis

Pembatasan kotoran organik hanya disyaratkan pada agregat halus saja, tidak pada agregat kasar. Kotoran organik ada dua macam, yaitu ada yang merugikan dan ada yang tidak merugikan. Untuk mengantisipasi adanya kotoran organik, pertama agregat halus perlu dideteksi terlebih dahulu kandungan organiknya. Jika ternyata agregat tersebut mengandung bahan organik, maka perlu dilakukan pengujian selanjutnya, yaitu membuktikan apakah bahan organik tersebut merugikan atau tidak.

Untuk mendeteksi kadar organik dalam pasir, dapat dilakukan dengan mencampurkan NaOH dengan kepekatan 3 % ke dalam pasir yang akan diuji. Setelah dikocok, didiamkan selama 24 jam, lalu bandingkan warna cairan NaOH yang asalnya bening dengan warna standard. Jika warna cairan NaOH sama atau lebih tua dari warna standard, berarti pasir tersebut mengandung bahan organik.

Untuk membuktikan bahwa bahan organik tersebut merugikan atau tidak, perlu diuji lebih lanjut, dengan membuat sampel mortar atau beton, yang dibuat dari komposisi campuran yang sama, tetapi pasir yang beda.

Pasir sampel pertama menggunakan pasir yang mengandung bahan organik, sedangkan sampel lain menggunakan pasir bersih.

Bahan organik dalam pasir dinyatakan tidak berbahaya jika perbedaan kuat tekan beton dengan pasir yang mengandung bahan organik berbanding dengan pasir bersih pada umur 24 jam tidak kurang dari 53.%, pada umur 3 hari 82 %, dan pada umur 7 hari 92 %.

2.2.3 Syarat Mutu Agregat Menurut ASTM C33 – 86

1. Agregat halus

a. Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no 2000, dalam % berat meliputi :

- Untuk beton yang mengalami abrasi : 3,0
- Untuk jenis beton lainnya ; 5,0

b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan, maks 3,0 %.

c. Kandungan arang dan lignit :

- Bila tampak, permukaan beton dipandang penting kandungan maks 0,5 %
- Untuk beton jenis lainnya 1,0 %

d. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan larutan natrium sulfat dan dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua dari warna standar. Jika warna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila ;

- Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang lignit atau yang sejenisnya.

- Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar yang memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar tidak kurang dari 95 % kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan cara ASTM C87.
- e. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung sebagai setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,60 % atau dengan penambahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan akibat reaksi alkali agregat tersebut.
- f. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam Sulfat :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maks 10 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maks 15 %

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup padat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,60 % atau dengan penambahan yang dapat

mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan akibat reaksi alkali agregat tersebut.

2.3 SEMEN

Semen adalah bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air atau larutan garam. Contoh khas adalah semen portland (Mardatillah A, Saputro H, 2006.).

Untuk menghasilkan semen Portland, bahan berkapur dan lempung dibakar sampai meleleh sebagian untuk membentuk klinker yang kemudian dihancurkan, digerus dan ditambah dengan gips dalam jumlah yang sesuai. Bahan ini digunakan untuk berbagai pekerjaan teknik sipil dan bahan konstruksi.

2.3.1 Macam dan Jenis semen

Ada banyak jenis semen Portland dan mempunyai sifat berbeda-beda, antara lain :

- a. Semen penggunaan umum (jenis I)
 - Sifat-sifat : MgO , SO_3 hilang pada pembakaran. Kehalusan, pengetesan dan kekuatan secara berturut-turut juga ditentukan.
 - Penggunaan utama : Digunakan secara luas sebagai semen umum untuk teknik sipil & konstruksi arsitektur.
- a. Semen tahan sulfat sedang (jenis II)
 - Sifat-sifat : Ketahanan sedang terhadap garam-garam sulfat di dalam air. Disyaratkan kadar C_3A tidak lebih dari 8%.
 - Penggunaan utama : Secara umum dipakai untuk beton masif yang besar. Pekerjaan dasar untuk bendungan, jembatan besar, bangunan-bangunan besar.
- b. Semen berkekuatan awal tinggi (jenis III)
 - Sifat-sifat : Cepat mengeras atau semen yang mempunyai kekuatan tinggi pada umur muda. Kadar C_3S dan C_3A pada jenis semen ini adalah tinggi, sedangkan butirannya halus (semen digiling halus sekali).

- Penggunaan utama : Menggantikan semen penggunaan umum untuk pekerjaan yang mendesak. Cocok untuk pekerjaan di musim dingin, untuk konstruksi bangunan, pekerjaan pembutan jalan.
- c. Semen panas rendah (jenis IV)
- Sifat-sifat : Panas hidrasi rendah, pengerasan dan perkembangannya lambat.
 - Penggunaan utama : Sama dengan semen jenis II.
- d. *Portland Cement Composite* (PCC)
- Sifat-sifat : bahan pengikatnya merupakan hasil hidrolis dari penggilingan terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau pencampuran bubuk semen portland dan bahan anorganik lain, dengan kadar bahan anorganik 6% - 35% dari masa semen portland komposit.
 - Penggunaan utama : Digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

Selain dari jenis-jenis semen tersebut di atas, terdapat juga jenis-jenis lain dari berbagai macam semen yang sifat dan penggunaannya berbeda-beda. Macam dan jenis dari semen tersebut antara lain :

1. Semen campuran

Jenisnya :

- a. Semen tanur tinggi
- b. Semen pozzolanik
- c. Semen abu terbang

2. Semen khusus

Jenisnya :

- a. Semen alumina, Penggunaan : Bahan tahan api
- b. Semen gigi, Penggunaan : Untuk kedokteran

2.3.2 Ikatan Kimia Dalam Semen Portland

Ikatan – ikatan utama dalam semen Portland adalah (Madatillah A, Saputro H,2006):

a) Trikalsium silikat (C_3S)

Ikatan yang paling dikehendaki dalam semen Portland adalah trikalsium silikat, oleh karena trikalsium silikat cepat mengeras dan menjadi penyebab bagi semen Portland untuk mencapai kekuatan awal yang tinggi. Apabila dibubuhkan air pada trikalsium silikat, maka terjadilah reaksi yang cepat.

b) Dikalsium silikat (C_2S)

Dikalsium silikat mengeras perlahan-lahan (lambat) akan tetapi pengaruhnya terhadap penambahan kekuatan pada umur lebih dari satu minggu besar. Jika dikalsium silikat berhubungan dengan air, maka dikalsium silikat mengikat air dengan lambat dan terbentuklah kalsium silikat hidrat.

c) Trikalsium aluminat (C_3A)

Trikalsium aluminat membebaskan panas yang sangat banyak selama hari-hari pertama dalam mencapai pengerasan. Trikalsium aluminat memegang peranan pula dalam perkembangan, kekuatan awal, meskipun tidak banyak.

Trikalsium aluminat mengikat air dan membentuk trikalsium aluminat hidrat, bilamana dibubuhkan batu tahu (gips), maka terbentuklah bahan penghambat, sehingga perkembangan panas berkurang dan pengikatan berlangsung lebih lambat. Keadaan ini terjadi oleh karena apabila terdapat batu tahu terbentuklah kalsium sulfoaluminat dan bukan trikalsium aluminat hidrat.

d) Tetrakalsium aluminoferrit (C_4AF)

Dengan terbentuknya tetrakalsium aluminoferrit, maka suhu yang menyebabkan terjadinya klinker menurun, sehingga dengan demikian membantu dalam pembuatan semen portland. Tetrakalsium aluminoferrit cepat mengikat air namun sedikit sekali memberikan sumbangan pada perkembangan kekuatan.

2.4 AIR

Seperti yang kita ketahui, air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton. Peranan air sebagai bahan beton dapat menentukan mutu dalam campuran beton. Air yang dipergunakan dalam campuran beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antar semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 20% dari berat semen, tetapi kita tambahkan air untuk tujuan ekonomi. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi sebab penggunaan air yang terlalu banyak dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton.

Proses hidrasi akan berlangsung baik apabila dipakai air tawar serta murni. Di samping digunakan sebagai bahan campuran untuk beton, air digunakan pula untuk merawat beton dengan cara pembasahan setelah dicor dan untuk mambasahi atau membersihkan acuan.

Air untuk perawatan dan pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau, dan dapat diminum. Adapun persyaratan air dapat dilihat sebagai berikut :

2.4.1 Ketentuan Umum

- a. Air yang digunakan untuk pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam. Zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton dan tulangan.
- b. Air yang digunakan untuk pembuat beton yang di dalamnya akan tertanam logam alumunium, serta beton yang tidak boleh mengandung sejumlah ion chlorida (C1). Sebagai pedoman, kadar ion chlorida tidak melampaui 500 mg per liter air.
- c. Air tawar yang tidak dapat diminum tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton, kecuali dapat dipenuhi ketentuan-ketentuan berikut:
 - Pemilihan campuran beton yang akan dipakai berdasarkan kepada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama yang telah menunjukkan bahwa mutu beton yang disyaratkan dapat dipenuhi.
 - Dilakukan percobaan perbandingan antara beton yang memakai air tersebut dan beton yang memakai air tawar yang dapat diminum atau air suling. Untuk ini dibuat kubus uji beton berukuran sisi 50 mm dengan cara sesuai dengan ASTM C109. Air tersebut dapat dipakai untuk pembuat beton apabila kuat tekan beton yang memakai air tersebut pada umur 7 hari dan umur 28 hari paling sedikit adalah 90% dari kuat tekan beton yang memakai air tawar yang dapat diminum atau air suling.

2.4.2 Catatan Mengenai Kesesuaian Air Untuk Pembuat Beton Menurut British Standard (BS) 3148:1980

Air yang berasal dari sumber alam tanpa pengolahan, sering mengandung bahan-bahan organik, zat organik dan zat-zat yang mengapung seperti lempung/tanah liat, minyak dan pengotor lainnya, yang berpengaruh buruk terhadap mutu dan sifat beton.

a. Garam-garam Organik

Ion-ion utama yang biasanya terdapat dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang karbonat.

Air yang mengandung ion-ion tersebut dalam jumlah gabungan sebesar tidak lebih dari 2000 mg per liter, pada umumnya baik untuk beton.

b. Zat-zat Organik

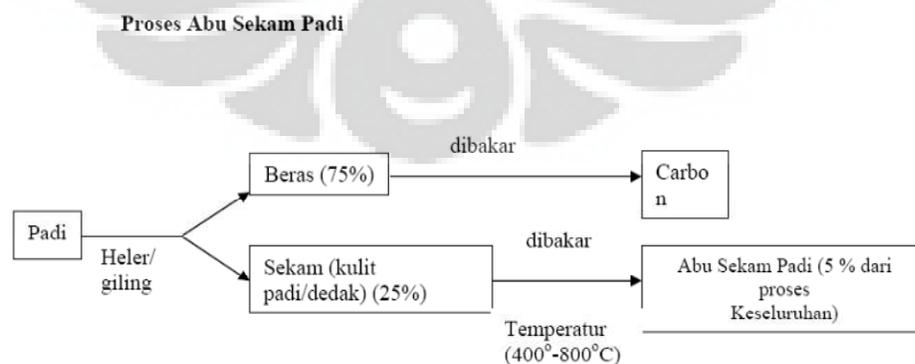
Kandungan zat-zat organik dalam air dapat mempengaruhi waktu pengikatan semen dan kekuatan beton. Air yang berwarna tua, yang berbau tidak sedap atau tampak adanya butir-butir lumut perlu diragukan dan harus dilakukan pengujian sebelum boleh dipakai.

c. Pencemaran Limbah Industri

Air yang tercemar limbah industri sebelum boleh dipakai harus dianalisa kandungan pengotorannya dan diuji dengan percobaan perbandingan untuk waktu pengikatan dan kekuatannya.

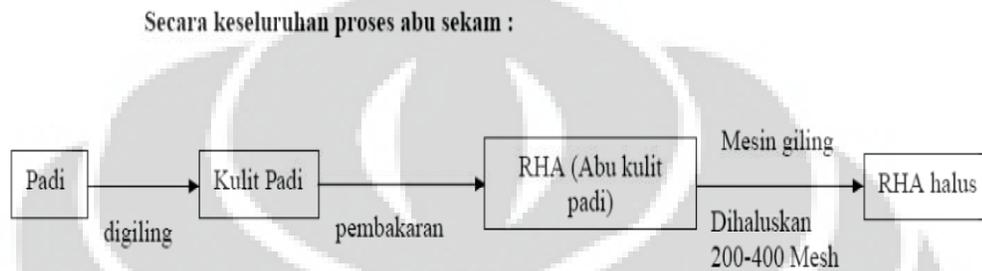
2.5 Abu Sekam Padi (RHA)

Abu sekam padi (RHA) merupakan hasil pembakaran sekam atau kulit padi yang biasanya terbuang begitu saja. Setelah dilakukan penelitian oleh para ahli dimasa lalu ternyata kandungan terbesar dalam abu sekam padi (RHA) adalah silikat. Sekam padi mengandung kurang lebih 94-96% silika. Penambahan abu sekam padi (selanjutnya disebut RHA) pada mortar semen dapat meningkatkan kekuatan mortar melalui reaksi antara silika (SiO_2) pada abu sekam padi (RHA) dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang merupakan produk reaksi hidrasi semen untuk menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang memberikan kekuatan pada mortar.



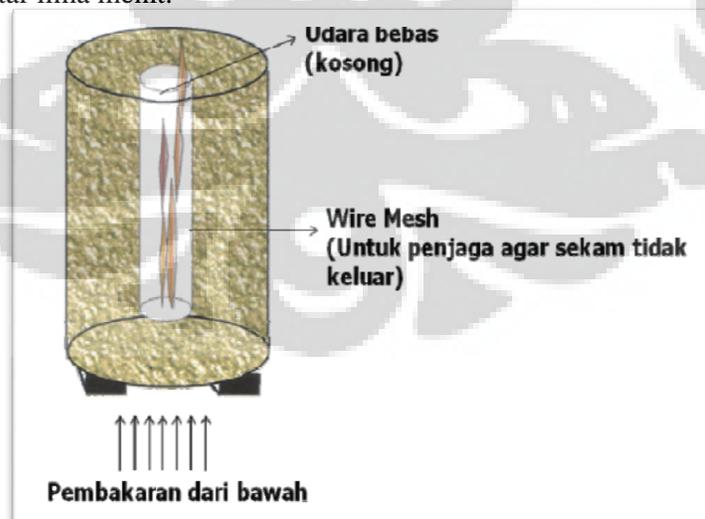
Gambar 2.9 Proses Pembuatan Abu Sekam Padi (RHA)

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



Gambar 2.10 Keseluruhan Proses Pembakaran Abu Sekam Padi (RHA)

Dari gambar diagram alur di atas dapat dilihat bahwa sekam yang sudah dilakukan pembakaran, maka dihaluskan lagi hingga lolos kesaringan 200-400 Mesh. Secara keseluruhan dari sekam yang di dapat dari padi hanya 5 % nya saja atau sekitar 20 % dari hasil pembakaran sekam. Berikut di bawah ini merupakan tungku tempa pembakaran sekam dan lama pembakaran untuk sekam di butuhkan waktu sekitar lima menit.



Gambar 2.11. Tungku Pembakaran sekam

Analisis kimia yang dilakukan pada abu sekam padi (RHA) hasil pembakaran tersebut yang dilakukan pada Laboratorium Material Science Universitas Indonesia menunjukkan kandungan silika oksida yang cukup tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel.2.4 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi (RHA)

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

Sumber : uji sifat kimia abu sekam PT. Hakiki, juni 2009

2.6. Limbah Adukan Beton (CSW)

Limbah adukan beton adalah limbah yang dihasilkan dari pencucian truck mixer setelah memproduksi dan mengirimkan campuran beton ke lokasi konstruksi, yang akhirnya dibuang di lahan kosong. Limbah adukan beton (CSW) masih terdapat campuran semen, agregat halus, fly ash, dan air hasil pencucian dari truck mixer, dan masih berbentuk lumpur. Pada penelitian sebelumnya dicoba dengan metode trial and error dari campuran OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan limbah beton yang masih berbentuk lumpur dengan perbandingan campuran 1:12; 1:10; 1:8; 1:6. Kuat tekan dievaluasi pada usia 7 hari didapat 1.18MPa, 2.35MPa, 4.71 MPa, dan 5.89MPa. Dimana terdapat perbandingan kuat tekan ≥ 5 MPa mutu beton rendah yang dapat dipakai sebagai bahan bangunan seperti bata, paving blok, dinding partisi dll (*Kusumantara, Diah, holcim*). Pada penelitian ini limbah adukan beton (CSW) digunakan sebagai agregat halus untuk mengurangi jumlah pasir.

Pada saat truck mixer di cuci sisa-sisa beton yang masih menempel pada mixer dikumpulkan dalam bak penampung. Limbah yang masuk dalam bak

penampungan masih berbentuk lumpur. Selanjutnya lumpur limbah tersebut dibiarkan mengendap dan airnya dialirkan sehingga nantinya limbah tersebut berubah menjadi bongkahan limbah adukan beton kering.



Gambar 2.12 Bak penampungan limbah adukan beton dan limbah adukan beton

CSW yang sudah menjadi bongkahan ini diambil dan diangkut dari batching plan PT. Holcim, Kampung Rambutan ke kampus UI, Depok dengan menggunakan mobil back. Selanjutnya CSW dikeringkan dan digiling untuk mendapatkan gradasi agregat yang dibutuhkan.



Gambar 2.13 Proses pengangkutan dan pengeringan CSW

CSW yang sudah kering dan digiling kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 3/16 untuk memisahkan agregat kasar dan agregat halus. Setelah diayak, CSW sudah dapat digunakan sebagai agregat halus untuk mengurangi penggunaan pasir.



Gambar 2.14 Proses pengayakan CSW

Namun sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan penelitian untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis dari CSW tersebut. Pengujian yang dilakukan diantaranya uji SEM, uji PSA dan XRF.

Pengujian mikrostruktur dari limbah beton dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat bentuk (topografi) dan ukuran partikel penyusunnya. SEM merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Prinsip kerja SEM adalah dimana dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah CRT (*Cathode Ray Tube*) memberi tampilan gambar.

SEM menggunakan prinsip *scanning*, yang berarti berkas elektron yang diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca, gerakan membaca ini disebut dengan *scanning*. Komponen utama SEM terdiri dari dua unit yaitu *electron column* (B) dan *display console* (A).

Electron column adalah model *electron beam scanning*. Sedangkan *display console* merupakan elektron sekunder yang didalamnya terdapat CRT. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus.

Uji PSA atau *Particle Size Analysis* adalah metode untuk mengetahui ukuran partikel

Tabel 2.5 Hasil uji Particle Size Analysis (PSA) limbah beton

No.	Particle Diameter (μm)	Statistics		
		Volume (%)	Surface Area (%)	Number (%)
1	< 20	100	100	100
2	< 10	98.500	99.700	99.998
3	< 8	92.300	98.400	99.990
4	< 6	79.600	94.900	99.900
5	< 4	60.500	87.600	99.700
6	< 2	36.000	71.500	98.000
7	< 1	16.200	44.800	86.700
8	< 0.4	0.220	1.040	4.930



Gambar 2.15 Alat Uji PSA

Dari hasil uji PSA, limbah beton memiliki ukuran partikel terkecil $0.4 \mu\text{m}$ dan paling banyak partikel limbah beton ini berukuran antara $0.4 - 1 \mu\text{m}$ sebanyak 33.76 % dari keseluruhan sampel yang diujikan.

Dalam uji XRF atau *X-Rays fluorescence* ini banyak digunakan untuk analisis unsur dan analisis kimia, terutama dalam penyelidikan logam, kaca, keramik dan bahan bangunan, dan untuk penelitian dalam geokimia, ilmu forensik dan arkeologi. Pada penelitian ini saya melakukan uji XRF untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa apa saja yang dimiliki oleh limbah beton sisa adukan beton siap pakai yang berasal dari pabrik beton siap pakai PT. Holcim Indonesia.

Berdasarkan uji XRF yang telah dilakukan di Laboratorium Uji XRF di Kampus Universitas Indonesia Salemba, limbah beton ini mengandung beberapa

unsur kimia didalamnya yaitu Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, dan Fe. Dan berikut ini adalah tabel sejumlah senyawa kimia yang dimiliki limbah beton.

Tabel 2.6 Komposisi senyawa kimia yang dikandung limbah beton (CSW)

No.	Senyawa Kimia	Prosentase	
		Berat/Wt (%)	Atom/ Molekul (%)
1	MgO	1.8284	3.6062
2	Al ₂ O ₃	7.5603	5.8951
3	SiO ₂	35.5793	47.0789
4	S	0.5744	1.4243
5	K ₂ O	0.7181	0.6061
6	CaCO ₃	48.0781	38.1902
7	TiO ₂	0.5984	0.5955
8	Cr ₂ O ₃	0.1169	0.0612
9	MnO ₂	0.1927	0.1763
10	Fe ₂ O ₃	4.7531	2.3644

Dari hasil uji XRF, limbah beton yang kami pakai ini banyak mengandung SiO₂ dan CaCO₃.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Metode Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian di laboratorium sesuai dengan data-data dari studi pustaka baik Standar Indonesia SK SNI maupun Standar Asing yaitu ASTM.

Sampel yang dibuat adalah mortar, dari komposisi campuran 1 : 2 dengan perbandingan berat 33,33% (PCC + RHA (10% PCC)) + 66,67% agregat halus (CSW (limbah adukan beton) dan Pasir). Sampel yang akan dibuat akan diuji kuat tarik lentur, kuat tarik langsung, modulus elastisitas dan kuat geser pada umur 28, 56 dan 90 hari. Jumlah benda uji kuat tarik langsung masing-masing variasi dibuat 5 benda uji dan diuji pada umur 28, 56, dan 90 hari. Jumlah benda uji kuat geser masing-masing variasi dibuat 5 benda uji dan diuji pada umur 28,56, dan 90 hari. Jumlah benda uji modulus elastisitas dan kuat tarik lentur masing-masing variasi dibuat 5 benda uji dan diuji pada umur 28 hari.

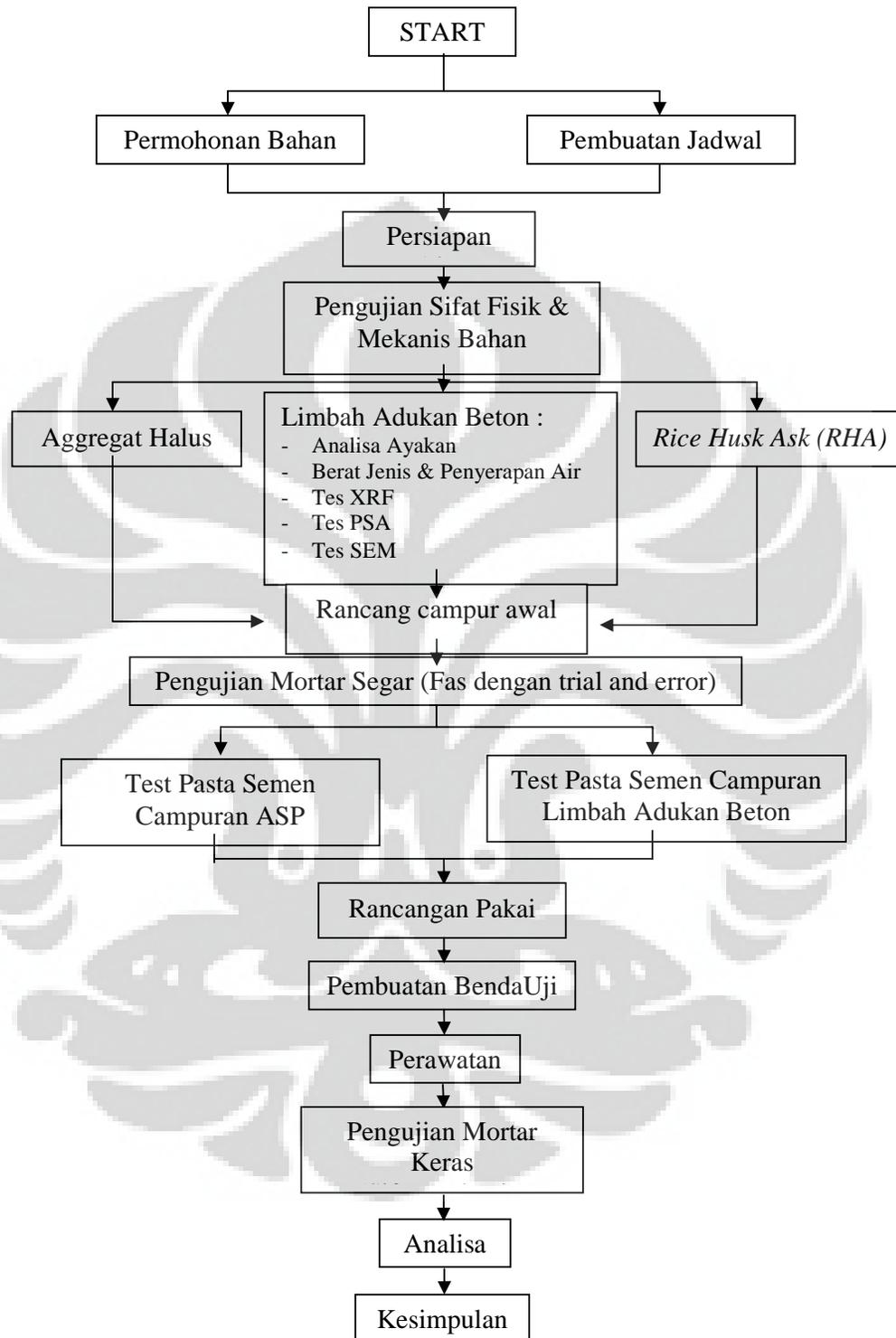
A. Bahan

1. Agregat halus : Pasir dan limbah adukan beton (CSW)
2. Semen : Semen PCC Tiga Roda
3. Abu sekam padi (RHA) : ASP produksi PT. Hakiki
4. Air

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium material jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia, Depok

3.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.3. Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

3.4. Standar dan Bahan Baku Penelitian

Seluruh rangkaian penelitian dilakukan di Laboratorium Beton FT UI Depok dengan memakai standar dengan perincian sebagai berikut :

Pengujian dilakukan berdasarkan peraturan :

- a. ASTM

Tabel 3.1 Standar Penelitian

Pengujian	Standar
Konsistensi Normal	ASTM C-305-82
Kuat Tarik Langsung	ASTM C 307-03
Kuat Lentur	ASTM C 78 - 02
Modulus Elastisitas	ASTM C-580-02

Bahan utama pembentuk mortar yang digunakan adalah :

- a. Semen
 - Jenis : Semen PCC
 - Merk : Semen Tiga Roda
- b. Abu sekam padi (RHA)
 - Asal : Indramayu
 - Sumber : PT. HAKIKI
- c. Air
 - Jenis : Air PAM
 - Sumber : Laboratorium Stuktur dan Material
- d. CSW (Concrete Sludge Waste/ limbah adukan beton)

3.5. Alat – Alat Penelitian

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian meliputi :

1. Ayakan
Ayakan dengan diameter 0,075 mm dengan saringan No. 200, untuk pemeriksaan *abu sekam* yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar semen
2. Timbangan
Timbangan kapasitas 10 kg, digunakan untuk mengukur berat contoh mortar.
3. Gelas ukur
Gelas ukur volume 50 ml, 100 ml, 250 ml, 1000 ml, digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk adukan mortar semen.
4. Baskom dan cawan
Baskom digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan bahan susun adukan mortar semen.
5. Sendok spesi
Sendok spesi digunakan untuk mengaduk mortar semen
6. Cetakan mortar
Cetakan persegi mortar dengan ukuran 75 mm x 50 mm x 25 mm yang digunakan untuk pengujian kuat tarik langsung, cetakan persegi ukuran 40 mm x 40 mm x 200 mm untuk uji kuat lentur, cetakan seperti angka delapan dengan ukuran 25 mm x 25 mm x 300 mm yang digunakan untuk pengujian susut dan cetakan silinder ukuran diameter 150 mm tinggi 300 mm.
7. Jangka sorong.
Jangka sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji
8. Mesin aduk mortar
Mesin dengan motor listrik, berkapasitas 2 liter, digunakan untuk mengaduk mortar segar.
9. Alat uji tarik langsung dan tarik lentur
Alat uji tarik langsung yang digunakan adalah Cement Briquettes. Untuk pengujian Kuat tarik belah digunakan alat uji tekan yaitu *Compression*

Tension Machine) dengan kapasitas kuat tekan maksimum 1800 Newton dengan kecepatan pembebanan 100 KN/ menit dan alat uji tarik dilakukan secara manual dengan cara penambahan beban di setiap satu kilogram dengan kapasitas kuat tarik maksimum 850 Newton.

10. Saringan logam 4,75 mm

Saringan yang digunakan untuk pengetesan mortar segar

3.6. Pengujian Bahan Pembentuk Mortar

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap limbah adukan beton (CSW), dan abu sekam padi (RHA), sedangkan semen, dan air tidak dilakukan pengujian.

3.6.1 Pengujian jumlah bahan abu sekam padi (RHA) yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm)

a. Tujuan

Untuk menentukan jumlah bahan abu sekam padi (RHA) yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm).

b. Alat dan Bahan

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Saringan no.200 (0.075 mm) dan no. 16 (1,18 mm)
3. Talam dari logam tahan karat

Bahan :

Abu sekam seberat 100 gr.

c. Prosedur Pengujian

1. Timbang wadah tanpa benda uji
2. Timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah
3. Masukkan semua benda uji ke dalam saringan No. 200 (0,075 mm)

d. Perhitungan

Hitung persen bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) :

- Bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

$$w_3 = (w_1 - w_2) \times 100\%$$

Dimana :

W_1 = berat benda uji + wadah gram

W_2 = berat wadah gram

W_3 = % bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

3.6.2 Pengujian jumlah bahan limbah adukan beton (CSW) yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm)

a. Tujuan

Untuk menentukan jumlah bahan limbah adukan beton (CSW) yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm).

b. Alat dan Bahan

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Saringan no.200 (0.075 mm) dan no. 16 (1,18 mm)
3. Talam dari logam tahan karat

Bahan :

Limbah adukan beton (CSW).

c. Prosedur Pengujian

1. Abrasikan dahulu bahan limbah adukan betonnya.
2. Timbang wadah tanpa benda uji
3. Timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah
4. Masukkan semua benda uji ke dalam saringan No. 200 (0,075 mm)

3.6.3 Pengujian Sifat Agregat Halus

3.6.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

a) Prosedur Pengujian

Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu (110 ± 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 penuh permukaan kering (JPK). Keadaan JPK diperiksa dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung, dipadatkan sebanyak 25 kali, angkat kerucut. Keadaan JPK tercapai bila benda uji lerengnya runtuh akan tetapi tingginya masih tetap. Setelah tercapai keadaan JPK, ambil benda uji sebanyak ± 500 gr (Bssd) masukkan kedalam picnometer. 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° 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 ± 5)°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°C (B).

Perhitungan :

- Berat Jenis $= \frac{Bk}{(B + Bssd - BT)}$
- BJ Semu $= \frac{Bk}{(B + BK - BT)}$

- BJ SSD
$$= \frac{B_{ssd}}{(B + B_{ssd} - BT)}$$
- Penyerapan Air
$$= \frac{B_{ssd} - B_k}{B_k} \times 100\%$$

B_k = Berat benda uji kering oven (garm)

B_{ssd} = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

B = Berat piknometer + air (gram)

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

3.6.3.2 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 ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.6.3.3 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 ± 15 menit dan ditimbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

b. Perhitungan

Rumus :

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m} (0,15\text{mm})}{100}$$

- 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)

$$FM = (\sum \% \text{ tertahan komulatif diatas ayakan } 0,15 \text{ mm}):100$$

- Menghitung persentase lolos komulatif
- Gambarkan grafik gradasi agregat

3.6.3.4 Pengujian Kadar Lumpur

a. Prosedur Pengujian

Benda uji dimasukkan dengan berat seperti tertera dalam table , lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C, sampai berat tetap, kemudian ditimbang (W1). 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 :

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

3.6.3.5 Pengujian 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 ± 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 :

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

3.6.4 Pengujian Limbah Beton (CSW)

3.6.4.1 Uji Analisa Ayak Limbah Beton (CSW) (ASTM C 135 – 95a)

1. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gr
- b. Satu Set Saringan
- c. Oven untuk memanaskan bahan
- d. Alat pemisah contoh
- e. Talam
- f. Kuas, sikat halus, sikat kuningan
- g. Sendok dan alat-alat lainnya

2. Ukuran Saringan

- a. Ukuran maksimum no.4 : berat minimum 500 gram.
- b. Ukuran maksimum no.8 : berat minimum 100 gram

3. Prosedur Pengujian

Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak agar hasil ayakan terpisah merata. Pengayakan dilakukan sampai ukuran agregat benar-

benar terpisah. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

4. Perhitungan

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing – masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m (0,15 mm)}}{100}$$

3.6.4.2 Uji XRF Limbah Beton (X-RAY Fluorance)

1. Peralatan
 - a. Mesin XRF
2. Prosedur

Dalam uji XRF atau X-Rays fluorescence ini digunakan untuk analisis unsur dan analisis kimia, terutama dalam penyelidikan logam, kaca, keramik dan bahan bangunan, dan untuk penelitian dalam geokimia, ilmu forensik dan arkeologi.

Pada penelitian ini saya melakukan uji XRF untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa apa saja yang dimiliki oleh limbah beton sisa adukan beton siap pakai yang berasal dari pabrik beton siap pakai PT. Holcim Indonesia. Berdasarkan uji XRF yang dilakukan di Laboratorium Uji XRF di Kampus Universitas Indonesia Salemba, maka kita akan mengetahui unsur kima dan senyawa kimia yang dikandung didalamnya.

3.6.4.3 Uji PSA Limbah Beton (Particle Sixe Analysis)

1. Peralatan
 - a. Mesin Particle Size Analiyzer
 - b. Mesin alat pemecah ultrasonic
 - c. Aquades/ alkohol
 - d. Gelas ukur
 - e. Gelas katalis untuk PSA

3. Prosedur Pengujian

Pertama persiapkan limbah beton (berupa powder) yang sudah ditreatment secukupnya kemudian persiapkan alat pemecah ultrasonic dan PSA. Masukkan limbah beton secukupnya kedalam gelas ukur yang sudah berisi cairan aquades kemudian gelas ukur tersebut dimasukkan ke dalam mesin alat pemecah ultrasonik sesuai waktu yang ditentukan guna menguraikan limbah beton yang masih menggumpal setelah dicampurkan dengan aquades. Setelah beberapa lama sesuai waktu yang telah ditentukan maka isi dari gelas ukur tersebut dimasukan kedalam gelas katalis PSA untuk menganalisa limbah beton tersebut pada mesin Particle Size Analiyzer. Tunggu beberapa menit agar kita dapat hasil dari mesin PSA. Ketika proses analisa dari mesin tersebut selesai maka kita akan peroleh prosentase dan ukuran – ukuran dari partikel limbah beton tersebut.

3.6.4.4 Uji SEM Limbah Beton (Scanning Electron Microscope)

Pengujian mikrostruktur dari limbah beton dilakukan dengan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk melihat bentuk dan ukuran partikel penyusunnya. SEM merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Prinsip kerja SEM adalah dimana dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu strike specimen digunakan untuk menguji dan strike yang lain adalah CRT (Cathode Ray Tube) memberi tampilan gambar.

SEM menggunakan prinsip scanning, yang berarti berkas elektron yang diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca, gerakan membaca ini disebut dengan scanning. Komponen utama SEM terdiri dari dua unit yaitu electron column (B) dan display console (A).

Electron column adalah model electron beam scanning. Sedangkan display console merupakan electron skunder yang didalamnya terdapat CRT. Pancaran

elektron energi tinggi dihasilkan oleh electron gun yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus.

3.6.5 Pengujian Konsistensi ASTM C 305-82

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 keleccakan (konsistensi normal) Untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi normal dalam suatu mortar, perlu dilakukan suatu pengujian.

1. Alat dan Bahan
 - a. Mesin pengaduk mortar
 - b. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
 - c. Gelas ukur
 - d. Peralatan flow table
 - e. Stopwatch
 - f. Cawan
 - g. Sendok aduk
 - h. Spatula
 - i. Sarung tangan
 - j. Calliper khusus
2. Bahan
 - a. Semen Portland dan RHA (abu sekam padi)
 - b. Pasir dan CSW (limbah adukan beton)
 - c. Air

3. Prosedur

Terlebih dahulu pasir disaring dengan 4.75 mm

A. Pembuat Mortar

Tentukan perbandingan antara bahan perekat dan pasir dalam komposisi berat. Misal Semen: Pasir = x;y

- a. Timbang x gram semen, y gram pasir dan air sebanyak 0,5 gram kali berat semen.
- b. Letakkan mangkuk pengaduk dan pengaduk pada posisinya dalam mesin pengaduk
- c. Masukkan air pengaduk ke dalam air pengaduk.
- d. Tambahkan semen ke dalam mangkuk pengaduk.
- e. Jalankan pengaduk dalam kecepatan rendah (140 ± 5 rpm) selama 30 detik.
- f. Tanpa mematikan mesin masukkan pasir perahan-lahan selama 30 detik. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah kecepatan sedang (285 ± 5 rpm) dan jalankan selama 30 detik.
- g. Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk pengaduk.
- h. Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk didorong ke bawah.

B. Penentuan Konsistensi

- a. Persiapkan flow table, cetakan, stopwatch, dan jangka sorong atau calliper khusus.
- b. Segera setelah selesai pengadukan, mortar diisikan ke dalam cetakan dalam 2 lapis. Tiap lapis ditumbuk 20x. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan.
- c. Cetakan diangkat tegak lurus secara perlahan-lahan.
- d. Gerakkan flow table dengan cara memutar tuas penggerak sehingga terjadi ketukan sebanyak 25 x dalam waktu 15 detik.

Karena ketukan ini mortar akan melebar pada permukaan flow table.

- e. Ukur pelebaran mortar dengan jangka sorong atau calliper khusus pada garis yang tertera pada flow table.

4. Perhitungan

a. Menggunakan jangka sorong:

Ukur diameter mortar setelah pengujian (diketuk), pada 4 (empat) dirata-ratakan D_1 mm

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

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

$D_a \dots D_d$ = diameter mortar pada empat posisi

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

b. Menggunakan Caliper khusus:

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

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

Catatan:

1. Konsistensi mortara tercapai apabila pelebaran yang diukur dengan calliper khusus berkisar $110 \pm 5\%$.
2. Apabila belum tercapai, ulangi lagi percobaan dengan jumlah air yang berbeda.



Gambar 3.2 Pengujian konsistensi

3.6.6 Pengujian Waktu Ikat (Setting Time) ASTM C-1117-89

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

9. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas
10. Dengan memakai sarung tangan, ambil pasta semen dan dikepal-kepalkan membentuk seperti bola supaya plastis.
11. Lempar-lemparkan dari satu tangan ke tangan lain sebanyak 6 kali dengan jarak lemparan kira-kira 15 cm.
12. Isikan pasta semen tadi ke dalam cincin konik dari bagian bawahnya, kemudian tekan dengan plat kaca, sehingga mengisi seluruh cincin konik.
13. Ratakan permukaan pasta semen sama dengan permukaan atas cincin konik dengan cara mengikis memakai spatula.
14. Letakkan cincin konik yang berisi pasta semen di dalam ruang yang lembab selama 30 menit tanpa terjadi kerusakan.
15. Tempatkan cincin konik berisi benda uji di bawah jarum vikat \varnothing 1 mm dan sentuhkan jarum vikat tadi dengan permukaan benda uji, kemudian atur skala pada pesawat vikat pada kedudukan nol (0).

16. Lepaskan pemegang jarum, sehingga jarum vicat jatuh bebas menembus benda uji selama 30 detik. Hitung penurunannya berdasarkan angka yang tertera pada skala.
17. Lakukan langkah 9 dan 10 berulang-ulang dengan interval waktu 30, 15, 10, dan 5 menit sampai didapat penetrasi jarum \varnothing 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 \varnothing 1 mm mendekati 25 mm maka interval waktu pengujian dapat dikurangi.
18. 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.
19. Jika waktu ikat awal sudah tercapai, ganti jarum \varnothing 1 mm dengan jarum \varnothing 1 mm “bersepatu” untuk mendapatkan waktu ikat akhir.
20. Tempatkan cincin konik berisi benda uji di bawah jarum vicat \varnothing 1 mm “bersepatu” dan sentuhkan jarum vicat tadi dengan permukaan benda uji, kemudian atur skala pada pesawat vicat pada kedudukan nol (0).
21. Lepaskan pemegang jarum, sehingga jarum vicat jatuh bebas menembus benda uji selama 30 detik. Hitung penurunannya berdasarkan angka yang tertera pada skala.
22. 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 \varnothing 1 mm masuk ke dalam pasta semen sedalam 25 mm. Waktu ikat akhir tercapai apabila setelah jarum \varnothing 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.

3.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini mengacu pada SK SNI T-15-1990-03. Data – data yang dibutuhkan pada perancangan campuran mortar meliputi jenis semen, jenis agregat halus, gradasi dan besar butiran maksimum. Pengadukan bahan untuk campuran mortar dilakukan dengan cara perbandingan dan mengkonversi satuan berat bahan dengan nilai berat isinya. Banyaknya bahan untuk pengadukan tergantung dari volume sampel yang akan dibuat, serta banyaknya pengujian yang akan dilakukan.

1. Persiapan dan Penakaran

- a. Alat-alat yang akan digunakan disiapkan untuk pengujian.
- b. Bahan baku disiapkan dan ditakar sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan

2. Pengadukan

- a. Pada mortar dengan campuran abu sekam dan limbah beton, terlebih dahulu semen, abu sekam padi dan limbah beton dicampur secara manual dengan menggunakan tangan sampai campuran tersebut terlihat homogen.
- b. Air dimasukkan sedikit ke dalam mesin aduk sebelum mesin aduk dihidupkan.
- c. Mesin dihidupkan lalu masukkan lagi sisa air ke dalam mesin pengaduk sedikit demi sedikit.
- d. Selama pengadukan ada aturan yang berlaku yaitu campuran diaduk selama 5 menit dengan ketentuan 2,5 menit untuk pengadukan dengan kecepatan satu, 1 menit dengan pengadukan pada kecepatan dua dan kembali lagi dengan kecepatan satu selama 1,5 menit.
- e. Sisa adukan dibersihkan dari mesin mixer, kemudian mesin mixer tersebut dipersiapkan untuk pengadukan selanjutnya.

3. Penuangan

- a. Dinding bagian dalam cetakan harus sudah dilumasi dengan pelumas
- b. Adukan mortar dimasukkan kedalam cetakan dalam tiga tahapan, setiap tahap dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk-tusuk.
- c. Penusukkan dilakukan sebanyak 25 kali pada setiap lapis hingga menembus ketebalan lapisannya
- d. Pada tahap akhir ditambahkan adukan mortar semen lalu ratakan permukaannya dan bagian sisanya dibuang hingga didapatkan permukaan mortar semen yang rata/ licin.

4. Perawatan

- a. Untuk memudahkan identifikasi, benda uji diberikan tanda dan tanggal.
- b. Setelah pekerjaan pengecoran diselesaikan, cetakan benda uji dibuka esok harinya (± 24 jam).
- c. Kemudian di rendam pada bak perawatan. Model perawatan adalah benda uji direndam seluruhnya di bawah air.
- d. Kira-kira 1 hari sebelum pengujian dilakukan, benda uji dikering-udarkan

3.8 Pengujian Mekanik Mortar

3.8.1 Pengujian Kuat Tarik Langsung ASTM C 307-03

Pengujian kuat tarik langsung mortar semen dilakukan pada saat mortar semen telah berumur 28, 56 dan 90 hari. Pengujian kuat tarik dilakukan pada 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi. Uji kuat tarik langsung mortar semen dilakukan dengan membuat mortar dalam bentuk seperti angka delapan. Benda uji setelah keras kemudian ditarik dengan alat uji *Cement Briquettes*. Pengujian kuat tarik langsung, bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik mortar pada perbandingan sesuai rencana, pengujian dilakukan menurut ASTM C-307-03.

A. Alat dan Bahan

1. Mesin pengaduk mortar dan perlengkapannya
2. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
3. Gelas ukur
4. Cetakan 25 x 25 x 100 mm
5. Stopwatch
6. Spatula
7. Sendok aduk
8. Cawan
9. Mesin uji kuat tarik langsung

B. Bahan

1. Semen Portland dan RHA (abu sekam padi)
2. Pasir dan CSW (limbah adukan beton)
3. Air

C. Prosedur

a. Persiapan pengujian

1. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
2. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
3. Benda uji sudah siap untuk diperiksa.

b. Cara Pengujian

1. Letakan benda uji pada mesin tarik
2. Karena mesin tarik masih manual, maka berikan beban pada mesin tarik tahap demi tahap dengan beban satu kg pada setiap penambahannya.
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
4. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

c. Perhitungan

Nilai kuat tarik yang diperoleh dihitung dari besar beban tarik maksimum (P) dibagi dengan luas penampang yang terkecil (mm²). Besarnya kuat tarik mortar semen dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

- f_{ct} = kuat tarik mortar semen (kg/cm² atau N/mm²)
- P = beban tekan (N atau kg)
- A = luas bidang tekan (cm² atau mm²)

3.8.2 Pengujian Kuat Lentur ASTM C 78 – 02

Pengujian kuat lentur mortar semen dilakukan pada saat mortar semen telah berumur 28 hari. Pengujian kuat tarik dilakukan pada 5 buah benda uji untuk masing-masing umur benda uji. Uji kuat lentur mortar semen dilakukan dengan membuat benda uji dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm. Pengujian kuat tarik lentur, bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat lentur mortar sesuai dengan komposisi bahan yang digunakan, pengujian dilakukan menurut ASTM C-78-02.

A. Alat dan Bahan

1. Mesin pengaduk mortar dan perlengkapannya
2. Timbangan dengan ketelitian 1 gram
3. Gelas ukur
4. Cetakan 25 x 25 x 100 mm
5. Stopwatch
6. Spatula
7. Sendok aduk
8. Cawan
9. Alat bantu uji lentur
10. Mesin uji lentur yang dilengkapi dengan proving ring.

B. Bahan

1. Semen Portland dan RHA (abu sekam padi)
2. Pasir dan CSW (limbah adukan beton)
3. Air

C. Prosedur

- a. Tentukan komposisi adukan sesuai kebutuhan dalam perbandingan berat dan air pecampur sesuai dengan konsistensi normal.
- b. Pembuatan mortar: Cara pembuatan mortar sama dengan cara untuk pengujian kuat tekan mortar.
- c. Pencetakan benda uji:
 1. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
 2. Mortar yang telah mencapai konsistensi normal segera diisikan ke dalam cetakan 2 lapis. Padatkan setiap lapisan dengan batang penumbuk. Sudut dan ujung cetakan dipadatkan dengan baik. Jumlah tumbukan tidak diisyaratkan.
 3. Padatkan setiap lapisan dengan batang penumbuk. Sudut dan ujung cetakan dipadatkan dengan baik. Jumlah tumbukan tidak diisyaratkan.
 4. Isikan lapisan kedua sampai lebih dari permukaan cetakan. Padatkan seperti di atas.
 5. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan dengan spatula.

Catatan: tinggi jatuh alat pemadat 25 mm di atas permukaan mortar. Pemadatan selesai dalam waktu 15 detik.
- d. Penyimpanan benda uji:
 1. Simpan benda uji dan cetakannya ditempat 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 selama 28 hari. Suhu berkisar $23^{\circ} \pm 1.7^{\circ}$ C.

e. Pengujian kuat lentur:

1. Pada saat pengujian keluarkan benda uji pada rendaman. Seka air yang berlebihan dan biarkan benda uji sampai kering di udara.
2. Ukur dimensi benda uji dengan teliti.
3. Letakkan benda uji pada alat bantu uji mentur. Tempatkan benda uji dan alat bantu pada mesin uji lalu atur agar permukaan alat bantu tepat berada di bawah proving ring.
4. Jalankan mesin sehingga memberikan pembebanan yang merata dan terus menerus pada benda uji dengan kecepatan pembebanan 4-5 kg/cm²/detik. Catat beban maksimum dalam satuan Newton atau kgf.
5. Hitung kuat lentur.

D. Perhitungan

$$\text{Kuat lentur mortar} = \frac{3P \times l}{2bh^2} \text{ N/mm}^2 \text{ atau kgf/cm}^2$$

Dimana P = Beban maksimum dalam Newton atau kgf

l = Jarak tumpuan (cm atau mm)

b = Lebar benda uji (cm atau mm)

h = Tinggi benda uji (cm atau mm)

3.8.3 Pengujian Modulus Elastisitas ASTM C-580-02

a) Data Teknis

Jenis Percobaan : Modulus Elastisitas Mortar Semen

Referensi : ASTM C-580-02

b) Tujuan

Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas hasil pengujian dan membandingkan antara nilai tegangan dan regangan yang terjadi.

c) Dasar Teori

Modulus elastisitas adalah ratio perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Daerah elastis pada mortar menurut

ASTM C-580-02 dibatasi sampai 50 % defleksi maksimum. Uji modulus elastisitas dilakukan dengan membuat mortar dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm.

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. Alat uji modulus elastisitas
9. Beban dengan interval 5N
10. Dial pembaca lendutan

Bahan yang digunakan :

1. Bahan perekat hidrolis/semen PCC
2. *Precious Slag Ball*
3. Abu sekam padi
4. Air

e) Prosedur Pengujian

- 1) Tentukan terlebih dahulu komposisi adukan sesuai kebutuhan dalam perbandingan berat. Tentukan jumlah air pencampur sesuai konsistensi normal.
- 2) 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 ± 5 rpm) selama 30 detik.

4. Tanpa mematikan mesin masukkan abu sekam padi dan *Precious Slag Ball* perlahan-lahan selama 30 detik.
5. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah kekecepatan sedang (285 ± 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.

3) Pencetakan benda uji :

1. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.
2. Mortar yang telah mencapai konsistensi normal segera diisikan ke dalam cetakan dalam 2 lapis.
3. Padatkan setiap lapisan dengan batang penumbuk. Sudut dan ujung cetakan dipadatkan dengan baik. Jumlah tumbukan tidak disyaratkan.
4. Isikan lapisan kedua sampai lebih dari permukaan cetakan. Padatkan seperti di atas.
5. Ratakan permukaan mortar sama dengan permukaan cetakan dengan spatula.

Catatan :

- a. Tinggi jatuh alat pemadat 25 mm di atas permukaan mortar.
- b. Pemadatan selesai dalam waktu 15 detik.

4) Penyimpanan benda uji :

1. Simpan benda uji dan cetakannya 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 selama 24 jam. Suhu berkisar $23^{\circ} \pm 1,7^{\circ}$ C.

5) Persiapan pengujian

1. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel
2. Ukur benda uji sesuai kapasitas alat yang ada, panjang total benda uji (L_0) dari perletakan adalah 240 mm.
3. Garis bagian tengah benda uji yang akan diletakkan pembebanan dan $1/3$ dari setiap perletakan untuk meletakkan dial pembacaan defleksi.
4. Benda uji sudah siap diperiksa.



Gambar 3.3 Benda uji modulus elastisitas mortar.

6) Cara pengujian :

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



Gambar 3.4 Pengujian modulus elastisitas mortar.

f) Perhitungan

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

Dimana :

L = panjang benda uji (mm).

b = lebar benda uji (mm).

d = tinggi benda uji (mm).

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

Langkah yang harus dikerjakan dalam mencari nilai modulus Elastisitas aktual adalah :

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

3.8.4 Pengujian Kuat Geser

Sampel yang digunakan untuk melakukan uji geser langsung belum memiliki standar secara umum, namun merujuk pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan. Penelitian geser langsung ini pernah dilakukan oleh Mattock dan Walraven. Sampel "*push-off specimen*" Mattock dan Walraven dianggap cukup representatif untuk uji geser langsung sehingga pada penelitian-penelitian selanjutnya tentang uji geser langsung banyak menggunakan jenis sampel ini. Sampel yang digunakan dalam penelitian terdahulu adalah sampel geser penampang *double-L*. Sampel geser *double-L* memiliki ukuran 15 cm x 10 cm x 5 cm.

a. Prosedur Pengujian

1. Siapkan benda uji geser *double-L* (15 cm x 10 cm x 5 cm) yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian dilaksanakan.
2. Melakukan penimbangan benda uji *double-L* sebelum dilakukan pengujian.
3. Meletakkan benda uji pada mesin uji tekan beton secara sentris.
4. Menjalankan mesin uji tekan beton.
5. Melakukan pembebanan merata hingga bidang geser benda uji menjadi hancur.
6. Mencatat beban maksimum yang mampu ditahan benda uji *double-L*.

b. Perhitungan

Kuat geser mortar dihitung dengan rumus :

$$Uji\ Geser = \frac{N}{a.t} (N / mm^2)$$

dimana :

N = beban maksimum (N)

a = adalah panjang bidang geser (mm)

t = adalah lebar bidang (mm)



BAB IV

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 CSW

Pengukuran	Sample I	Sample II	Rata-rata
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
Berat Jenis	2.422	2.380	2.401
BJ ssd	2.513	2.532	2.522
BJ Semu	2.663	2.806	2.732
Penyerapan Air (%)	3.734	6.383	5.042

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 dikategorikan 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
Berat Isi Lepas Rata-rata		2135.0	
Berat Isi Padat Rata-rata		2483.5	
Faktor W5 terhadap W3		1.163	

- 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.

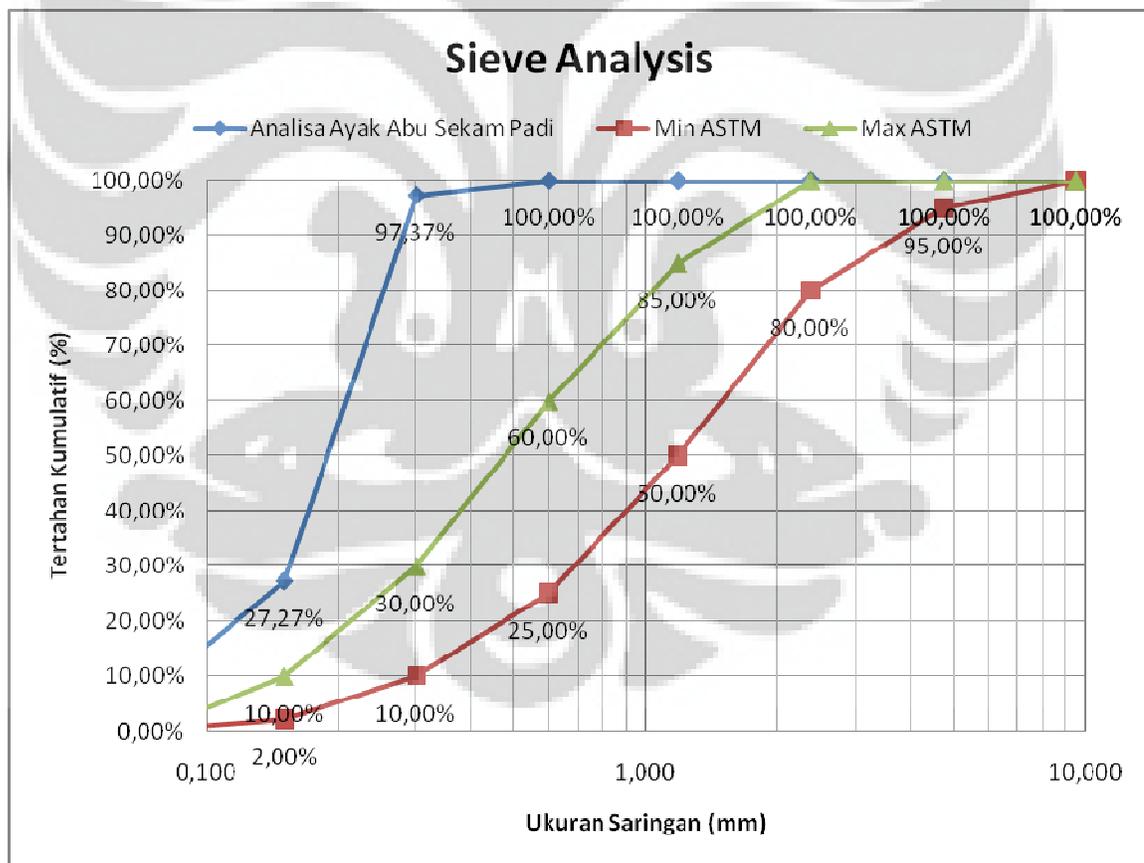
4.1.1.3 Hasil Pengujian Analisa Ayak

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	

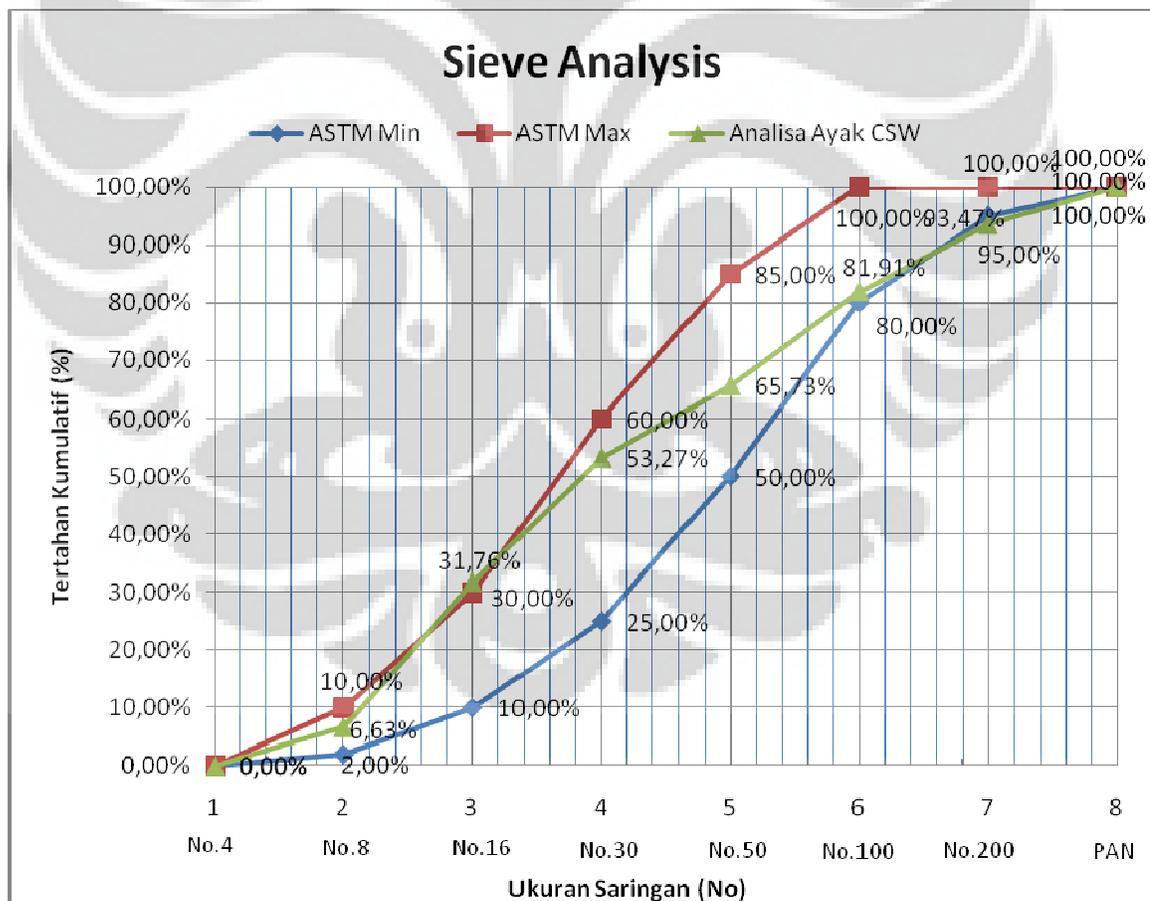


Gambar 4.1 Grafik pengujian analisa ayak Rice Husk Ash (RHA)

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	Kadar Lumpur Rata-rata	0.678%	

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%
Kadar Air Rata-rata		6.70%	

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

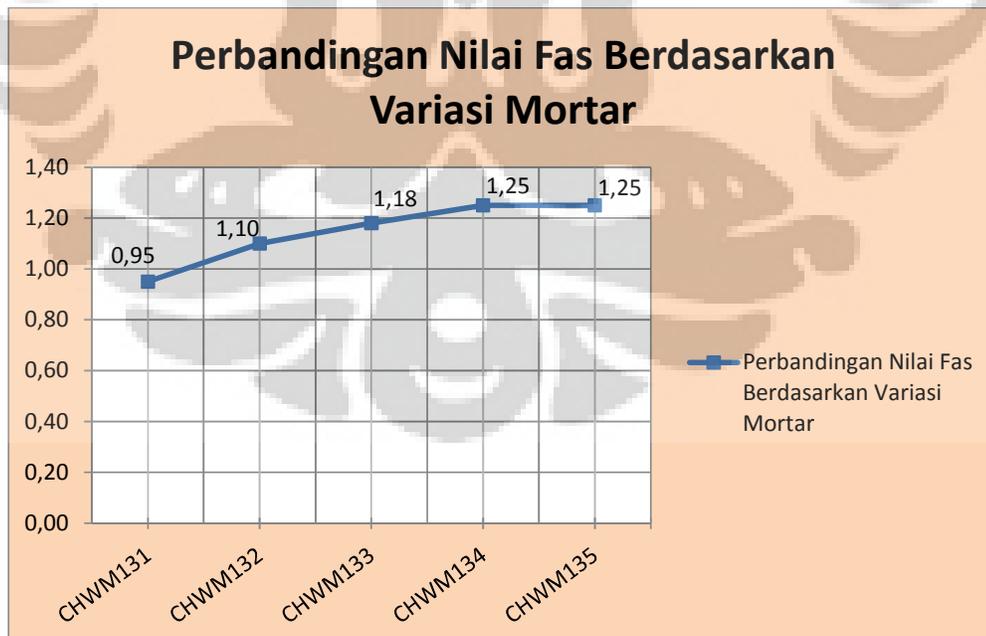
a. Nilai Faktor Air Semen

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

Tabel 4.7 Nilai faktor air semen campuran.

Kode	Variasi				Berat Campuran (gram)					Total (gram)	Nilai FAM	Nilai FAS
	PCC	RHA	CSW	Pasir	PCC	RHA	CSW	Pasir	Air			
	33%		67%		199,98			400,02		600,00		
CHWM 11	92%	8%	30%	70%	183,98	16,00	120,01	280,01	175	600,00	0,29	0,95
CHWM 12	92%	8%	40%	60%	183,98	16,00	160,01	240,01	202	600,00	0,34	1,10
CHWM 13	92%	8%	50%	50%	183,98	16,00	200,01	200,01	217	600,00	0,36	1,18
CHWM 14	92%	8%	60%	40%	183,98	16,00	240,01	160,01	230	600,00	0,38	1,25
CHWM 15	92%	8%	70%	30%	183,98	16,00	280,01	120,01	230	600,00	0,38	1,25

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.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai FAS berdasarkan variasi mortar

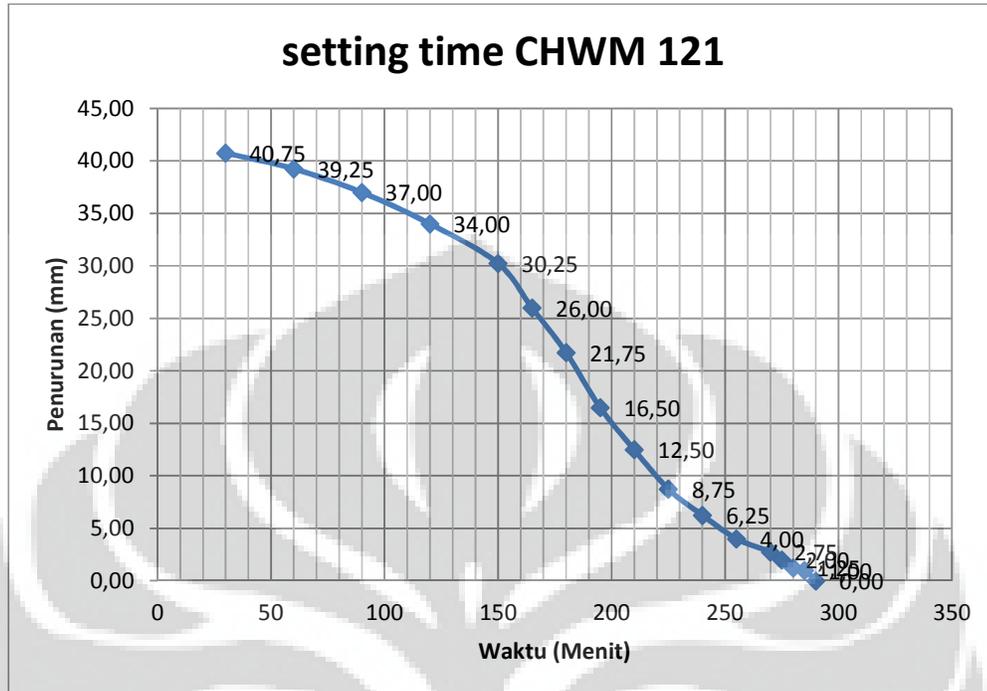
4.1.3. Nilai Setting Time

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 adalah :

- Campuran CHWM 121 (30% CSW dan 70% pasir)
- Campuran CHWM 122 (40% CSW dan 60% pasir)
- Campuran CHWM 123 (50% CSW dan 50% pasir)
- Campuran CHWM 124 (60% CSW dan 40% pasir)
- Campuran CHWM 125 (70% CSW dan 30% pasir)

Tabel 4.8 Pengujian setting time campuran CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir)

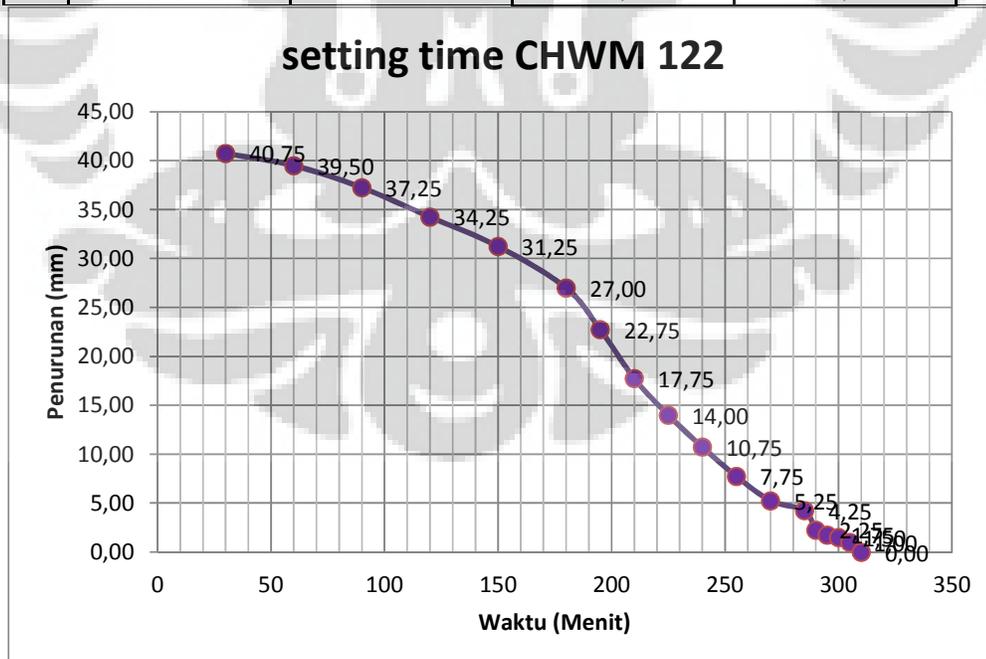
No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	41,00	40,50	40,75
3	30	60	39,50	39,00	39,25
4	30	90	37,00	37,00	37,00
5	30	120	34,00	34,00	34,00
6	30	150	30,00	30,50	30,25
7	15	165	25,50	26,50	26,00
8	15	180	22,00	21,50	21,75
9	15	195	16,50	16,50	16,50
10	15	210	12,00	13,00	12,50
11	15	225	9,00	8,50	8,75
12	15	240	6,50	6,00	6,25
13	15	255	4,00	4,00	4,00
14	15	270	2,50	3,00	2,75
15	5	275	2,00	2,00	2,00
16	5	280	1,50	1,00	1,25
17	5	285	1,00	1,00	1,00
18	5	290	0,00	0,00	0,00



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Setting Time Campuran CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir)

Tabel 4.9 Pengujian setting time campuran CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir)

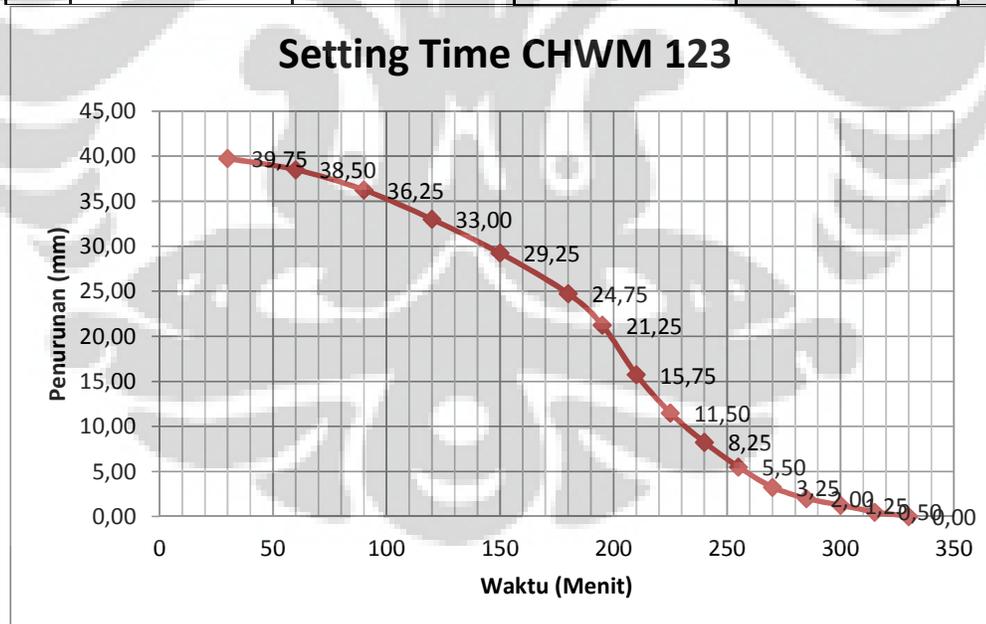
No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	40,5	41,0	40,75
3	30	60	39,5	39,5	39,50
4	30	90	37,0	37,5	37,25
5	30	120	34,0	34,5	34,25
6	30	150	31,5	31,0	31,25
7	30	180	27,0	27,0	27,00
8	15	195	23,0	22,5	22,75
9	15	210	18,0	17,5	17,75
10	15	225	14,0	14,0	14,00
11	15	240	11,0	10,5	10,75
12	15	255	7,5	8,0	7,75
13	15	270	5,0	5,5	5,25
14	15	285	4,0	4,5	4,25
15	5	290	2,5	2,0	2,25
16	5	295	2,0	1,5	1,75
17	5	300	1,5	1,5	1,50
18	5	305	1,0	1,0	1,00
19	5	310	0,0	0,0	0,00



Gambar 4.5 Grafik pengujian setting time campuran CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir)

Tabel 4.10 Pengujian Setting Time Campuran CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir)

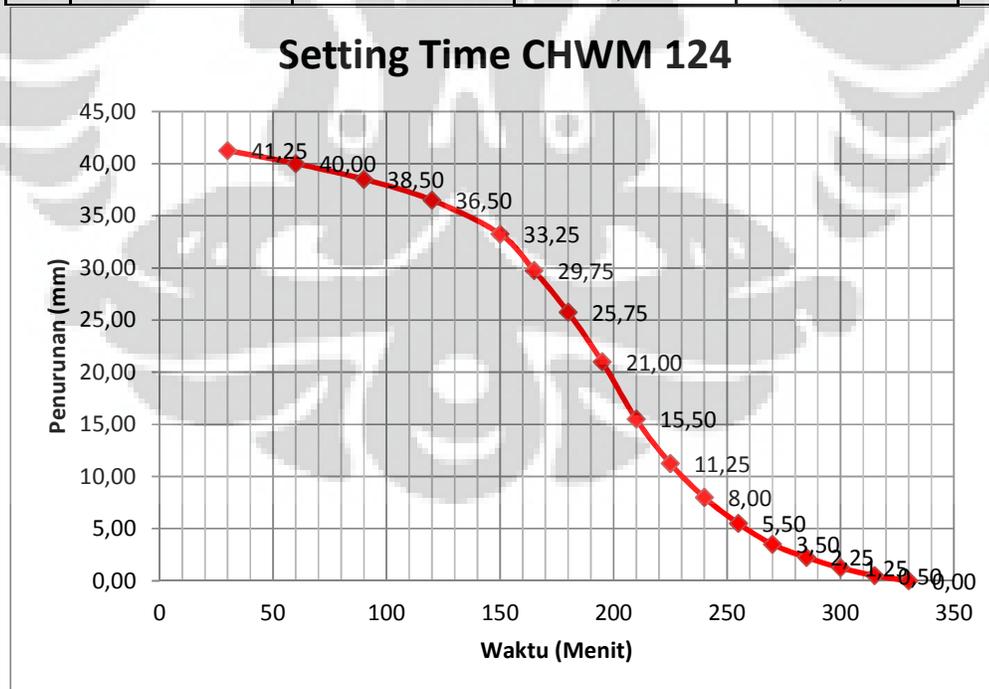
No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	40,00	39,50	39,75
3	30	60	38,50	38,50	38,50
4	30	90	36,00	36,50	36,25
5	30	120	33,00	33,00	33,00
6	30	150	29,00	29,50	29,25
7	30	180	24,50	25,00	24,75
8	15	195	21,00	21,50	21,25
9	15	210	15,50	16,00	15,75
10	15	225	11,00	12,00	11,50
11	15	240	8,00	8,50	8,25
12	15	255	5,50	5,50	5,50
13	15	270	3,00	3,50	3,25
14	15	285	1,50	2,50	2,00
15	15	300	1,00	1,50	1,25
16	15	315	0,50	0,50	0,50
17	15	330	0,00	0,00	0,00



Gambar 4.6 Grafik pengujian setting time campuran CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir)

Tabel 4.11 Pengujian setting time campuran CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir)

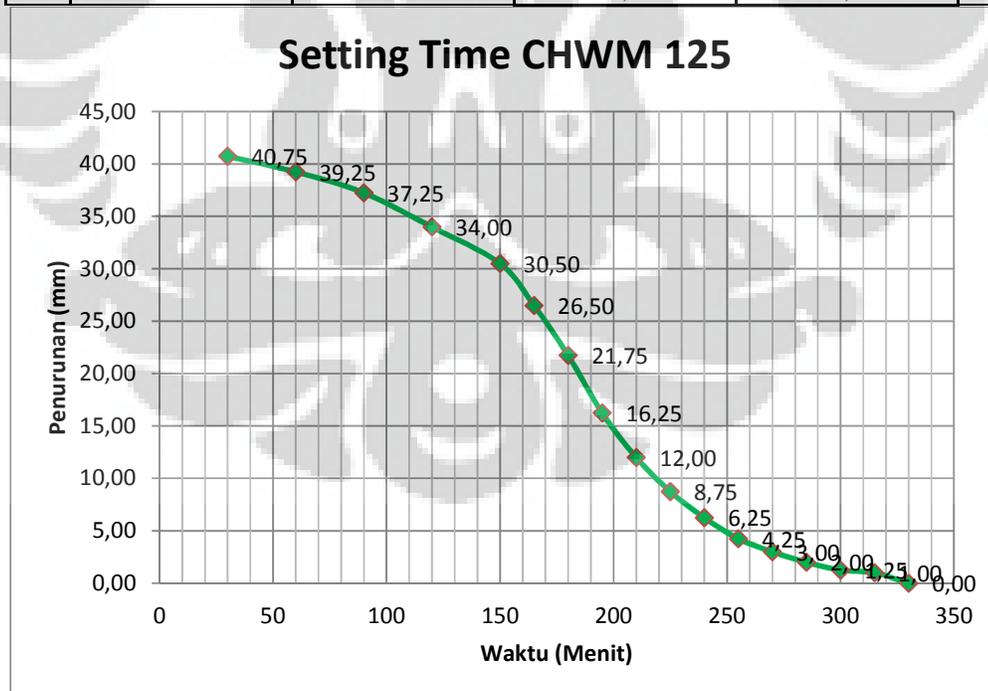
No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	41,50	41,00	41,25
3	30	60	40,00	40,00	40,00
4	30	90	38,50	38,50	38,50
5	30	120	36,00	37,00	36,50
6	30	150	33,00	33,50	33,25
7	15	165	29,50	30,00	29,75
8	15	180	25,50	26,00	25,75
9	15	195	21,00	21,00	21,00
10	15	210	15,50	15,50	15,50
11	15	225	11,00	11,50	11,25
12	15	240	8,00	8,00	8,00
13	15	255	5,50	5,50	5,50
14	15	270	3,50	3,50	3,50
15	15	285	2,00	2,50	2,25
16	15	300	1,00	1,50	1,25
17	15	315	0,50	0,50	0,50
18	15	330	0,00	0,00	0,00



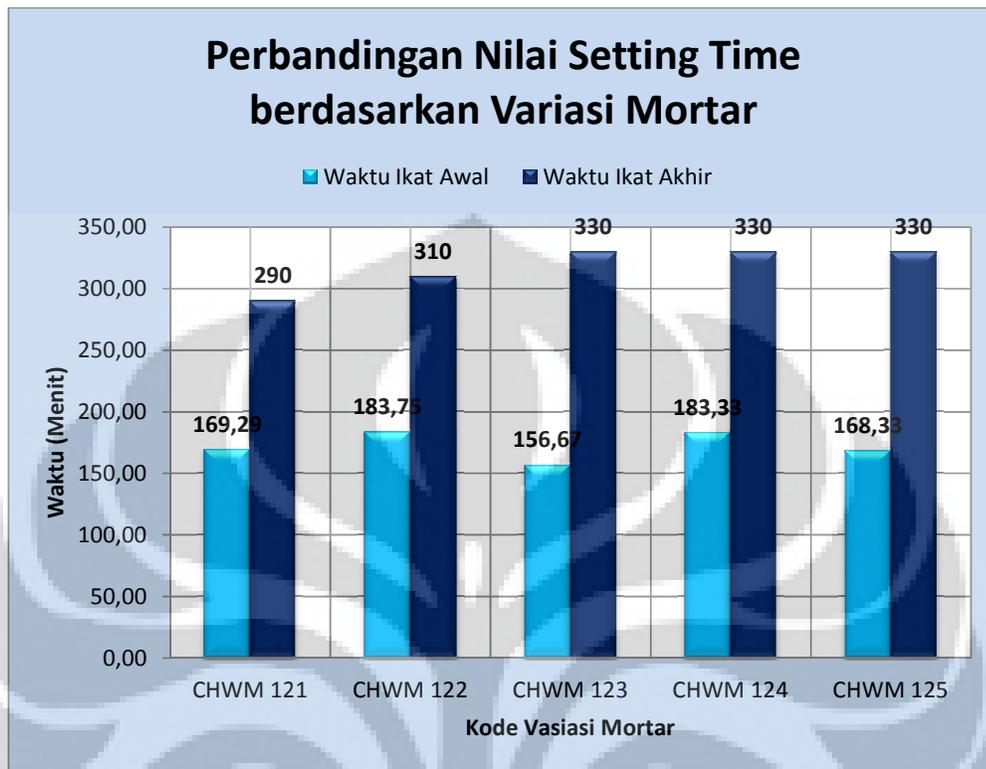
Gambar 4.7 Grafik pengujian setting time campuran CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir)

Tabel 4.12 Pengujian setting time campuran CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir)

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	41,0	40,5	40,75
3	30	60	39,5	39,0	39,25
4	30	90	37,0	37,5	37,25
5	30	120	34,0	34,0	34,00
6	30	150	30,5	30,5	30,50
7	15	165	26,5	26,5	26,50
8	15	180	22,0	21,5	21,75
9	15	195	16,5	16,0	16,25
10	15	210	12,0	12,0	12,00
11	15	225	9,0	8,5	8,75
12	15	240	6,5	6,0	6,25
13	15	255	4,5	4,0	4,25
14	15	270	3,0	3,0	3,00
15	15	285	2,0	2,0	2,00
16	15	300	1,5	1,0	1,25
17	15	315	1,0	1,0	1,00
18	15	330	0,0	0,0	0,00



Gambar 4.8 Grafik pengujian setting time campuran CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir)



Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai setting time keseluruhan

4.2. Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar dengan Perbandingan 1:2 (Kode : CHWM 12)

Tabel 4.13 Kebutuhan bahan desain campuran mortar kode CHWM 12 (untuk pengujian kuat tarik langsung)

Kode	Perbandingan berat (%)				% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (Buah)	Volume Kubus (m ³)	Total Volume / variasi (m ³)	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan Pasir (Gr)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
	semen	RHA	PASIR	CSW			7,5 x 5 x 2,5 cm							
CHWM 121	33,33%		66,67%		95%	15	0,00009375	0,00140625	1406,25	431,21	37,50	281,26	656,28	409,65
	92%	8%	30%	70%										
CHWM 122	33,33%		66,67%		110%	15	0,00009375	0,00140625	1406,25	431,21	37,50	375,02	562,53	474,33
	92%	8%	40%	60%										
CHWM 123	33,33%		66,67%		118%	15	0,00009375	0,00140625	1406,25	431,21	37,50	468,77	468,77	508,82
	92%	8%	50%	50%										
CHWM 124	33,33%		66,67%		125%	15	0,00009375	0,00140625	1406,25	431,21	37,50	562,53	375,02	539,01
	92%	8%	60%	40%										
CHWM 125	33,33%		66,67%		125%	15	0,00009375	0,00140625	1406,25	431,21	37,50	656,28	281,26	539,01
	92%	8%	70%	30%										
Jumlah Kebutuhan Bahan										2156	187	2344	2344	2471
10% Jumlah Kebutuhan Bahan										215,60	18,75	234,39	234,39	247,08
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CHWM)										2372	206	2578	2578	2718
TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CHWM) DALAM KG										23,72	2,06	25,78	25,78	27,18

Tabel 4.14 Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar Kode CHWM 12 (untuk pengujian Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Lentur)

Kode	Perbandingan berat (%)				% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (Buah)	Volume Balok (m ³)	Total Volume / variasi (m ³)	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Pasir (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
	semen	RHA	CSW	Pasir			2,5 x 2,5 x 27 cm							
CHWM 121	33,33%		66,67%		95%	5	0,00016875	0,00084375	843,75	258,72	22,50	168,76	393,77	245,79
	92%	8%	30%	70%										
CHWM 122	33,33%		66,67%		110%	5	0,00016875	0,00084375	843,75	258,72	22,50	225,01	337,52	284,60
	92%	8%	40%	60%										
CHWM 123	33,33%		66,67%		118%	5	0,00016875	0,00084375	843,75	258,72	22,50	281,26	281,26	305,29
	92%	8%	50%	50%										
CHWM 124	33,33%		66,67%		125%	5	0,00016875	0,00084375	843,75	258,72	22,50	337,52	225,01	323,41
	92%	8%	60%	40%										
CHWM 125	33,33%		66,67%		125%	5	0,00016875	0,00084375	843,75	258,72	22,50	393,77	168,76	323,41
	92%	8%	70%	30%										
Jumlah Kebutuhan Bahan										1294	112	1406	1406	1482
10% Jumlah Kebutuhan Bahan										129,36	11,25	140,63	140,63	148,25
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CHWM)										1423	124	1547	1547	1631
TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CHWM) DALAM KG										14,23	1,24	15,47	15,47	16,31

Tabel 4.15 Kebutuhan Bahan Desain Campuran Mortar Kode CHWM 12 (untuk pengujian kuat geser)

Kode	Perbandingan berat (%)				% air terhadap berat semen	Jumlah benda uji (Buah)	Volume Kubus (m ³)	Total Volume /variasi (m ³)	Konversi ke Gram	Kebutuhan Semen (Gram)	Kebutuhan RHA (Gr)	Kebutuhan Pasir (Gr)	Kebutuhan CSW (Gr)	Kebutuhan Air (ml)
	semen	RHA	PASIR	CSW			10 x 15 x 5 cm							
CHWM 121	33,33%		66,67%		95%	5	0,00075	0,00375	3750	1149,89	99,99	750,04	1750,09	1092,39
	92%	8%	30%	70%										
CHWM 122	33,33%		66,67%		110%	5	0,00075	0,00375	3750	1149,89	99,99	1000,05	1500,08	1264,87
	92%	8%	40%	60%										
CHWM 123	33,33%		66,67%		118%	5	0,00075	0,00375	3750	1149,89	99,99	1250,06	1250,06	1356,86
	92%	8%	50%	50%										
CHWM 124	33,33%		66,67%		125%	5	0,00075	0,00375	3750	1149,89	99,99	1500,08	1000,05	1437,36
	92%	8%	60%	40%										
CHWM 125	33,33%		66,67%		125%	5	0,00075	0,00375	3750	1149,89	99,99	1750,09	750,04	1437,36
	92%	8%	70%	30%										
Jumlah Kebutuhan Bahan										5749	500	6250	6250	6589
10% Jumlah Kebutuhan Bahan										574,94	50,00	625,03	625,03	658,88
Total Kebutuhan Bahan (KODE: CHWM)										6324	550	6875	6875	7248
TOTAL KEBUTUHAN BAHAN (KODE: CHWM) DALAM KG										63,24	5,50	68,75	68,75	72,48

4.2.1. Total Kebutuhan Bahan Keseluruhan untuk semua pengujian Mortar

Tabel 4.16 Total kebutuhan bahan untuk semua pengujian mortar

Kode	Keterangan	Kebutuhan Semen (Kg)	Kebutuhan RHA (Kg)	Kebutuhan Pasir (Kg)	Kebutuhan CSW (Kg)	Kebutuhan Air (liter)
CHWM 12	Mortar Perbandingan 1: 2 Semen+RHA+Pasir + CSW (Kuat Tarik Langsung)	23,72	2,06	25,78	25,78	27,18
CHWM 12	Mortar Perbandingan 1: 2 Semen+RHA+Pasir + CSW (Kuat Lentur dan Modulus Elastisitas)	14,23	1,24	15,47	15,47	16,31
CHWM 12	Mortar Perbandingan 1: 2 Semen+RHA+Pasir + CSW (Kuat Geser)	63,24	5,50	68,75	68,75	72,48
Total Kebutuhan Bahan		101,19	8,80	110,01	110,01	115,96

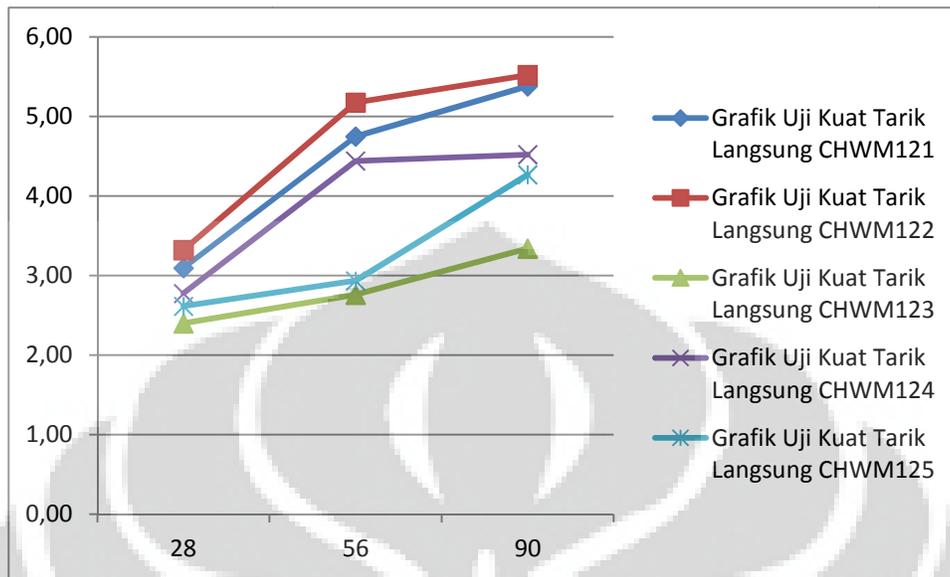
4.3. Hasil Pengujian Mekanik Mortar

4.3.1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Langsung

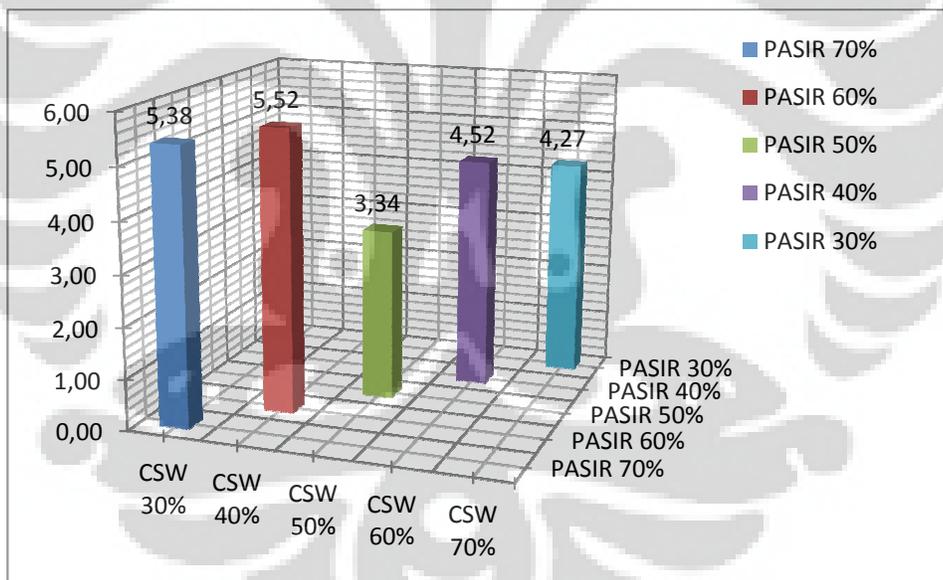
Pada pengujian ini menggunakan benda uji yang berbentuk angka 8 dengan ukuran 75 x 50 x 25 mm sebanyak 75 buah, masing-masing 5 benda uji tiap variasi campuran dan tiap variasi hari yang akan diuji pada umur 28, 56, dan 90 hari, untuk mengujinya menggunakan mesin uji tarik langsung yang berada di laboratorium Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia, dengan cara kedua sisinya ditahan dan ditarik mengikuti arah gravitasi bumi sampai benda uji tersebut putus dan kemudian didapatkan nilainya sebagai berikut.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Langsung.

Pengujian Kuat Tarik Langsung																						
Jenis Campuran	Semen + RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Air (%)	Umur (Hari)	Luas (A) (cm ²)	Beban Maksimum (P) (Kg)					Kuat Tarik (fct) (Mpa)					Rata-rata (Mpa)	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Rata-rata Lolos
	PCC (%)	RHA (%)	CSW (%)	Pasir (%)				Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5					
CHWM121	92	8	30	70	80	28	6,25	160	200	120	220	250	2,56	3,20	1,92	3,52	4,00	3,04	0,82	3,86	2,22	3,09
						56	6,25	280	315	275	310	300	4,48	5,04	4,40	4,96	4,80	4,74	0,29	5,02	4,45	4,75
						90	6,25	345	345	325	330	310	5,52	5,52	5,20	5,28	4,96	5,30	0,24	5,53	5,06	5,38
CHWM122	92	8	40	60	85	28	6,25	210	275	210	195	215	3,36	4,40	3,36	3,12	3,44	3,54	0,50	4,03	3,04	3,32
						56	6,25	335	300	320	330	320	5,36	4,80	5,12	5,28	5,12	5,14	0,21	5,35	4,92	5,17
						90	6,25	370	350	340	330	360	5,92	5,60	5,44	5,28	5,76	5,60	0,25	5,85	5,35	5,52
CHWM123	92	8	50	50	85	28	6,25	150	175	125	100	190	2,40	2,80	2,00	1,60	3,04	2,37	0,58	2,95	1,78	2,40
						56	6,25	240	150	180	200	160	3,84	2,40	2,88	3,20	2,56	2,98	0,57	3,55	2,40	2,76
						90	6,25	210	250	200	225	200	3,36	4,00	3,20	3,60	3,20	3,47	0,34	3,81	3,13	3,34
CHWM124	92	8	60	40	100	28	6,25	160	150	120	230	210	2,56	2,40	1,92	3,68	3,36	2,78	0,72	3,50	2,06	2,77
						56	6,25	250	280	290	210	290	4,00	4,48	4,64	3,36	4,64	4,22	0,55	4,77	3,67	4,44
						90	6,25	230	275	235	310	310	3,68	4,40	3,76	4,96	4,96	4,35	0,62	4,97	3,73	4,52
CHWM125	92	8	70	30	100	28	6,25	160	150	180	130	190	2,56	2,40	2,88	2,08	3,04	2,59	0,38	2,97	2,21	2,61
						56	6,25	275	120	210	210	130	4,40	1,92	3,36	3,36	2,08	3,02	1,03	4,05	2,00	2,93
						90	6,25	270	260	240	270	280	4,32	4,16	3,84	4,32	4,48	4,22	0,24	4,47	3,98	4,27



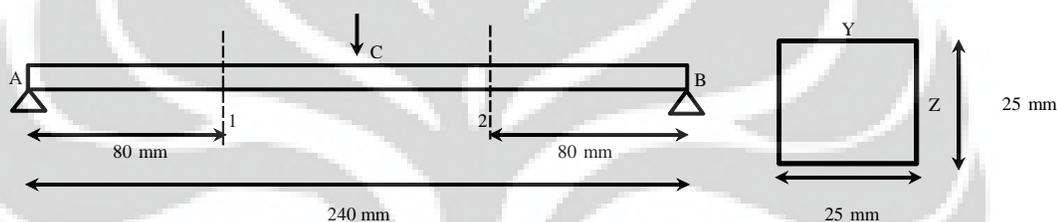
Gambar 4.10 Grafik uji kuat tarik langsung mortar gabungan



Gambar 4.11 Grafik uji kuat tarik langsung mortar gabungan (90 hari)

4.3.2. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Lentur

Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk balok sebanyak 5 buah dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm yang akan diuji pada umur 28 hari, untuk mengujinya menggunakan 1 titik pembebanan, dimana lendutan yang dipantau terletak pada 2 titik, yaitu sepertiga bentang dari masing-masing ujung perletakan benda ujinya. Berikut ini merupakan data pengujian modulus elastisitas mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.



Gambar 4.12 Dimensi benda uji modulus elastisitas mortar

Tabel 4.18 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM121 (341 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	1,00	2,00
3	92	8	30	70	40,00	2,00	3,00
4	92	8	30	70	60,00	3,00	4,00
5	92	8	30	70	80,00	4,00	5,00
6	92	8	30	70	100,00	6,00	6,00
7	92	8	30	70	120,00	7,00	7,00
8	92	8	30	70	140,00	9,00	9,00

Tabel 4.19 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121 (benda uji 2)

Benda Uji 2 CHWM121 (340 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	1,00	1,00
3	92	8	30	70	40,00	2,00	1,00
4	92	8	30	70	60,00	3,00	2,00
5	92	8	30	70	80,00	5,00	3,00
6	92	8	30	70	100,00	6,00	5,00
7	92	8	30	70	120,00	7,00	6,00
8	92	8	30	70	140,00	8,00	7,00

Tabel 4.20 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121 (benda uji 3)

Benda Uji 3 CHWM121 (348 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	2,00	1,00
3	92	8	30	70	40,00	3,00	3,00
4	92	8	30	70	60,00	5,00	5,00
5	92	8	30	70	80,00	7,00	7,00
6	92	8	30	70	100,00	9,00	9,00
7	92	8	30	70	120,00	11,00	11,00
8	92	8	30	70	130,00	12,00	12,00

Tabel 4.21 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121 (benda uji 4)

Benda Uji 4 CHWM121 (350 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	2,00	2,00
3	92	8	30	70	40,00	3,00	3,00
4	92	8	30	70	60,00	4,00	4,00
5	92	8	30	70	80,00	5,00	5,00
6	92	8	30	70	100,00	6,00	6,00
7	92	8	30	70	120,00	8,00	8,00
8	92	8	30	70	140,00	10,00	10,00

Tabel 4.22 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 121 (benda uji 5)

Benda Uji 5 CHWM121 (353 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	1,00	2,00
3	92	8	30	70	40,00	2,00	3,00
4	92	8	30	70	60,00	3,00	4,00
5	92	8	30	70	80,00	4,00	5,00
6	92	8	30	70	100,00	6,00	6,00
7	92	8	30	70	120,00	7,00	7,00
8	92	8	30	70	140,00	9,00	9,00
9	92	8	30	70	160,00	11,00	11,00

Tabel 4.23 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM122 (337 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	40	60	0,00	0,00	0,00
2	92	8	40	60	20,00	2,00	2,00
3	92	8	40	60	40,00	3,00	3,00
4	92	8	40	60	60,00	4,00	5,00
5	92	8	40	60	80,00	6,00	7,00
6	92	8	40	60	90,00	7,00	8,00
7	92	8	40	60	100,00	8,00	9,00
8	92	8	40	60	105,00	8,00	10,00
9	92	8	40	60	110,00	9,00	11,00
10	92	8	40	60	115,00	10,00	12,00

Tabel 4.24 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122 (benda uji 2)

Benda Uji 2 CHWM122 (331 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	40	60	0,00	0,00	0,00
2	92	8	40	60	20,00	1,00	1,00
3	92	8	40	60	40,00	3,00	3,00
4	92	8	40	60	60,00	4,00	4,00
5	92	8	40	60	80,00	6,00	6,00
6	92	8	40	60	90,00	7,00	7,00
7	92	8	40	60	100,00	8,00	8,00
8	92	8	40	60	105,00	9,00	9,00

Tabel 4.25 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122 (benda uji 3)

Benda Uji 3 CHWM122 (329 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	40	60	0,00	0,00	0,00
2	92	8	40	60	20,00	2,00	2,00
3	92	8	40	60	40,00	4,00	4,00
4	92	8	40	60	60,00	6,00	6,00
5	92	8	40	60	80,00	8,00	8,00
6	92	8	40	60	90,00	9,00	9,00
7	92	8	40	60	100,00	10,00	10,00
8	92	8	40	60	105,00	11,00	11,00
9	92	8	40	60	110,00	12,00	12,00

Tabel 4.26 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122 (benda uji 4)

Benda Uji 4 CHWM122 (347 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	40	60	0,00	0,00	0,00
2	92	8	40	60	20,00	1,00	1,00
3	92	8	40	60	40,00	2,00	2,00
4	92	8	40	60	60,00	4,00	4,00
5	92	8	40	60	80,00	6,00	6,00
6	92	8	40	60	90,00	7,00	7,00
7	92	8	40	60	100,00	8,00	8,00
8	92	8	40	60	105,00	9,00	9,00
9	92	8	40	60	110,00	10,00	10,00
10	92	8	40	60	115,00	11,00	11,00

Tabel 4.27 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 122 (benda uji 5)

Benda Uji 5 CHWM122 (352 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	40	60	0,00	0,00	0,00
2	92	8	40	60	20,00	1,00	1,00
3	92	8	40	60	40,00	3,00	3,00
4	92	8	40	60	60,00	5,00	5,00
5	92	8	40	60	80,00	7,00	7,00
6	92	8	40	60	90,00	8,00	8,00
7	92	8	40	60	100,00	9,00	9,00
8	92	8	40	60	105,00	9,00	9,00

Tabel 4.28 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM123 (333 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	50	50	0,00	0,00	0,00
2	92	8	50	50	20,00	2,00	2,00
3	92	8	50	50	40,00	3,00	3,00
4	92	8	50	50	60,00	4,00	4,00
5	92	8	50	50	80,00	6,00	6,00
6	92	8	50	50	90,00	6,00	6,00
7	92	8	50	50	100,00	7,00	7,00
8	92	8	50	50	105,00	8,00	8,00
9	92	8	50	50	110,00	8,00	8,00
10	92	8	50	50	115,00	8,00	8,00
11	92	8	50	50	120,00	9,00	9,00
12	92	8	50	50	125,00	9,00	9,00
13	92	8	50	50	130,00	10,00	10,00
14	92	8	50	50	135,00	10,00	10,00
15	92	8	50	50	140,00	10,00	10,00

Tabel 4.29 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123 (benda uji 2)

Benda Uji 2 CHWM123 (308 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	50	50	0,00	0,00	0,00
2	92	8	50	50	20,00	2,00	2,00
3	92	8	50	50	40,00	3,00	4,00
4	92	8	50	50	60,00	5,00	6,00
5	92	8	50	50	80,00	7,00	8,00
6	92	8	50	50	90,00	8,00	9,00
7	92	8	50	50	95,00	9,00	9,00
8	92	8	50	50	100,00	10,00	10,00
9	92	8	50	50	105,00	10,00	10,00
10	92	8	50	50	110,00	11,00	11,00

Tabel 4.30 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123 (benda uji 3)

Benda Uji 3 CHWM123 (296 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	50	50	0,00	0,00	0,00
2	92	8	50	50	20,00	2,00	2,00
3	92	8	50	50	40,00	4,00	4,00
4	92	8	50	50	60,00	5,00	6,00
5	92	8	50	50	80,00	7,00	8,00
6	92	8	50	50	90,00	8,00	9,00
7	92	8	50	50	100,00	9,00	10,00
8	92	8	50	50	105,00	10,00	11,00

Tabel 4.31 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123 (benda uji 4)

Benda Uji 4 CHWM123 (325 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	50	50	0,00	0,00	0,00
2	92	8	50	50	20,00	2,00	2,00
3	92	8	50	50	40,00	4,00	4,00
4	92	8	50	50	60,00	6,00	6,00
5	92	8	50	50	80,00	8,00	8,00
6	92	8	50	50	100,00	9,00	9,00
7	92	8	50	50	110,00	10,00	10,00
8	92	8	50	50	120,00	11,00	11,00

Tabel 4.32 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 123 (benda uji 5)

Benda Uji 5 CHWM123 (312 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	50	50	0,00	0,00	0,00
2	92	8	50	50	20,00	2,00	2,00
3	92	8	50	50	40,00	4,00	4,00
4	92	8	50	50	60,00	6,00	6,00
5	92	8	50	50	80,00	8,00	8,00
6	92	8	50	50	90,00	8,00	8,00
7	92	8	50	50	100,00	9,00	9,00
8	92	8	50	50	110,00	10,00	10,00
9	92	8	50	50	120,00	11,00	11,00
10	92	8	50	50	130,00	12,00	12,00

Tabel 4.33 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM124 (333 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	60	40	0,00	0,00	0,00
2	92	8	60	40	20,00	1,00	2,00
3	92	8	60	40	40,00	3,00	4,00
4	92	8	60	40	60,00	5,00	5,00
5	92	8	60	40	80,00	7,00	7,00
6	92	8	60	40	100,00	9,00	9,00

Tabel 4.34 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124 (benda uji 2)

Benda Uji 2 CHWM124 (317 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	60	40	0,00	0,00	0,00
2	92	8	60	40	20,00	3,00	2,00
3	92	8	60	40	40,00	5,00	4,00
4	92	8	60	40	60,00	7,00	6,00
5	92	8	60	40	80,00	9,00	8,00
6	92	8	60	40	85,00	10,00	9,00
7	92	8	60	40	90,00	12,00	11,00

Tabel 4.35 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124 (benda uji 3)

Benda Uji 3 CHWM123 (296 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	60	40	0,00	0,00	0,00
2	92	8	60	40	20,00	2,00	2,00
3	92	8	60	40	40,00	3,00	3,00
4	92	8	60	40	60,00	5,00	5,00
5	92	8	60	40	80,00	7,00	7,00
6	92	8	60	40	85,00	9,00	9,00
7	92	8	60	40	90,00	11,00	11,00
8	92	8	60	40	95,00	13,00	13,00

Tabel 4.36 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124 (benda uji 4)

Benda Uji 4 CHWM124 (341 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	60	40	0,00	0,00	0,00
2	92	8	60	40	20,00	2,00	2,00
3	92	8	60	40	40,00	4,00	4,00
4	92	8	60	40	60,00	7,00	7,00
5	92	8	60	40	80,00	9,00	9,00
6	92	8	60	40	90,00	10,00	10,00
7	92	8	60	40	100,00	11,00	11,00
8	92	8	60	40	105,00	12,00	12,00
9	92	8	60	40	110,00	12,00	12,00
10	92	8	60	40	115,00	13,00	13,00
11	92	8	60	40	120,00	13,00	13,00

Tabel 4.37 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 124 (benda uji 5)

Benda Uji 5 CHWM124 (330 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	60	40	0,00	0,00	0,00
2	92	8	60	40	20,00	2,00	2,00
3	92	8	60	40	40,00	6,00	6,00
4	92	8	60	40	60,00	8,00	8,00
5	92	8	60	40	80,00	10,00	10,00
6	92	8	60	40	85,00	11,00	11,00
7	92	8	60	40	90,00	11,00	11,00
8	92	8	60	40	95,00	12,00	12,00
9	92	8	60	40	100,00	13,00	13,00
10	92	8	60	40	105,00	13,00	13,00
11	92	8	60	40	110,00	15,00	15,00
12	92	8	60	40	115,00	16,00	16,00
13	92	8	60	40	120,00	17,00	17,00

Tabel 4.38 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM125 (312 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	70	30	0,00	0,00	0,00
2	92	8	70	30	20,00	2,00	2,00
3	92	8	70	30	40,00	4,00	4,00
4	92	8	70	30	60,00	7,00	7,00
5	92	8	70	30	80,00	10,00	10,00
6	92	8	70	30	90,00	11,00	11,00

Tabel 4.39 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 2)

Benda Uji 2 CHWM125 (321 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	70	30	0,00	0,00	0,00
2	92	8	70	30	20,00	2,00	2,00
3	92	8	70	30	40,00	4,00	4,00
4	92	8	70	30	60,00	6,00	8,00
5	92	8	70	30	80,00	8,00	11,00
6	92	8	70	30	85,00	8,00	11,00
7	92	8	70	30	90,00	9,00	12,00

Tabel 4.40 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 3)

Benda Uji 3 CHWM125 (311 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	70	30	0,00	0,00	0,00
2	92	8	70	30	20,00	2,00	2,00
3	92	8	70	30	40,00	4,00	4,00
4	92	8	70	30	60,00	6,00	6,00
5	92	8	70	30	80,00	8,00	8,00
6	92	8	70	30	85,00	8,00	8,00
7	92	8	70	30	90,00	9,00	10,00
8	92	8	70	30	95,00	10,00	11,00
9	92	8	70	30	100,00	11,00	12,00

Tabel 4.41 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 4)

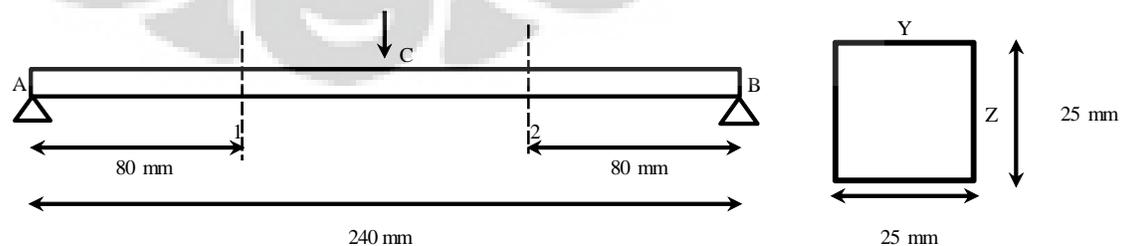
Benda Uji 4 CHWM125 (324 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	70	30	0,00	0,00	0,00
2	92	8	70	30	20,00	2,00	2,00
3	92	8	70	30	40,00	4,00	4,00
4	92	8	70	30	60,00	7,00	7,00
5	92	8	70	30	80,00	9,00	9,00

Tabel 4.42 Data hasil pengujian Modulus Elastisitas mortar CHWM 125 (benda uji 5)

Benda Uji 5 CHWM125 (315 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	70	30	0,00	0,00	0,00
2	92	8	70	30	20,00	3,00	3,00
3	92	8	70	30	40,00	6,00	6,00
4	92	8	70	30	60,00	9,00	9,00
5	92	8	70	30	70,00	11,00	11,00
6	92	8	70	30	80,00	12,00	12,00

❖ Contoh perhitungan pada CHWM 121 benda uji 1

1. Akibat Beban Luar dan Berat Sendiri

**Gambar 4.13** Dimensi penampang benda uji modulus elastisitas

a) Properti Penampang

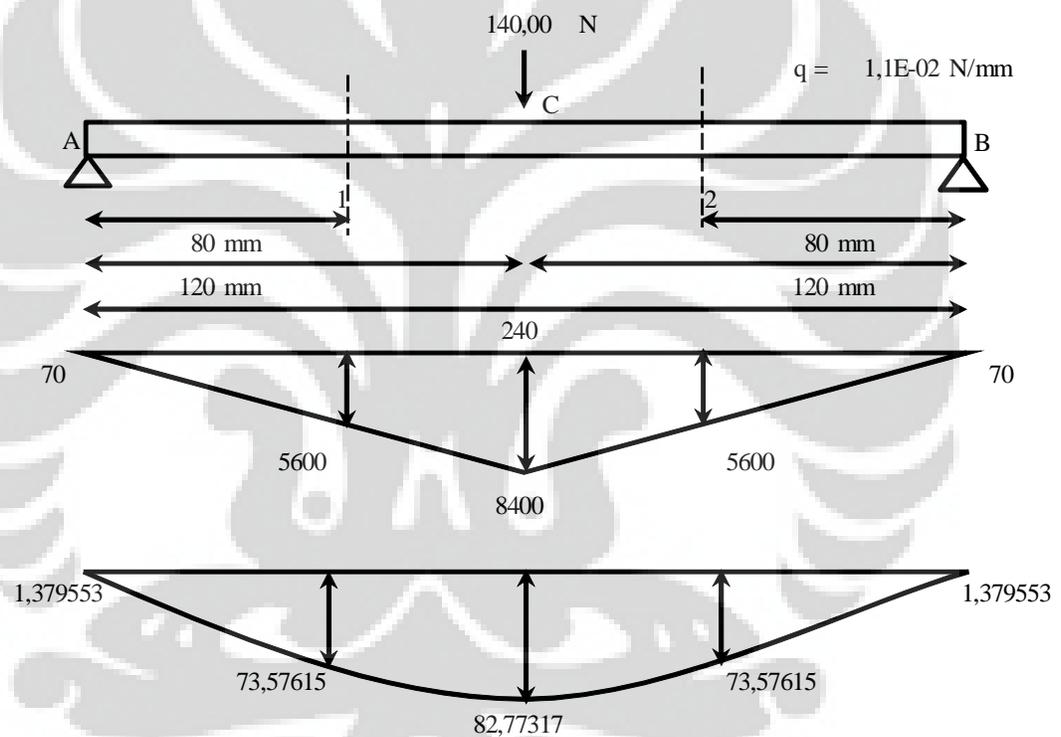
$$I_y = I_z = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$A = b \cdot h$$

$$I_y = I_z = 32552,08 \text{ mm}^4$$

$$A = 625 \text{ mm}^2$$

b) Momen dan Diagram Momen



Gambar 4.14 Diagram momen akibat gaya luar dan beban sendiri

$$V_A = \frac{P \cdot L/2}{L}$$

$$V_B = \frac{P \cdot L/2}{L}$$

$$M_{80A} = V_A \cdot 80$$

$$M_{80B} = V_B \cdot 80$$

$$M_{120} = V_A \cdot 120$$

$$V_A = \frac{q \cdot L \cdot L/2}{L} \quad M_{80A} = V_A \cdot 80 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 80^2$$

$$V_B = \frac{q \cdot L \cdot L/2}{L} \quad M_{80B} = V_B \cdot 80 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 80^2$$

$$M_{120} = V_A \cdot 120 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 120^2$$

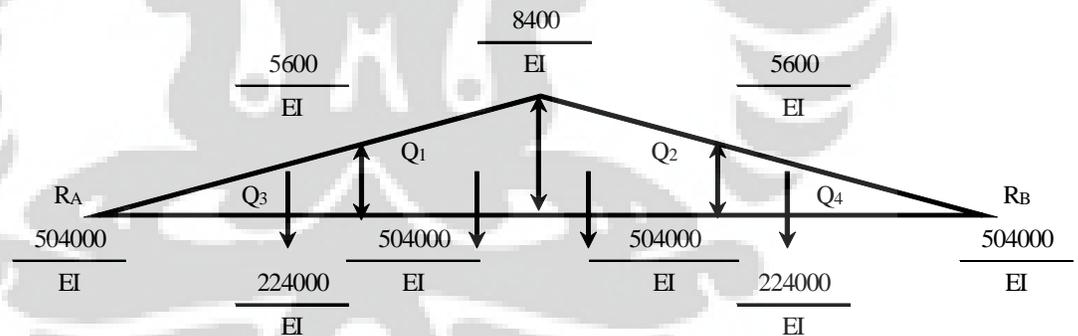
Tabel 4.43 Perhitungan gaya dalam akibat beban luar

No	Interval	P (N)	Persamaan Momen	x (mm)		Momen (Nmm)	
1	$0 < x < 1$	140	$V_A \cdot x$	0	80	0	5600
2	$0 < x < 2$	140	$V_B \cdot x$	0	80	0	5600
3	$0 < x < C$	140	$V_A \cdot x$	0	120	0	8400

Tabel 4.44 Perhitungan gaya dalam akibat beban luar dan berat sendiri

No	Interval	P (N)	Persamaan Momen	x (mm)		Momen (Nmm)	
1	$0 < x < 1$	140	$V_A \cdot x - 1/2 \cdot q \cdot x^2$	0	80	0	73,5761
2	$0 < x < 2$	140	$V_B \cdot x - 1/2 \cdot q \cdot x^2$	0	80	0	73,5761
3	$0 < x < C$	140	$V_A \cdot x - 1/2 \cdot q \cdot x^2$	0	120	0	82,7732

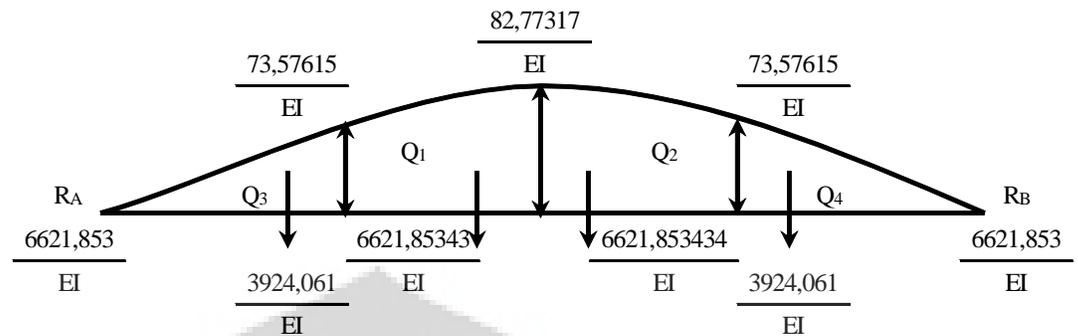
c) Lendutan Di Titik 1 dan 2



Gambar 4.15 Momen area akibat beban terpusat/beban luar

$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot \frac{y}{EI} \quad Q_3 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot \frac{y_3}{EI}$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot \frac{y}{EI} \quad Q_4 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot \frac{y_4}{EI}$$



Gambar 4.16 Momen area akibat beban merata/berat sendiri balok

$$Q_1 = \frac{2}{3} \cdot 120 \cdot \frac{y}{EI} \quad Q_3 = \frac{2}{3} \cdot 80 \cdot \frac{y_3}{EI}$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} \cdot 120 \cdot \frac{y}{EI} \quad Q_4 = \frac{2}{3} \cdot 80 \cdot \frac{y_4}{EI}$$

$$\delta_{1P} = R_A \cdot 80 - \frac{1}{3} \cdot Q_3 \cdot 80$$

$$\delta_{2P} = R_B \cdot 80 - \frac{1}{3} \cdot Q_4 \cdot 80$$

$$\delta_{1q} = R_A \cdot 80 - \frac{3}{8} \cdot Q_3 \cdot 80$$

$$\delta_{2q} = R_B \cdot 80 - \frac{3}{8} \cdot Q_4 \cdot 80$$

$$\delta_1 = M_1 = \frac{34346667}{EI} \quad \text{Dan} \quad \frac{412026,4}{EI} \quad \delta_{1\text{Total}} = \frac{34758693}{EI}$$

$$\delta_2 = M_2 = \frac{34346667}{EI} \quad \text{Dan} \quad \frac{412026,4}{EI} \quad \delta_{2\text{Total}} = \frac{34758693}{EI}$$

Tabel 4.45 Contoh data pengujian modulus elastisitas campuran CHWM 121 (benda uji 1)

Benda Uji 1 CHWM121 (341 gr)							
No	Semen+RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Beban (N)	Dial (Div)	
	Semen PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)		A	B
1	92	8	30	70	0,00	0,00	0,00
2	92	8	30	70	20,00	1,00	2,00
3	92	8	30	70	40,00	2,00	3,00
4	92	8	30	70	60,00	3,00	4,00
5	92	8	30	70	80,00	4,00	5,00
6	92	8	30	70	100,00	6,00	6,00
7	92	8	30	70	120,00	7,00	7,00
8	92	8	30	70	140,00	9,00	9,00

Dari data pengujian didapat

$$\delta_{1\text{Total}} = 0,09$$

$$\delta_{2\text{Total}} = 0,09$$

Sehingga,

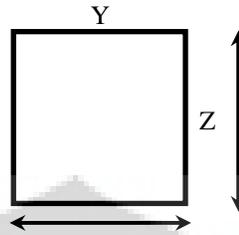
$$0,09 = \frac{34758693}{EI}$$

$$0,09 = \frac{34758693}{EI}$$

$$E_1 = 11864,3 \text{ N/mm}^2$$

$$E_2 = 11864,3 \text{ N/mm}^2$$

d) Tegangan Akibat Momen Lentur



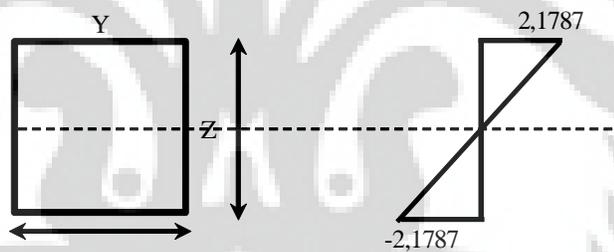
Gambar 4.17 Penampang benda uji modulus elastisitas dan lentur

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot y}{I}$$

Momen yang terjadi adalah momen positif

$$\sigma_{\text{Max}} = 2,1787 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{Min}} = -2,1787 \text{ MPa}$$



Gambar 4.18 Diagram tegangan

e) Regangan Yang Terjadi

Hubungan kurva elastis dengan persamaan lendutan

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{y}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{\left[1 + (dv/dx)^2\right]^{3/2}}$$

$$\frac{d^2v/dx^2}{\left[1 + (dv/dx)^2\right]^{3/2}} = \frac{M}{EI}$$

→ R.C. Hibbeler (*Mechanic of Material*)

$$\frac{M}{E_1 I} = \frac{5673,576}{3,86E+08}$$

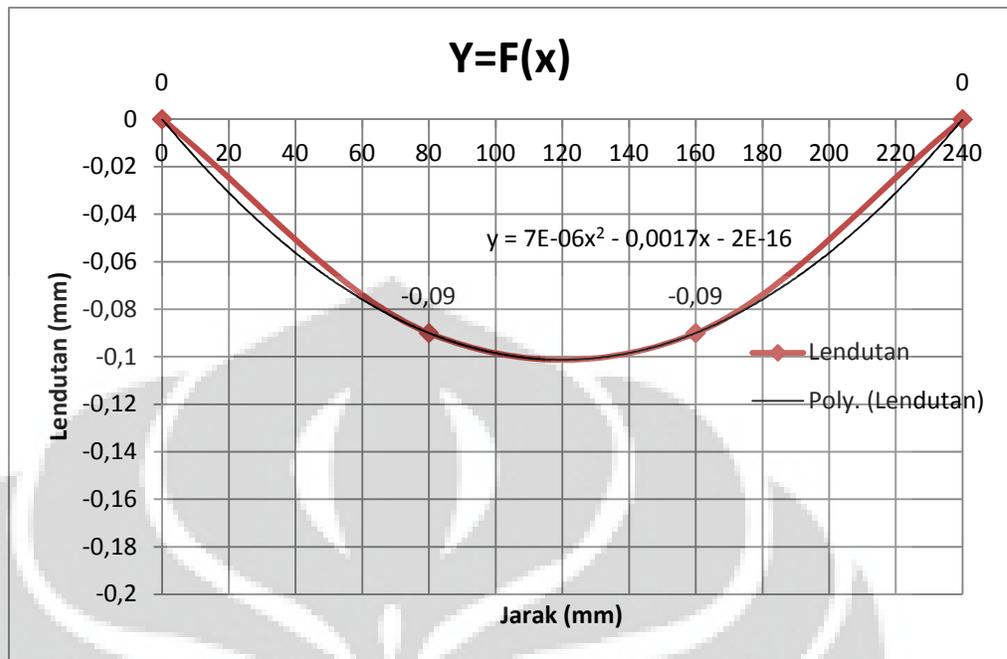
$$\frac{M}{E_2 I} = \frac{5673,576}{3,86E+08}$$

$$1/\rho_1 = 1,47E-05 \quad \rightarrow \varepsilon_1 = 0,000184$$

$$1/\rho_2 = 1,47E-05 \quad \rightarrow \varepsilon_2 = 0,000184$$

Tabel 4.46 Hubungan jarak dan lendutan

x	y	x	y
0	0	0	0
1/3L	0,09	80	-0,09
2/3L	0,09	160	-0,09
L	0	240	0



Gambar 4.19 Grafik hubungan kurva elastis dengan persamaan lendutan

Tabel 4.47 Perhitungan properti penampang dan reaksi perletakan

CHWM 121 Benda Uji 1 (Umur 28 Hari)																					
No	Campuran				Beban (N)		Dial (Div)		ΔL (mm)		Property Penampang				Jarak Potongan			Reaksi Akibat P		Reaksi Akibat q	
	PCC (%)	ASP (%)	CSW (%)	Pasir (%)	P (N)	q (N/mm)	1	2	1	2	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	y (mm)	1 (mm)	C (mm)	2 (mm)	V _A (N)	V _B (N)	V _A (N)	V _B (N)
1	92	8	30	70	0,00	1,1E-02	0,00	0,00	0,000	0,000	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	0,00	0,00	1,37955	1,37955
2	92	8	30	70	20,00	1,1E-02	1,00	2,00	0,010	0,020	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	10,00	10,00	1,37955	1,37955
3	92	8	30	70	40,00	1,1E-02	2,00	3,00	0,020	0,030	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	20,00	20,00	1,37955	1,37955
4	92	8	30	70	60,00	1,1E-02	3,00	4,00	0,030	0,040	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	30,00	30,00	1,37955	1,37955
5	92	8	30	70	80,00	1,1E-02	4,00	5,00	0,040	0,050	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	40,00	40,00	1,37955	1,37955
6	92	8	30	70	100,00	1,1E-02	6,00	6,00	0,060	0,060	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	50,00	50,00	1,37955	1,37955
7	92	8	30	70	120,00	1,1E-02	7,00	7,00	0,070	0,070	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	60,00	60,00	1,37955	1,37955
8	92	8	30	70	140,00	1,1E-02	9,00	9,00	0,090	0,090	25	25	32552,08	12,5	80	120	160	70,00	70,00	1,37955	1,37955

Tabel 4.48 Perhitungan momen area

CHWM 121 Benda Uji 1 (Umur 28 Hari)																					
No	ΔL (mm)		Momen Akibat P			Momen Akibat q			Akibat Beban P						Akibat Beban q						
	1	2	1 (Nmm)	C (Nmm)	2 (Nmm)	1 (Nmm)	C (Nmm)	2 (Nmm)	R _A	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	R _B	R _A	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	R _B	
1	0,000	0,000	0	0	0	73,5761	82,7732	73,5761	0	0	0	0	0	0	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
2	0,010	0,020	800	1200	800	73,5761	82,7732	73,5761	72000	72000	72000	32000	32000	72000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
3	0,020	0,030	1600	2400	1600	73,5761	82,7732	73,5761	144000	144000	144000	64000	64000	144000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
4	0,030	0,040	2400	3600	2400	73,5761	82,7732	73,5761	216000	216000	216000	96000	96000	216000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
5	0,040	0,050	3200	4800	3200	73,5761	82,7732	73,5761	288000	288000	288000	128000	128000	288000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
6	0,060	0,060	4000	6000	4000	73,5761	82,7732	73,5761	360000	360000	360000	160000	160000	360000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
7	0,070	0,070	4800	7200	4800	73,5761	82,7732	73,5761	432000	432000	432000	192000	192000	432000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	
8	0,090	0,090	5600	8400	5600	73,5761	82,7732	73,5761	504000	504000	504000	224000	224000	504000	6621,853	6621,853	6621,853	3924,061	3924,061	6621,853	

Tabel 4.49 Perhitungan tegangan lentur dan regangan

CHWM 121 Benda Uji 1 (Umur 28 Hari)																				
No	Dial (Div)		ΔL (mm)		M Akibat Beban P		M Akibat Beban q		E Akibat P (MPa)		E Akibat q (MPa)		σ Akibat P (MPa)		σ Akibat q (MPa)		ϵ Akibat P		ϵ Akibat q	
	1	2	1	2	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	σ_1	σ_2	σ_1	σ_2	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	412026,4	412026,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0282532	0,0282532	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	1,00	2,00	0,010	0,020	4906667	4906667	412026,4	412026,4	15073,280	7536,640	1265,745	632,873	0,307	0,307	0,0282532	0,0282532	0,00002	0,00004	0,00002	0,00004
3	2,00	3,00	0,020	0,030	9813333	9813333	412026,4	412026,4	15073,280	10048,853	632,873	421,915	0,614	0,614	0,0282532	0,0282532	0,00004	0,00006	0,00004	0,00007
4	3,00	4,00	0,030	0,040	14720000	14720000	412026,4	412026,4	15073,280	11304,960	421,915	316,436	0,922	0,922	0,0282532	0,0282532	0,00006	0,00008	0,00007	0,00009
5	4,00	5,00	0,040	0,050	19626667	19626667	412026,4	412026,4	15073,280	12058,624	316,436	253,149	1,229	1,229	0,0282532	0,0282532	0,00008	0,00010	0,00009	0,00011
6	6,00	6,00	0,060	0,060	24533333	24533333	412026,4	412026,4	12561,067	12561,067	210,958	210,958	1,536	1,536	0,0282532	0,0282532	0,00012	0,00012	0,00013	0,00013
7	7,00	7,00	0,070	0,070	29440000	29440000	412026,4	412026,4	12919,954	12919,954	180,821	180,821	1,843	1,843	0,0282532	0,0282532	0,00014	0,00014	0,00016	0,00016
8	9,00	9,00	0,090	0,090	34346667	34346667	412026,4	412026,4	11723,662	11723,662	140,638	140,638	2,150	2,150	0,0282532	0,0282532	0,00018	0,00018	0,00020	0,00020

Tabel 4.50 Perhitungan tegangan lentur dan regangan total

CHWM 121 Benda Uji 1 (Umur 28 Hari)												
No	Dial (Div)		ΔL (mm)		M _{Total}		E _{Total}		σ _{Total}		ϵ _{Total}	
	1	2	1	2	M ₁	M ₂	E ₁	E ₂	σ_1	σ_2	ϵ_1	ϵ_2
1	0,00	0,00	0,000	0,000	412026,4	412026,4	0,000	0,000	0,028	0,028	0,00000	0,00000
2	1,00	2,00	0,010	0,020	5318693	5318693	16339,025	8169,513	0,335	0,335	0,00002	0,00004
3	2,00	3,00	0,020	0,030	10225360	10225360	15706,153	10470,768	0,643	0,643	0,00004	0,00006
4	3,00	4,00	0,030	0,040	15132026	15132026	15495,195	11621,396	0,950	0,950	0,00006	0,00008
5	4,00	5,00	0,040	0,050	20038693	20038693	15389,716	12311,773	1,257	1,257	0,00008	0,00010
6	6,00	6,00	0,060	0,060	24945360	24945360	12772,024	12772,024	1,564	1,564	0,00012	0,00012
7	7,00	7,00	0,070	0,070	29852026	29852026	13100,775	13100,775	1,871	1,871	0,00014	0,00014
8	9,00	9,00	0,090	0,090	34758693	34758693	11864,301	11864,301	2,179	2,179	0,00018	0,00018

Tabel 4.51 Perhitungan modulus elastisitas (titik 1)

Modulus Of Elasticity (1)										
No	L (mm)	Slope		M ₁ (N/mm)	Dimension		Modulus Of Elasticity (1)			
		Beban	ΔL (mm)		b	d	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	80,00	0,040	2000,000	25	25	17694,720	16711,680	14739,418	11864,3
2	240	85,00	0,045	1888,889	25	25				

Tabel 4.52 Perhitungan interpolasi untuk mendapatkan nilai modulus aktual (titik 1)

Regangan	E1 (MPa)
0,00008	15389,716
0,00009	14739,418
0,00012	12772,024

Tabel 4.53 Perhitungan modulus elastisitas (titik 2)

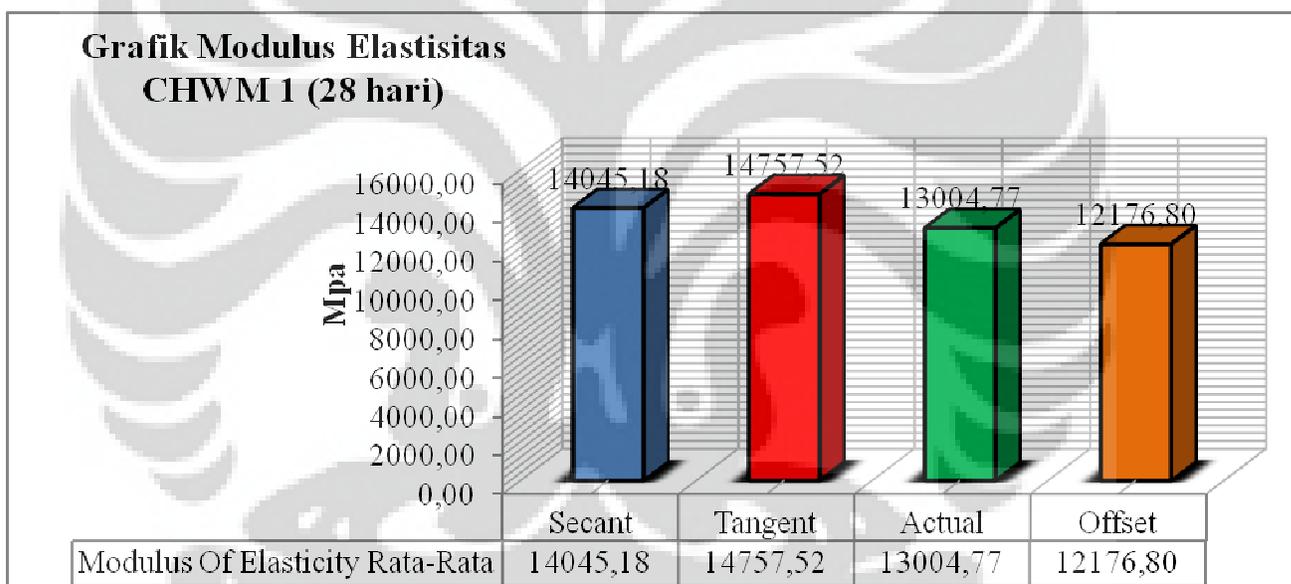
Modulus Of Elasticity (2)										
No	L (mm)	Slope		M ₁ (N/mm)	Dimension		Modulus Of Elasticity (2)			
		Beban	ΔL (mm)		b	d	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	60,00	0,040	1500,000	25	25	13271,040	13762,560	11963,130	11864,3
2	240	70,00	0,045	1555,556	25	25				

Tabel 4.54 Perhitungan interpolasi untuk mendapatkan nilai modulus aktual (titik 2)

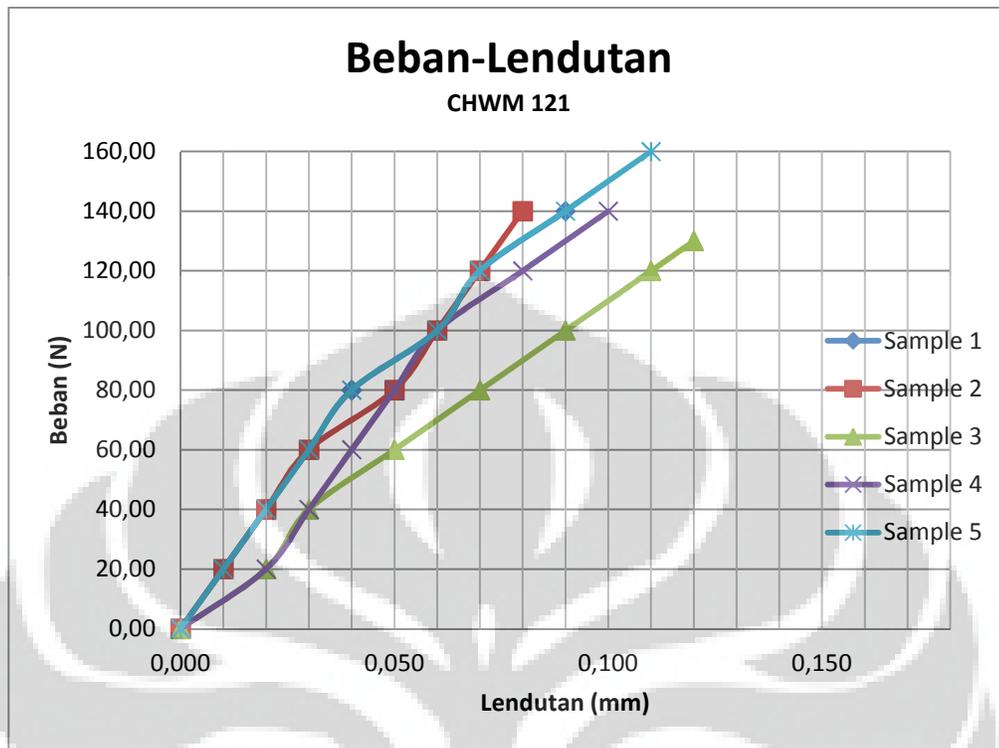
Regangan	E2 (MPa)
0,00008	11621,396
0,00009	11963,130
0,00010	12311,773

Tabel 4.55 Modulus elastisitas Campuran CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).

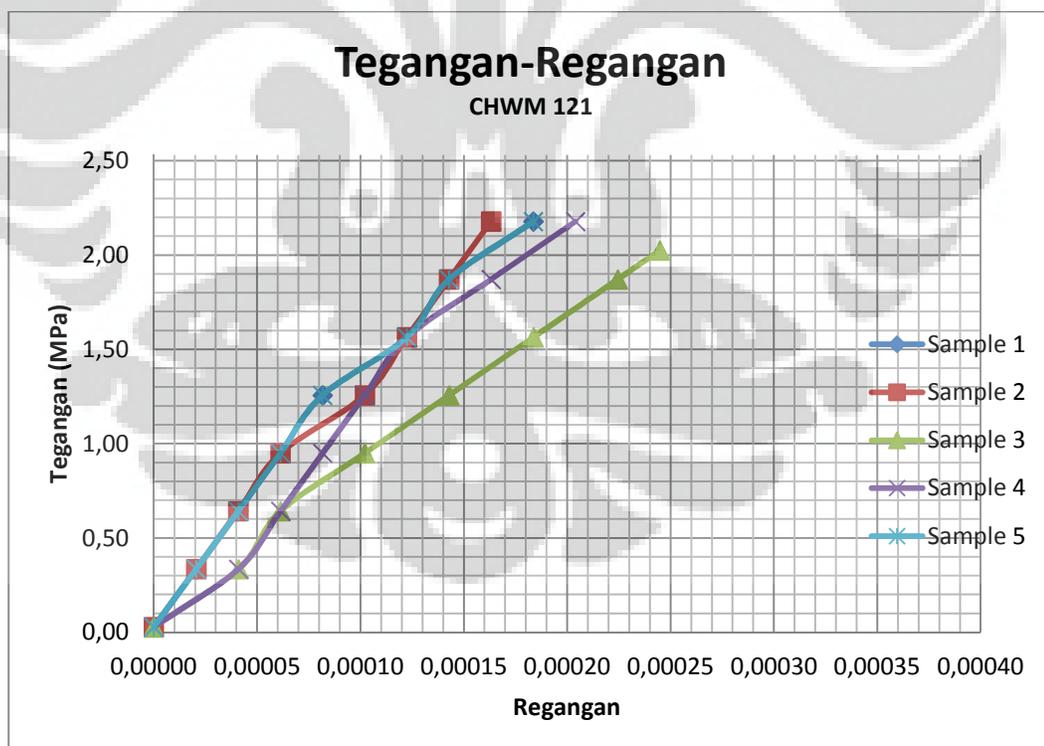
Campuran CHWM121 (28 hari)													
No	L (mm)	Modulus Of Elasticity (1)				Modulus Of Elasticity (2)				Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
		Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	17694,72	16711,68	14739,42	11864,30	13271,04	13762,56	11963,13	11864,30	15482,88	15237,12	13351,27	11864,30
2	240	17694,72	15482,88	13910,27	13347,34	23592,96	21486,45	19227,60	15254,10	20643,84	18484,66	16568,94	14300,72
3	240	10616,83	10321,92	9047,14	8270,17	10616,83	10321,92	9047,14	8270,17	10616,83	10321,92	9047,14	8270,17
4	240	14155,78	14155,78	12311,77	10677,87	14155,78	14155,78	12311,77	10677,87	14155,78	14155,78	12311,77	10677,87
5	240	17694,72	15281,80	14739,42	11864,30	14155,78	14477,50	11963,13	11864,30	15925,25	14879,65	13351,27	11864,30
Rata-rata										15364,92	14615,83	12926,08	11395,47
Standar Deviasi										3612,52	2918,59	2695,16	2188,75
X + SD (Batas Atas)										18977,44	17534,42	15621,24	13584,22
X - SD (Batas Bawah)										11752,39	11697,23	10230,92	9206,72
Hasil Rata-rata Lolos										14045,18	14757,52	13004,77	12176,80



Gambar 4.20 Modulus elastisitas mortar CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).



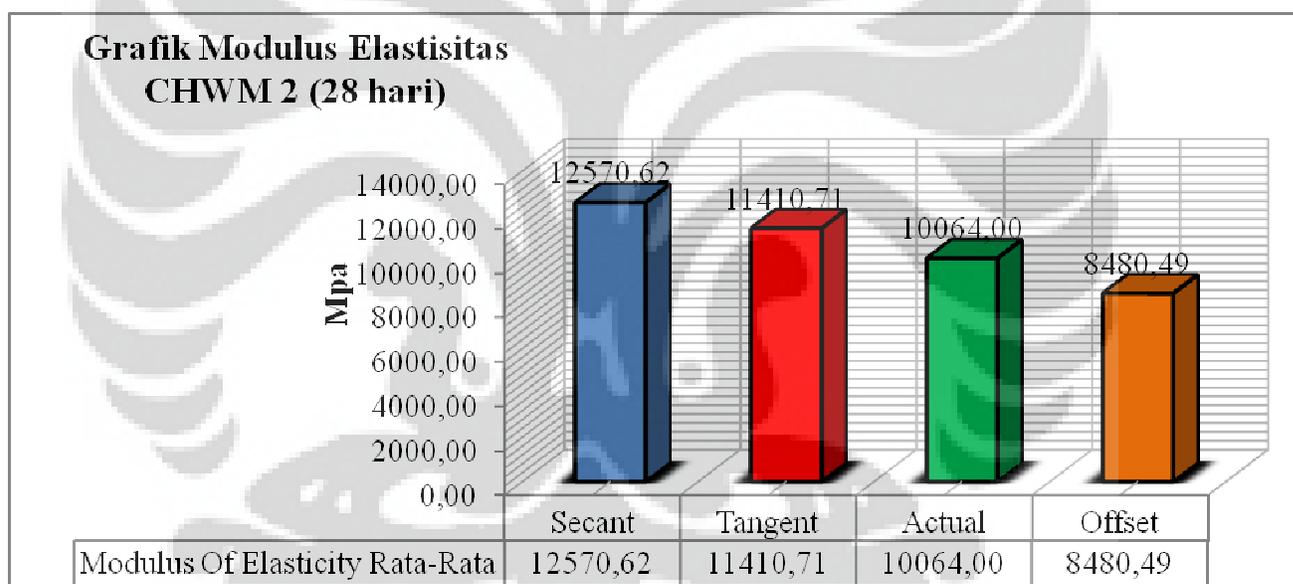
Gambar 4.21 Grafik Beban-Lendutan CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).



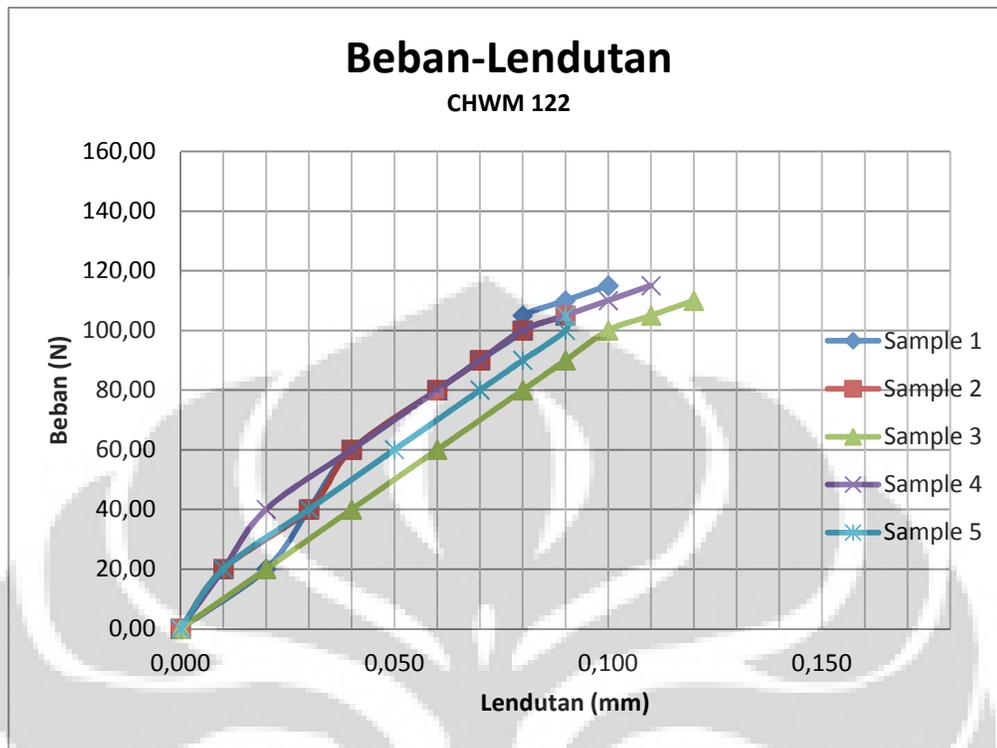
Gambar 4.22 Grafik Tegangan-Regangan CHWM 121 (30% CSW, 70% Pasir).

Tabel 4.56 Modulus elastisitas Campuran CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).

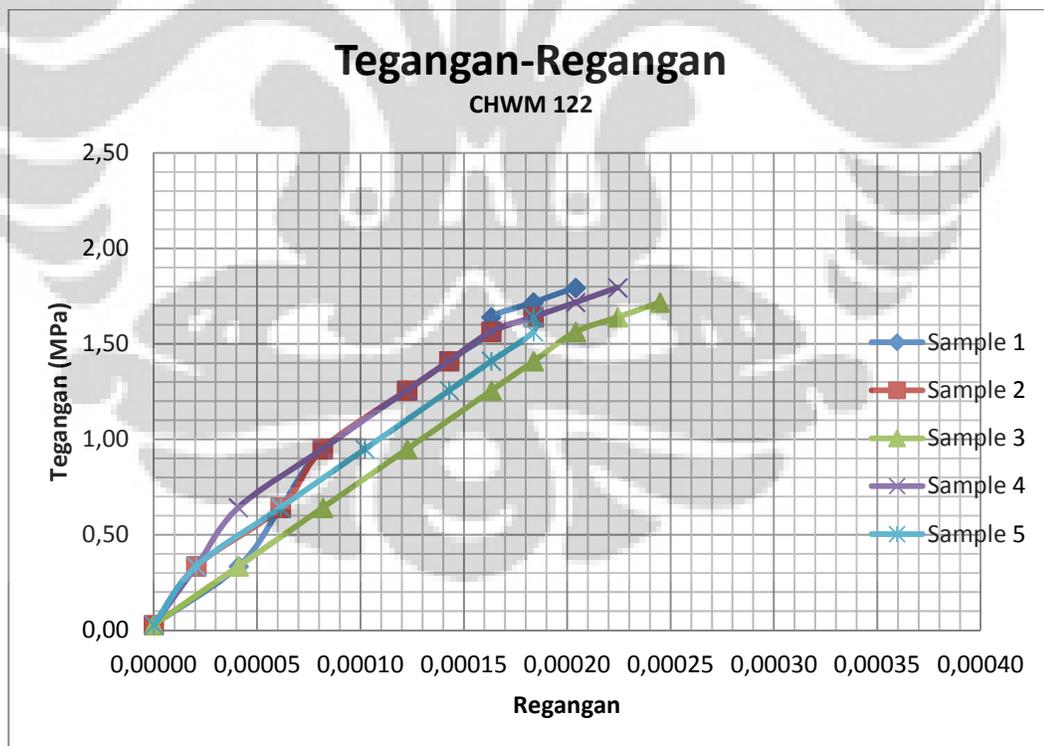
Campuran CHWM 122 (28 hari)													
No	L (mm)	Modulus Of Elasticity (1)				Modulus Of Elasticity (2)				Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
		Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	13271,04	12386,30	10943,47	8793,71	10616,83	10321,92	9046,91	7328,09	11943,94	11354,11	9995,19	8060,90
2	240	13271,04	12779,52	11283,70	8933,39	13271,04	12779,52	11283,70	8933,39	13271,04	12779,52	11283,70	8933,39
3	240	8847,36	8847,36	7747,60	7014,07	8847,36	8847,36	7747,60	7014,07	8847,36	8847,36	7747,60	7014,07
4	240	13271,04	12064,58	10602,84	7994,28	13271,04	12064,58	10602,84	7994,28	13271,04	12064,58	10602,84	7994,28
5	240	11796,48	10813,44	9593,96	8933,39	11796,48	10813,44	9593,96	8933,39	11796,48	10813,44	9593,96	8933,39
Rata-rata										11825,97	11171,80	9844,66	8187,20
Standar Deviasi										1807,16	1495,54	1335,00	797,34
X + SD (Batas Atas)										13633,13	12667,34	11179,65	8984,54
X - SD (Batas Bawah)										10018,81	9676,27	8509,66	7389,86
Hasil Rata-rata Lolos										12570,62	11410,71	10064,00	8480,49



Gambar 4.23 Modulus elastisitas mortar CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).



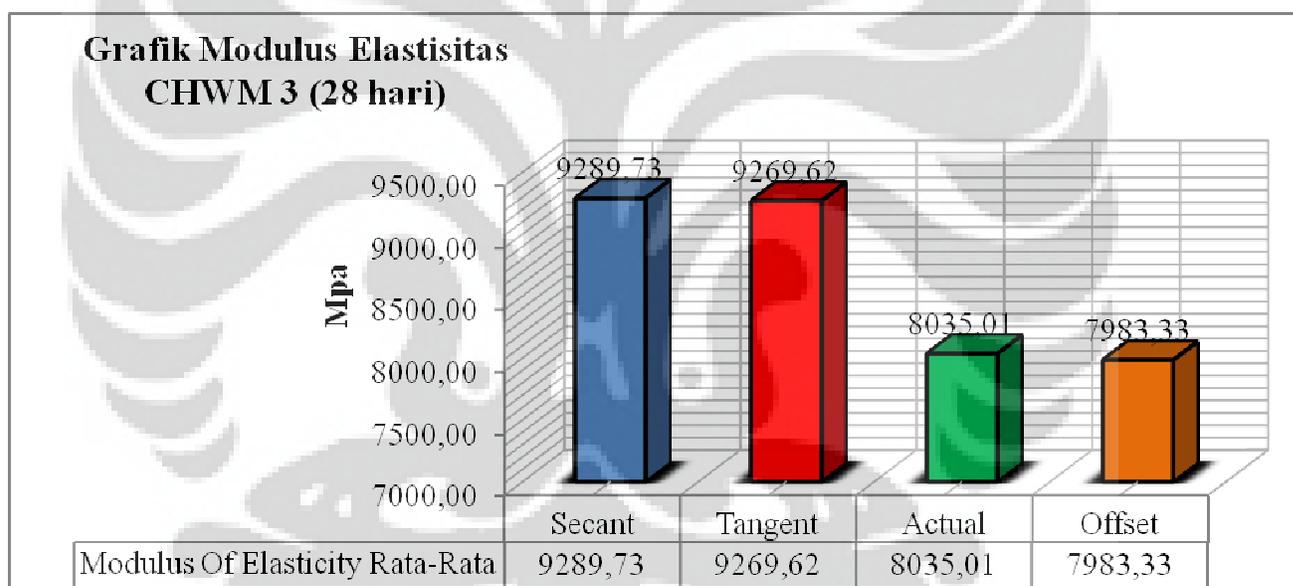
Gambar 4.24 Grafik Beban-Lendutan CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).



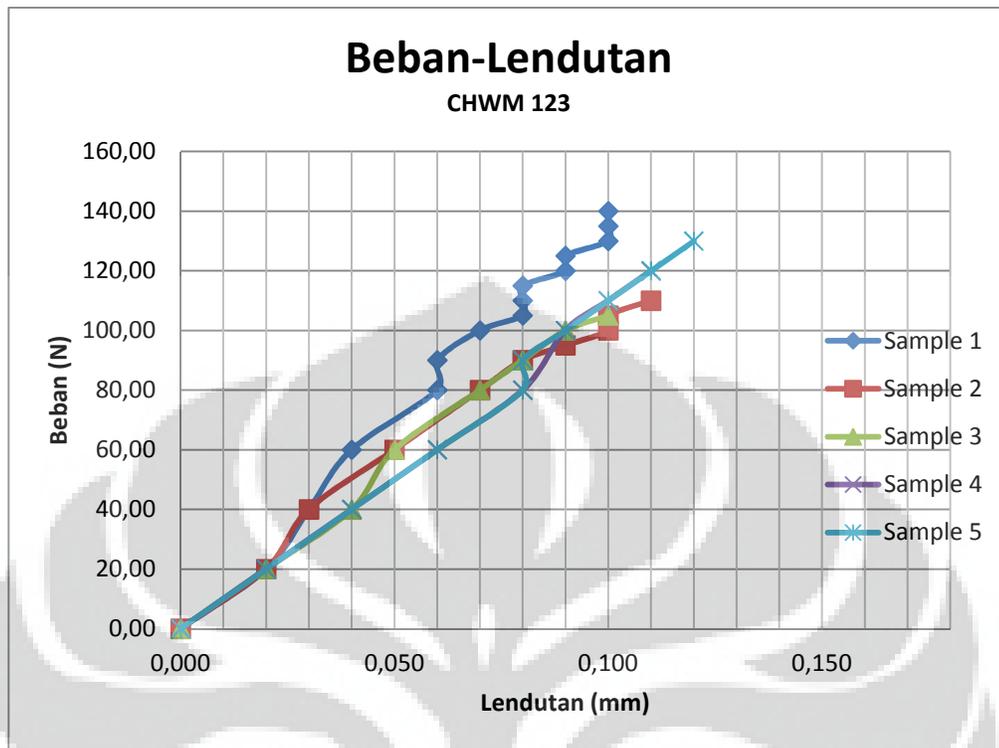
Gambar 4.25 Grafik Tegangan-Regangan mortar CHWM 122 (40% CSW, 60% Pasir).

Tabel 4.57 Modulus elastisitas Campuran CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).

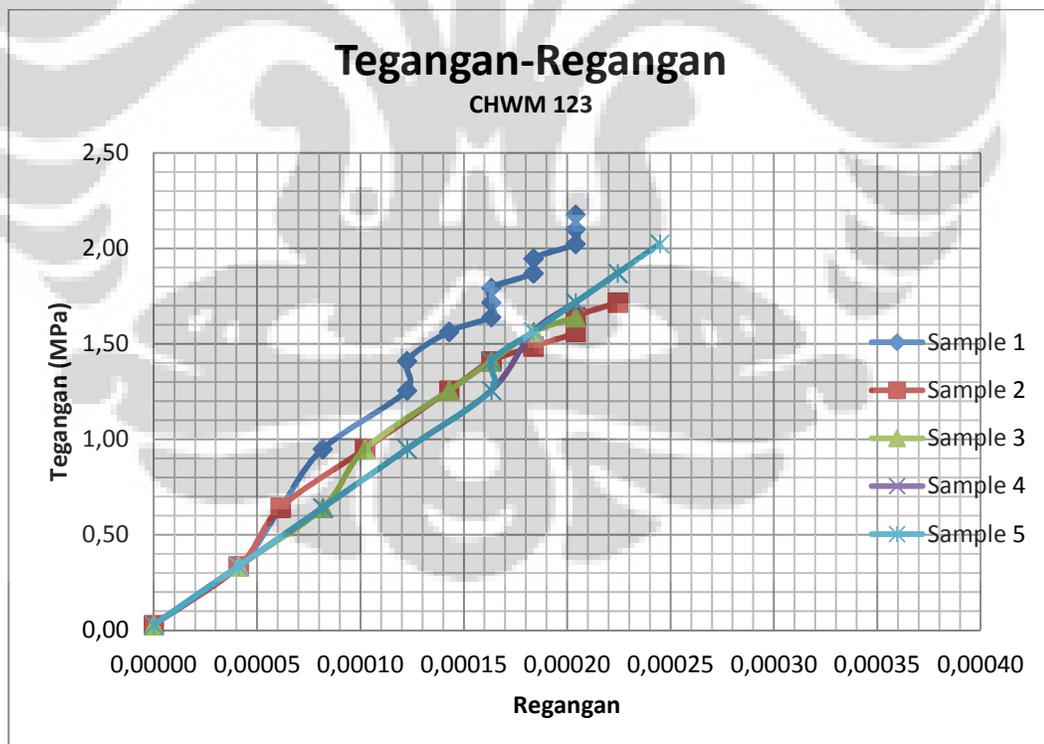
Campuran CHWM 123 (28 hari)													
No	L (mm)	Modulus Of Elasticity (1)				Modulus Of Elasticity (2)				Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
		Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	13271,04	12386,30	10944,29	10677,87	13271,04	12386,30	10944,29	10677,87	13271,04	12386,30	10944,29	10677,87
2	240	10616,83	10455,97	9172,69	7651,71	8847,36	8847,36	7774,37	7651,71	9732,10	9651,67	8473,53	7651,71
3	240	10616,83	10616,83	8514,68	8040,05	8847,36	8847,36	7774,35	7309,13	9732,10	9732,10	8144,52	7674,59
4	240	8847,36	8847,36	7774,40	8336,86	8847,36	8847,36	7774,40	8336,86	8847,36	8847,36	7774,40	8336,86
5	240	8847,36	8847,36	7747,60	8270,17	8847,36	8847,36	7747,60	8270,17	8847,36	8847,36	7747,60	8270,17
Rata-rata										10085,99	9892,96	8616,87	8522,24
Standar Deviasi										1834,63	1456,66	1334,72	1247,10
X + SD (Batas Atas)										11920,62	11349,62	9951,59	9769,33
X - SD (Batas Bawah)										8251,36	8436,30	7282,15	7275,14
Hasil Rata-rata Lolos										9289,73	9269,62	8035,01	7983,33



Gambar 4.26 Modulus elastisitas mortar CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).



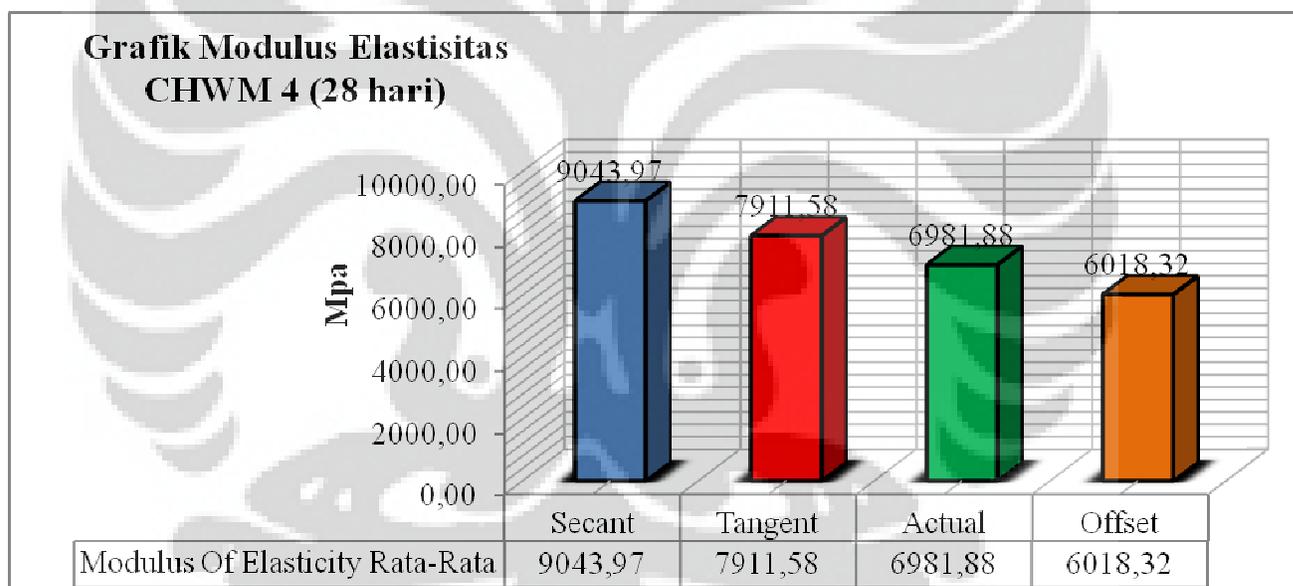
Gambar 4.27 Grafik Beban-Lendutan CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).



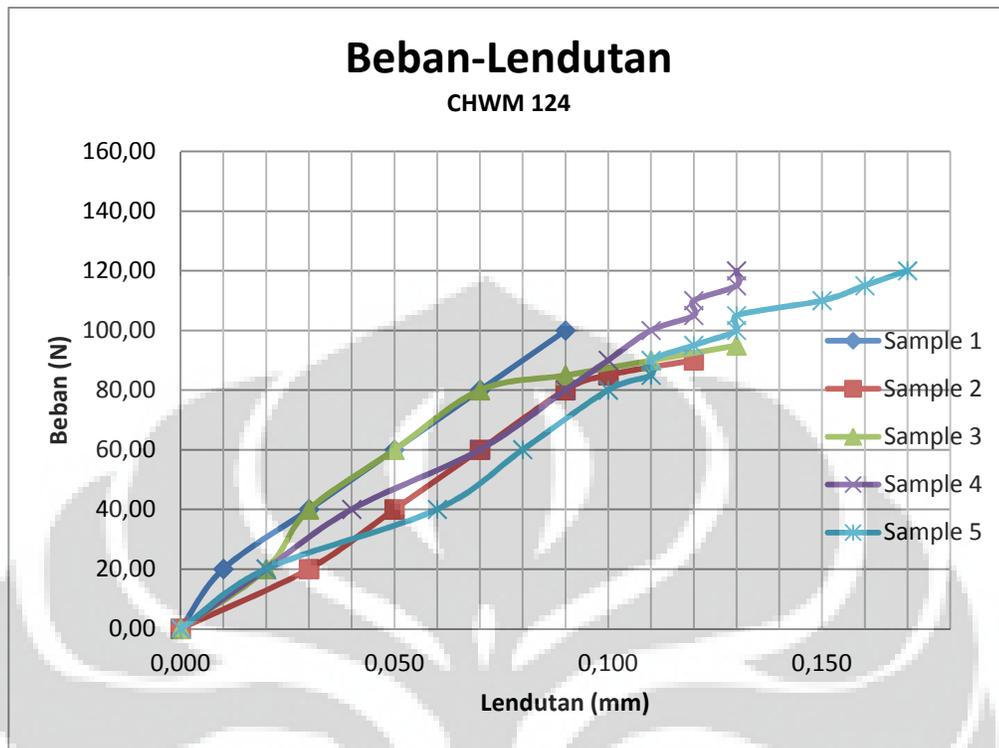
Gambar 4.28 Grafik Tegangan-Regangan CHWM 123 (50% CSW, 50% Pasir).

Tabel 4.58 Modulus elastisitas Campuran CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).

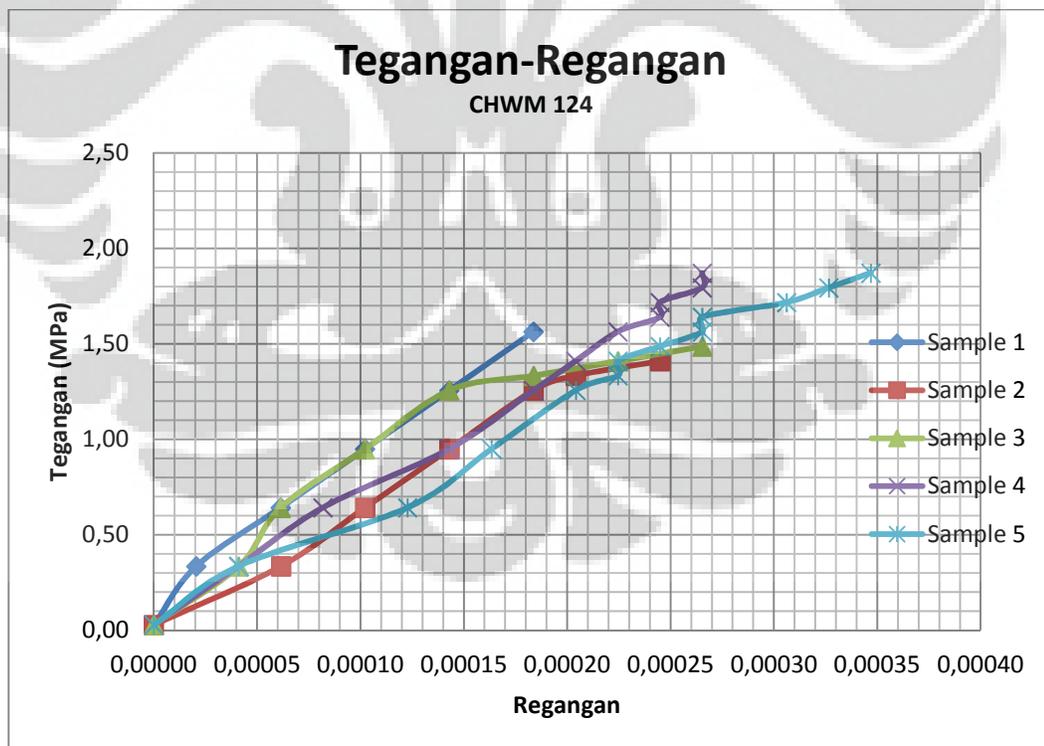
Campuran CHWM 124 (28 hari)													
No	L (mm)	Modulus Of Elasticity (1)				Modulus Of Elasticity (2)				Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
		Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	11796,48	10813,44	9593,77	8514,68	8847,36	9830,40	8564,85	8514,68	10321,92	10321,92	9079,31	8514,68
2	240	7077,89	7372,80	6460,16	5757,96	8847,36	8847,36	7774,28	6281,41	7962,62	8110,08	7117,22	6019,68
3	240	10616,83	10208,49	8920,57	5604,91	10616,83	10208,49	8920,57	5604,91	10616,83	10208,49	8920,57	5604,91
4	240	8847,36	7713,08	6846,53	7054,26	8847,36	7713,08	6846,53	7054,26	8847,36	7713,08	6846,53	7054,26
5	240	6635,52	6765,63	5895,39	5394,44	6635,52	6765,63	5895,39	5394,44	6635,52	6765,63	5895,39	5394,44
Rata-rata										8876,85	8623,84	7571,80	6517,60
Standar Deviasi										1656,50	1576,47	1381,55	1286,35
X + SD (Batas Atas)										10533,35	10200,31	8953,36	7803,94
X - SD (Batas Bawah)										7220,35	7047,37	6190,25	5231,25
Hasil Rata-rata Lolos										9043,97	7911,58	6981,88	6018,32



Gambar 4.29 Modulus elastisitas mortar CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).



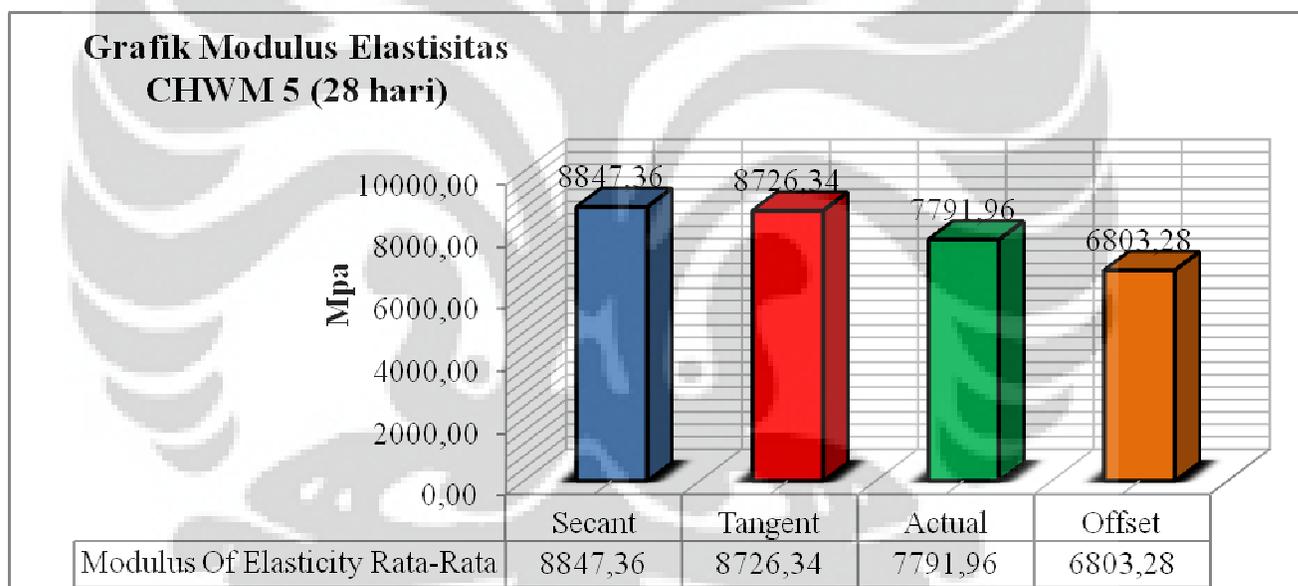
Gambar 4.30 Grafik Beban-Lendutan CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).



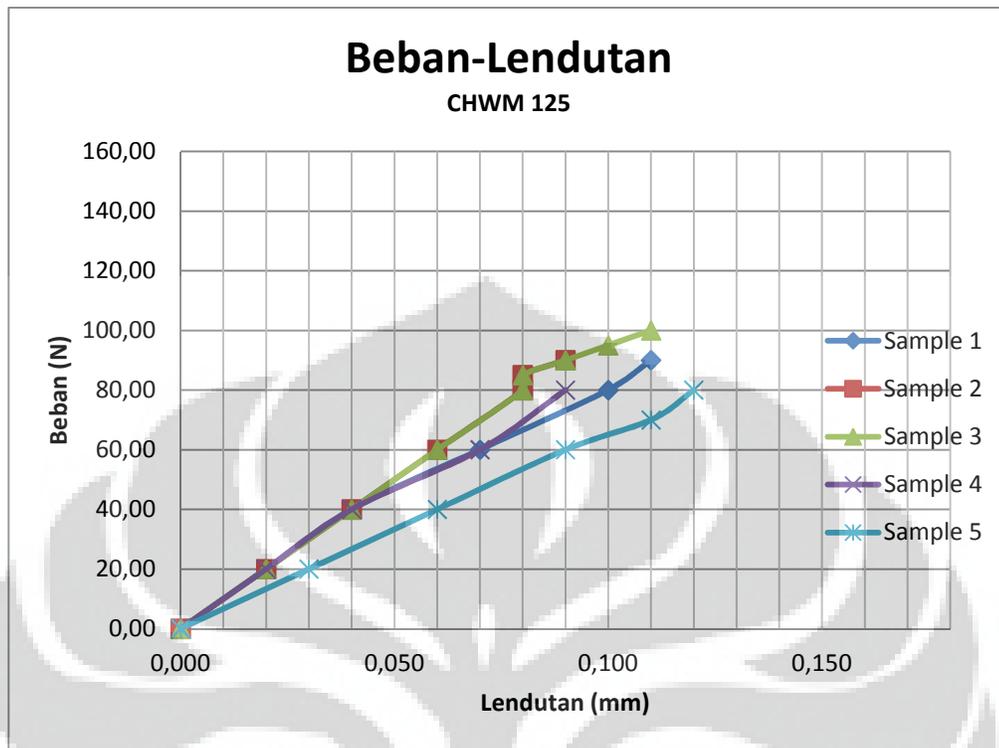
Gambar 4.31 Grafik Tegangan-Regangan CHWM 124 (60% CSW, 40% Pasir).

Tabel 4.59 Modulus elastisitas Campuran CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).

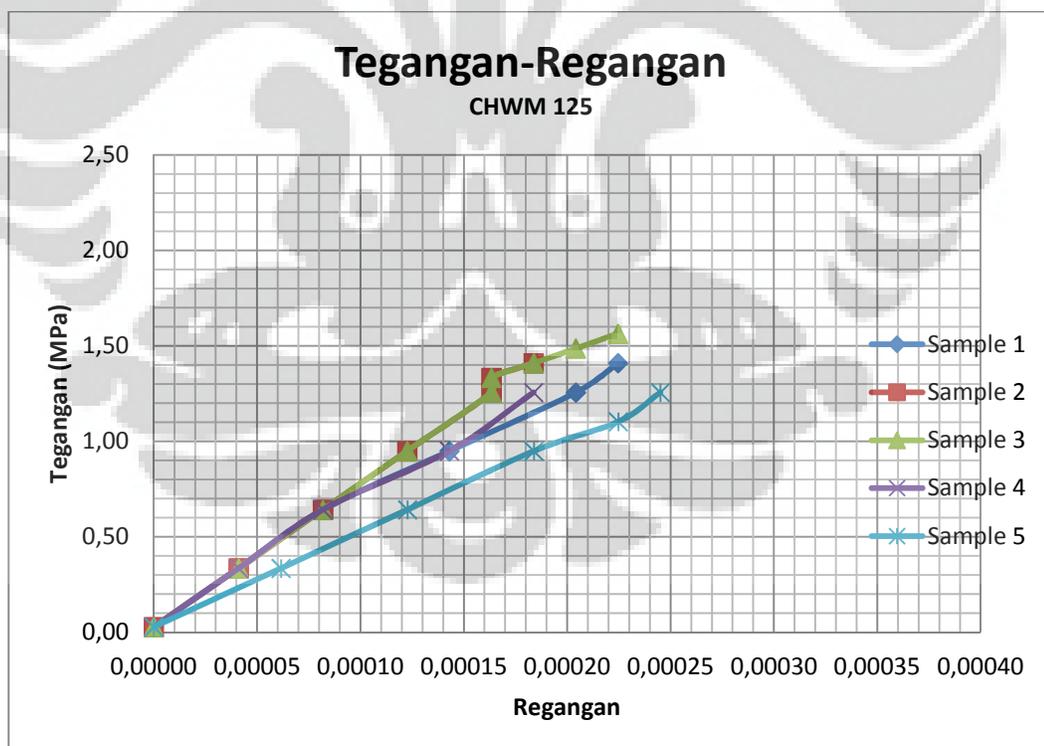
Campuran CHWM 125 (28 hari)													
No	L (mm)	Modulus Of Elasticity (1)				Modulus Of Elasticity (2)				Modulus Of Elasticity Rata-Rata			
		Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset	Secant	Tangent	Actual	Offset
1	240	8847,36	8043,05	7249,83	6281,41	11796,48	10813,44	9593,32	7677,28	10321,92	9428,25	8421,57	6979,34
2	240	8847,36	8847,36	7827,10	7677,28	8847,36	7372,80	6835,75	5757,96	8847,36	8110,08	7331,43	6717,62
3	240	8847,36	8847,36	7774,33	6966,56	8847,36	8847,36	7747,60	6386,01	8847,36	8847,36	7760,96	6676,29
4	240	8847,36	8519,68	7653,86	6839,87	8847,36	8519,68	7653,86	6839,87	8847,36	8519,68	7653,86	6839,87
5	240	5898,24	5898,24	5235,38	5129,91	5898,24	5898,24	5235,38	5129,91	5898,24	5898,24	5235,38	5129,91
Rata-rata										8552,45	8160,72	7280,64	6468,61
Standar Deviasi										1615,30	1353,54	1210,10	757,62
X + SD (Batas Atas)										10167,75	9514,27	8490,74	7226,23
X - SD (Batas Bawah)										6937,15	6807,18	6070,54	5710,99
Hasil Rata-rata Lolos										8847,36	8726,34	7791,96	6803,28



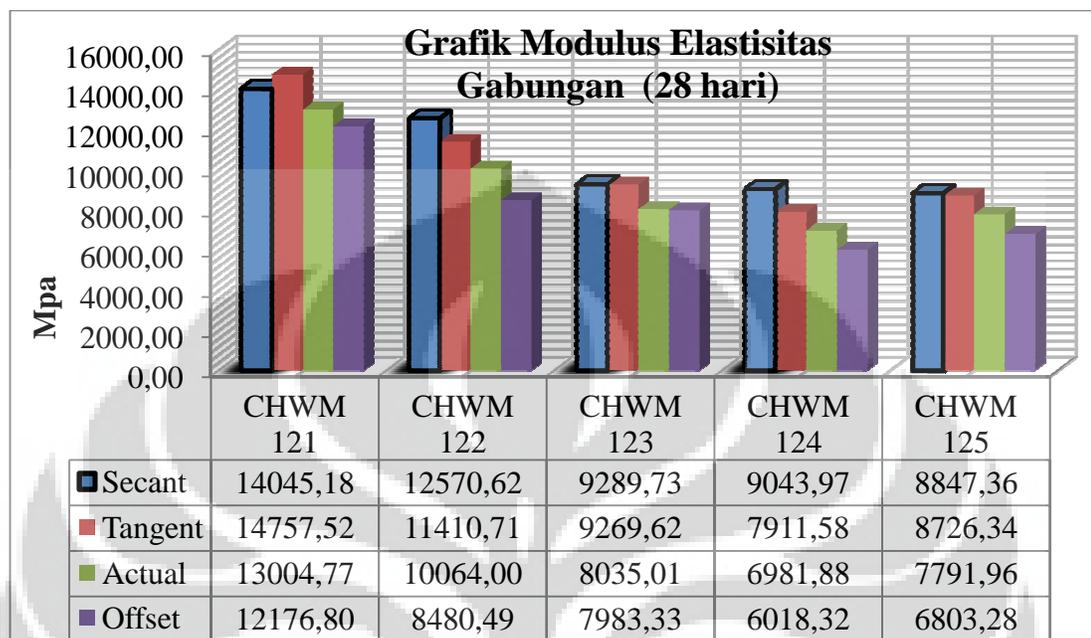
Gambar 4.32 Modulus elastisitas mortar CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).



Gambar 4.33 Grafik Beban-Lendutan CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).



Gambar 4.34 Grafik Tegangan-Regangan CHWM 125 (70% CSW, 30% Pasir).



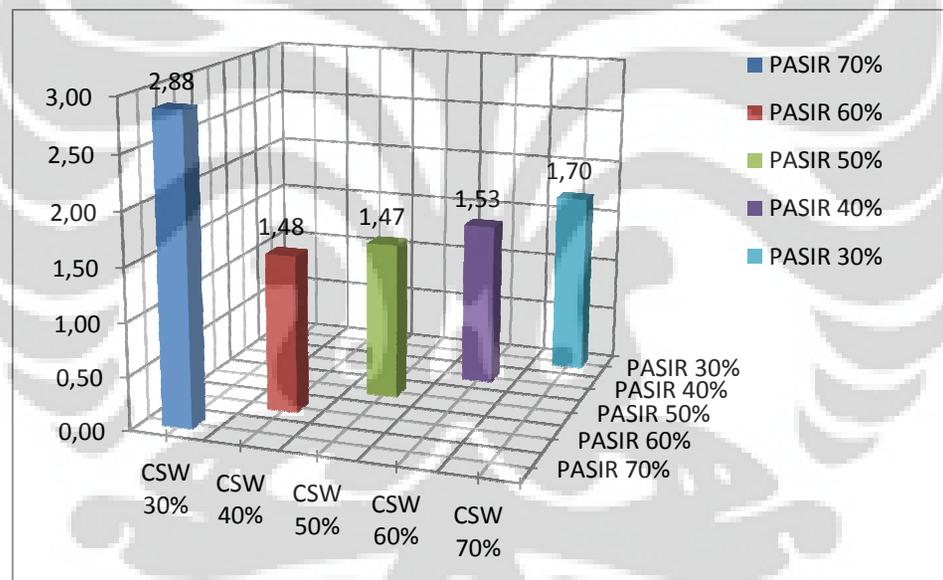
Gambar 4.35 Modulus elastisitas mortar gabungan

4.3.3. Hasil Pengujian Kuat Geser

Pada pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk *double L* dengan ukuran 150 x 100 x 50 mm yang diuji pada umur 28 hari dengan jumlah sampel sebanyak 5 buah tiap variasi campuran. Untuk mengujinya menggunakan mesin pengujian tekan di laboratorium Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia. Berikut merupakan data pengujian kuat geser mortar.

Tabel 4.60 Hasil Pengujian Kuat Geser.

Pengujian Kuat Geser																											
Jenis Campuran	Semen + RHA (33,33%)		Agregat Halus (66,67%)		Air (%)	Umur (Hari)	Luas (A) (cm ²)	Berat (gr)					Beban Maksimum (P) (Kg)					Kuat Geser (fct) (Mpa)					Rata-rata (Mpa)	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Rata-rata Lolos
	PCC (%)	RHA (%)	CSW (%)	Pasir (%)				Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5					
CHWM121	92	8	30	70	80	28	25,00	1461	1549	1518	1509	1492	750	750	650	620	725	3,00	3,00	2,60	2,48	2,90	2,80	0,24	3,04	2,56	2,88
CHWM122	92	8	40	60	85	28	25,00	1475	1450	1423	1350	1321	575	325	800	225	350	2,30	1,30	3,20	0,90	1,40	1,82	0,93	2,75	0,89	1,48
CHWM123	92	8	50	50	85	28	25,00	1345	1364	1321	1394	1421	325	225	350	450	425	1,30	0,90	1,40	1,80	1,70	1,42	0,36	1,78	1,06	1,47
CHWM124	92	8	60	40	100	28	25,00	1515	1504	1446	1510	1615	250	350	375	425	450	1,00	1,40	1,50	1,70	1,80	1,48	0,31	1,79	1,17	1,53
CHWM125	92	8	70	30	100	28	25,00	1367	1216	1412	1375	1419	250	375	425	475	525	1,00	1,50	1,70	1,90	2,10	1,64	0,42	2,06	1,22	1,70



Gambar 4.36 Grafik Uji Kuat Geser mortar gabungan (28 hari)

4.4. Analisa Hasil Penelitian

4.4.1 Analisa Waktu Ikat (*Setting Time*)

❖ CHWM 121

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 CHWM 121 tercapai setelah 169,29 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 290 menit.

❖ CHWM 122

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 CHWM122 tercapai setelah 183,75 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 310 menit.

❖ CHWM 123

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 CHWM123 tercapai setelah 156,67 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 330 menit.

❖ CHWM 124

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vikat 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 CHWM124 tercapai setelah 183,33 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 330 menit.

❖ CHWM 125

Dalam pengujian setting time, waktu ikat awal terjadi pada saat jarum vikat 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 CHWM125 tercapai setelah 168,33 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 330 menit.

Diketahui bahwa 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 CHWM123, CHWM124 dan CHWM125 memiliki waktu ikat akhir yang paling lama, yaitu sebesar 330 menit.

4.4.2 Analisa Kuat Tarik Langsung

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kuat tarik langsung yang paling optimum ada pada campuran CHWM 122 yang mencapai kuat tarik maksimum sebesar 5,52 MPa pada umur 90 hari, sedangkan untuk campuran dengan nilai kuat tarik terendah ada pada campuran CHWM 123 dengan nilai sebesar 2,40 MPa. Dari tabel dan grafik yang disuguhkan pada sub bab sebelumnya diketahui bahwa nilai kuat tarik langsung masih terus meningkat secara signifikan dari umur 28, 56 hingga umur 90 hari.

Pada campuran CHWM 122 memiliki nilai kuat tarik langsung paling optimum dikarenakan penambahan limbah adukan beton atau *Concrete Sludge Waste* (CSW) dan Abu Sekam Padi (RHA) terhadap campuran sudah sesuai dan optimal.

4.4.3 Analisa Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang dicari pada penelitian ini adalah modulus elastisitas menurut ASTM C580-02 yang terdiri dari modulus tangent dan secant, modulus elastisitas aktual dan modulus elastisitas akibat 60% tegangan dan regangan maksimum (*Mechanics of Material* edisi kelima R.C Hibbeler halaman 89). Berdasarkan ASTM C580-02 modulus elastisitas untuk mortar dibatasi sampai 50% dari lendutan maksimum. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai modulus elastisitas pada campuran CHWM 121 memiliki nilai yang paling tinggi dari ke lima variasi campuran dan nilai terkecil ada pada campuran CHWM 125. Hal itu dikarenakan penambahan limbah adukan beton atau *Concrete Sludge Waste* (CSW) dapat mengurangi nilai Modulus Elastisitas.

4.4.4 Analisa Kuat Geser

Nilai Kuat geser yang di uji pada penelitian ini merujuk kepada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan oleh Mattock dan Walraven yang dianggap cukup representative. Pada pengujian ini didapatkan nilai kuat geser terbesar ada pada campuran CHWM 121 sebesar 2,88 MPa. Hal ini dikarenakan campuran CHWM 121 merupakan campuran yang sudah sesuai komposisinya dan penggunaan *Concrete Sludge Waste* (CSW) tidak terlalu banyak dibandingkan tipe variasi yang lain, karena sifat *Concrete Sludge Waste* (CSW) yang tinggi tingkat penyerapan airnya yang berdampak kepada turunnya kekuatan mortar dalam menahan tegangan geser.

4.5. Pengaruh Penambahan *Concrete Sludge Waste* (CSW)

4.5.1. Pengaruh Terhadap Kuat Tarik Langsung

Pada penggunaan CSW tidak dapat sepenuhnya menggantikan pasir, tetapi pencampuran komposisi yang sesuai dapat menghasilkan nilai kuat tarik langsung yang optimum seperti pada campuran CHWM 122 dengan komposisi CSW : Pasir = 40% : 60% dengan nilainya sebesar 3,32 MPa, 5,17 MPa, dan 5,52 MPa pada umur benda uji 28,56, dan 90 hari yang nilainya sedikit lebih tinggi daripada campuran CHWM 121 dengan komposisi CSW : Pasir = 30% : 70%, Penurunan kuat tarik mortar semen juga terjadi karena adanya kebutuhan akan FAS yang jauh lebih besar, semakin banyak kandungan air menyebabkan adukan mortar semakin berpori (capillary pores) yang berarti semakin mengurangi kekuatannya. Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air pada CSW diketahui nilai penyerapan airnya sebesar 5.042 %, melebihi batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3 %. Hal ini yang menyebabkan kebutuhan akan air dari campuran mortar meningkat, dapat dilihat dari hasil pengujian

konsistensi pada subbab sebelumnya dimana dengan semakin bertambahnya komposisi CSW pada campuran mortar mengakibatkan nilai FAS yang semakin meningkat pula dan berakibat pada menurunnya kekuatan tarik mortar.

4.5.2. Pengaruh Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas

Pengaruh CSW pada hasil pengujian kuat tarik lentur dan modulus elastisitas sangatlah penting karena pada hasil pengujian ini didapatkan nilai tertinggi pada campuran CHWM 121 dengan komposisi CSW : Pasir = 30% : 70% dan nilai terendah ada pada campuran CHWM 125, bisa disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan limbah adukan beton (CSW), maka semakin kecil pula nilai kuat tarik lentur dan modulus elastisitasnya. Adapun nilai modulus elastisitas dan kuat lentur untuk masing-masing campuran adalah :

1. CHWM 121 dengan komposisi CSW : Pasir = 30% : 70%

- Metode Secant = 14045,18 MPa
- Metode Tangent = 14757,52 MPa
- Metode Actual = 13004,77 MPa
- Metode Offset = 12176,80 MPa

2. CHWM 122 dengan komposisi CSW : Pasir = 40% : 60%

- Metode Secant = 12570,62 MPa
- Metode Tangent = 11410,71 MPa
- Metode Actual = 10064,00 MPa
- Metode Offset = 8480,49 MPa

3. CHWM 123 dengan komposisi CSW : Pasir = 50% : 50%

- Metode Secant = 9289,73 MPa
- Metode Tangent = 9269,62 MPa
- Metode Actual = 8035,01 MPa
- Metode Offset = 7983,33 MPa

4. CHWM 124 dengan komposisi CSW : Pasir = 60% : 40%

- Metode Secant = 9043,97 MPa
- Metode Tangent = 7911,58 MPa
- Metode Actual = 6981,88 MPa
- Metode Offset = 6018,32 MPa

5. CHWM 125 dengan komposisi CSW : Pasir = 70% : 30%

- Metode Secant = 8847,36 MPa
- Metode Tangent = 8726,34 MPa
- Metode Actual = 7791,96 MPa
- Metode Offset = 6803,28 MPa

4.5.3. Pengaruh Terhadap Kuat Geser

Pada pengujian kuat geser, nilai yang paling optimum terdapat pada campuran CHWM 121 dengan komposisi CSW : Pasir = 30% : 70% sebesar 2,88 MPa dan nilai terendah ada pada campuran CHWM 123 dengan komposisi CSW : Pasir = 50% : 50% sebesar 1,47 MPa. Sama halnya dengan pengujian kuat tarik langsung dan modulus elastisitas, bahwa kekuatan benda uji sangat di pengaruhi limbah adukan beton (CSW), semakin sedikit penambahan abu sekam padi maka semakin tinggi nilai kuat gesernya.

4.6. Hubungan Antara Kuat Tarik dan Kuat Tekan Pada Mortar Normal

Dari hasil pengujian kuat tarik dengan komposisi campuran Semen+RHA : Agregat Halus+CSW, 1:2, yang dibuat dengan 5 variasi campuran yaitu CHWM 121, CHWM 122, CHWM 123, CHWM 124, CHWM 125. Didapatkan nilai kuat tarik terbesar ada pada campuran CHWM 122 (40% CSW dan 60% Pasir) sebesar 5,52 MPa. Pada pengujian kuat tekan, nilai kuat tekan terbesar ada pada campuran CHWM 121 (30% CSW dan 70% Pasir) sebesar 19,887 MPa.

Menurut Puslitbang Pemukiman Kimpraswil Bandung (1998), campuran optimum untuk mortar normal adalah dengan perbandingan semen : pasir, 1: 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 189 kg/cm² atau 18.9 MPa. Dengan menggunakan rumus empiris maka didapatkan korelasi dari kekuatan tekan ke kekuatan tarik yang nilainya sebesar seperdelapan dari kuat tekannya, maka didapatkan nilai kuat tarik dari mortar normal sebesar 2.36 MPa.

Sehingga dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan dan kuat tarik sudah memenuhi batas kuat tekan dan kuat tarik optimal untuk mortar normal.

4.7. Pemanfaatan CSW Sebagai Material Bahan Bangunan

Dalam penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah adukan beton atau Concrete Sludge Waste (CSW) yang terbuang untuk dijadikan material bahan bangunan yang bermanfaat. Contoh material bahan bangunan yang bisa diambil adalah *Paving Block*, Berikut ini adalah standar persyaratan bata beton (*Paving block*) menurut SNI 03-0691-1996 mengenai syarat mutu dan klasifikasi bata beton :

Tabel 4.61 Syarat mutu *Paving Blok* menurut SNI 03-0691-1996

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
C	15	12.5	0.160	0.184	8
D	10	8.5	0.219	0.251	10

Keterangan :

- Bata Beton Mutu A digunakan untuk jalan
- Bata Beton Mutu B digunakan untuk peralatan parkir
- Bata Beton Mutu C digunakan untuk pejalan kaki
- Bata Beton Mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain

Dari pengujian kuat tekan yang didapat pada penelitian ini nilai kuat tekan terbesar ada pada campuran CHWM 121 dengan komposisi semen : agregat halus 1 : 2 dengan campuran 92% semen, 8% abu sekam padi, 30% CSW, dan 70% pasir mempunyai nilai kuat tekan sebesar 19,887 MPa. Dari persyaratan mutu *Paving Block* pada tabel diatas, maka penggunaan *Concrete Sludge Waste* (CSW) pada campuran mortar CHWM 121 masuk ke dalam klasifikasi bata beton mutu C yang biasa di gunakan untuk pejalan kaki. Dan tentunya dengan penelitian ini, limbah yang dihasilkan oleh batching plan dapat dimanfaatkan kembali menjadi suatu produk bahan bangunan yang tentunya dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah adukan beton tersebut.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dan diuraikan pada bab sebelumnya mengenai pemakaian *Concrete Sludge Waste (CSW)* pada campuran mortar dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tarik, lentur, modulus elastisitas dan kuat geser, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai terbesar dan terkecil dari masing-masing pengujian adalah sebagai berikut :

- ❖ Kuat tarik langsung maksimum, CHWM 122 = 5,52 MPa
minimum, CHWM 123 = 2,40 MPa
- ❖ Modulus Elastisitas maksimum, CHWM 121 = Secant = 14045,18 MPa
Tangent = 14757,52 MPa
Actual = 13004,77 MPa
Offset = 12176,80 MPa
minimum, CHWM 125 = Secant = 8847,36 MPa
Tangent = 8726,34 MPa
Actual = 7791,96 MPa
Offset = 6803,28 MPa
- ❖ Kuat Geser maksimum, CHWM 121 = 2,88 MPa
Minimum, CHWM 123 = 1,47 MPa

2. Pada Pengujian Modulus Elastisitas dan kuat geser memiliki kecenderungan trend yang hampir sama yaitu nilai terbesarnya ada pada campuran CHWM 121 (CSW 30% dan Pasir 70%) dan yang terkecil ada pada campuran CHWM 125 (CSW 70% dan Pasir 30%) untuk Modulus Elastisitas, CHWM 123 (CSW 50% dan Pasir 50%) untuk geser. Lain halnya dengan Pengujian kuat tarik langsung, nilai terbesar ada pada campuran CHWM 122 (CSW 40% dan Pasir 60%) dan nilai terendah ada pada campuran CHWM 123 (CSW 50% dan Pasir 50%). Nilai kuat

tarik langsung tersebut cenderung mengacak dan tidak sesuai dengan analisa yang menyebutkan bahwa semakin banyak penambahan *Concrete Sludge Waste* (CSW) maka semakin rendah mutu mortarnya, yang dikarenakan penyerapan air pada *Concrete Sludge Waste* (CSW) terlalu besar.

3. Nilai penyerapan air pada *Concrete Sludge Waste* (CSW) sebesar 5,042% melebihi batas maksimal persentase penyerapan air agregat halus menurut SK-SNI M 10-1989-F yaitu sebesar 3% dapat berpengaruh terhadap *workability*, yang ditandai dengan meningkatnya kebutuhan air sehingga menyebabkan kenaikan nilai FAS seiring dengan bertambahnya persentase *Concrete Sludge Waste* (CSW) dalam komposisi campuran. Sehingga akan berdampak terhadap penurunan kualitas kekuatan mortar. Karena semakin banyak kandungan air menyebabkan adukan mortar semakin berpori (*capillary pores*) yang akan berdampak buruk terhadap kekuatan mortar tersebut.
4. Dari hasil pengujian waktu ikat (*setting time*) didapatkan nilai waktu ikat yang berdurasi paling panjang ada pada campuran CHWM 125 dengan waktu ikat awal 168,33 menit dan waktu ikat akhir 330 menit, sedangkan nilai waktu ikat yang berdurasi paling pendek ada pada campuran CHWM 121 dengan waktu ikat awal 169,29 menit dan waktu ikat akhir 290 menit. Pada penelitian ini bisa disimpulkan bahwa penggunaan *Concrete Sludge Waste* (CSW) juga sangat berpengaruh terhadap waktu ikat awal dan waktu ikat akhir yang mengakibatkan proses reaksi hidrasi semen berlangsung lama. Dengan bertambahnya komposisi *Concrete Sludge Waste* (CSW) pada campuran, maka berakibat pada bertambahnya waktu ikat.
5. Dari hasil penelitian ini menghasilkan mutu campuran mortar yang masuk kedalam klasifikasi *Paving Block* adalah campuran CHWM 121 dengan campuran 92% semen, 8% abu sekam padi, 30% CSW, dan 70% pasir dan bisa digunakan

untuk bata beton (Paving Block) pejalan kaki yang mengacu pada SNI 03-0691-1996.

6. Dalam skripsi ini pemanfaatan limbah adukan beton bisa dijadikan suatu produk bahan bangunan yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi dampak buruk lingkungan akibat pembuangan limbah adukan beton atau *Concrete Sludge Waste* (CSW) yang berlebihan di sekitar area *Batching Plan*.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan limbah adukan beton (CSW) pada campuran mortar, agar didapatkan nilai persentase optimum dalam pemakaian limbah adukan beton (CSW) sebagai bahan campuran mortar pengganti agregat halus.
2. Penambahan *additive* seperti *superplastizer* yang berfungsi mengurangi kebutuhan air berlebih dalam adukan mortar dan tetap memepertahankan *workability* campuran.
3. Dalam tahap pengadukan mortar sebaiknya semua benda uji yang akan dibuat untuk masing-masing tipe campuran diaduk dalam satu wadah dan dilakukan dalam satu hari demi tercapainya keseragaman benda uji.
4. Pada penelitian ini pengolahan limbah adukan beton (CSW) dilakukan secara manual, baik untuk pengeringan dan penghancuran. Sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengolahan limbah adukan beton (CSW) terhadap metode pengolahan yang baik sehingga dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus yang sesuai dengan standar.
5. Pada pengujian modulus elastisitas dilakukan secara manual, sehingga untuk penelitian lebih lanjut perlu menggunakan alat dengan teknologi modern demi tercapainya keakuratan.

6. Untuk penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah adukan beton (CSW), disarankan penggunaan limbah sisa adukan beton dengan mutu yang seragam.
7. Diperlukannya penelitian yang khusus membahas metode dalam pengujian kuat geser pada mortar sesuai dengan standar.



DAFTAR REFERENSI

Buku

- ASTM C 138M-01a. *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: 2001
- ASTM C 293-00. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: 2000
- ASTM C 305-82. *Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: 1999
- ASTM C 496-04. *Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: 2004
- ASTM C 469-94. *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: 2002
- SK SNI S-04-1989. *Bahan Bangunan Bagian A (bahan Bangunan Bukan Logam)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta: 1989
- SNI 03-1971-90. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta: 1990
- SNI 03-1972-90. *Tetode Pengujian Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta: 1990

Riset, Tesis dan Skripsi

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



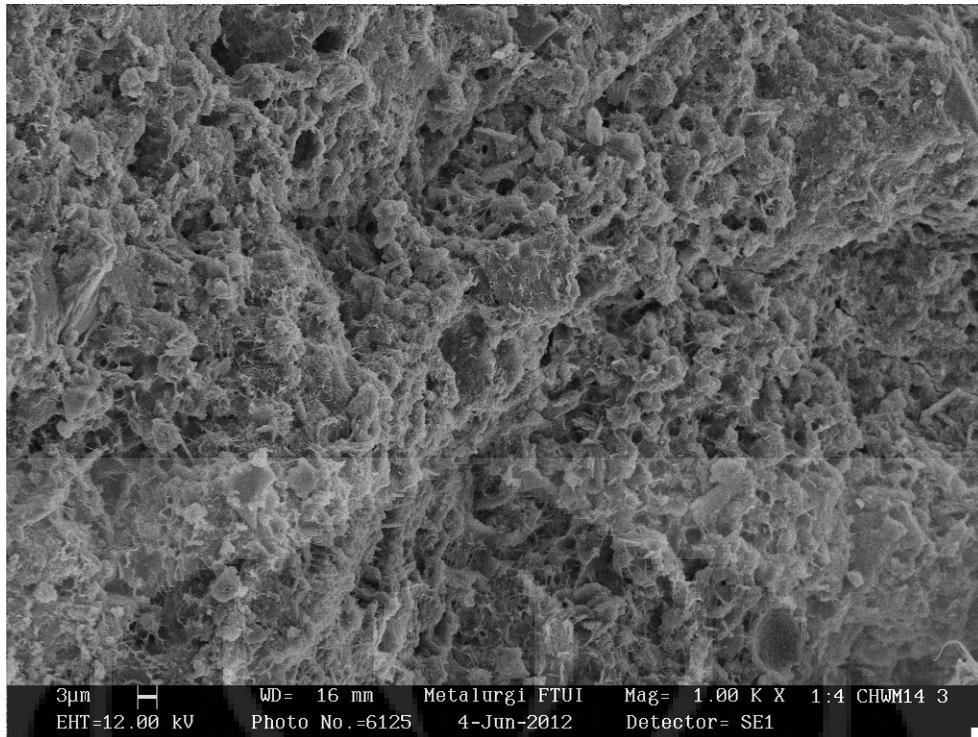
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Andika Hadif Pratama
 Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 29 November 1988
 Alamat : Jalan Perhubungan 1 DD/4 Komplek Keuangan
 Rawamangun Jakarta Timur
 Nomor telepon/Rumah : (+62) 85692487667 / (021) 4758149
 Email : dika_hape@yahoo.com
 Nama Orang Tua :
 Ayah : Nahid Hudaya
 Ibu : Diah Putri

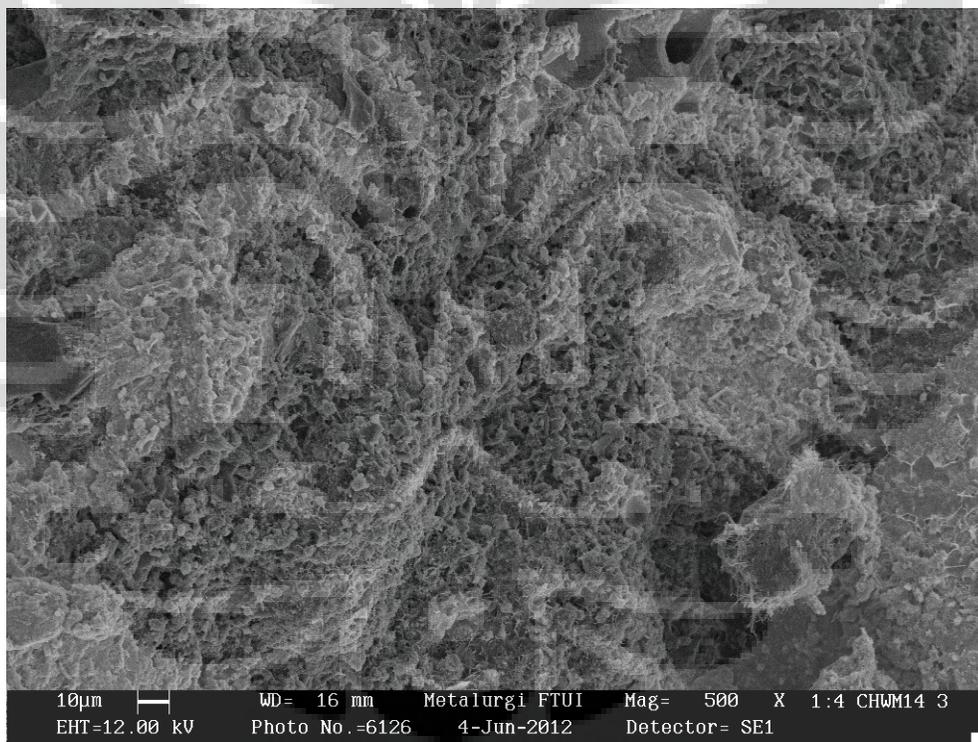
Riwayat Pendidikan Formal

S1 Ektensi Teknik Sipil UI Depok	2009-.....
Politeknik Negeri Jakarta Kampus UI Depok	2006-2009
SMAN 36 Jakarta	2003-2006
SMP Al Zaitun Indramayu	2000-2003
SDI Al Azhar Rawamangun Jakarta	1994-2000

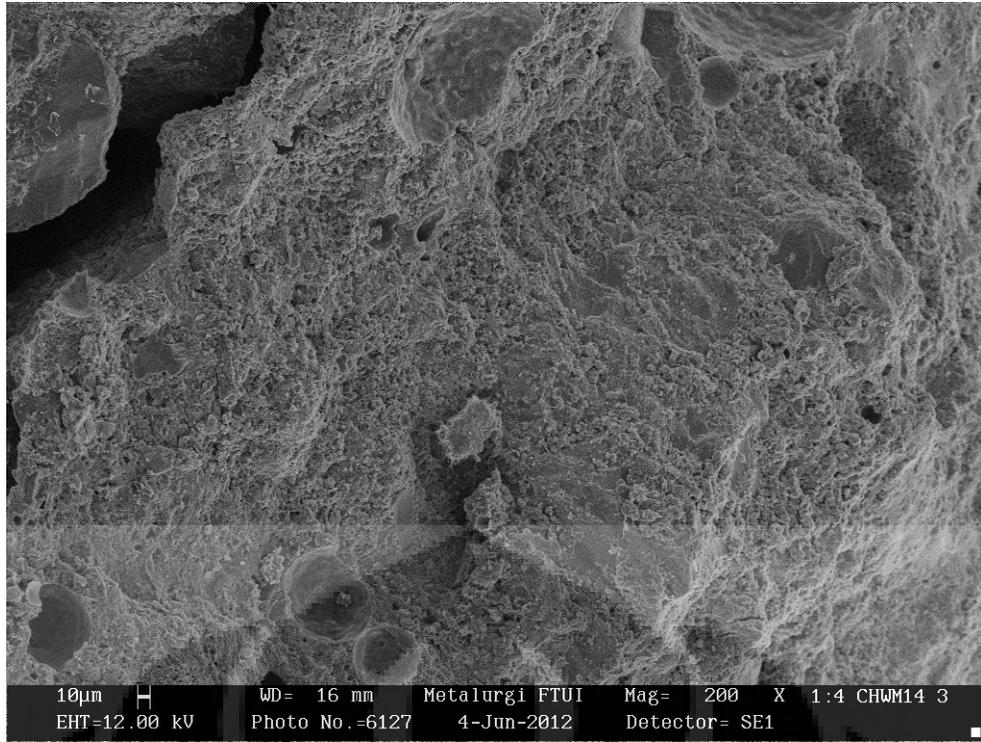
Lampiran 1



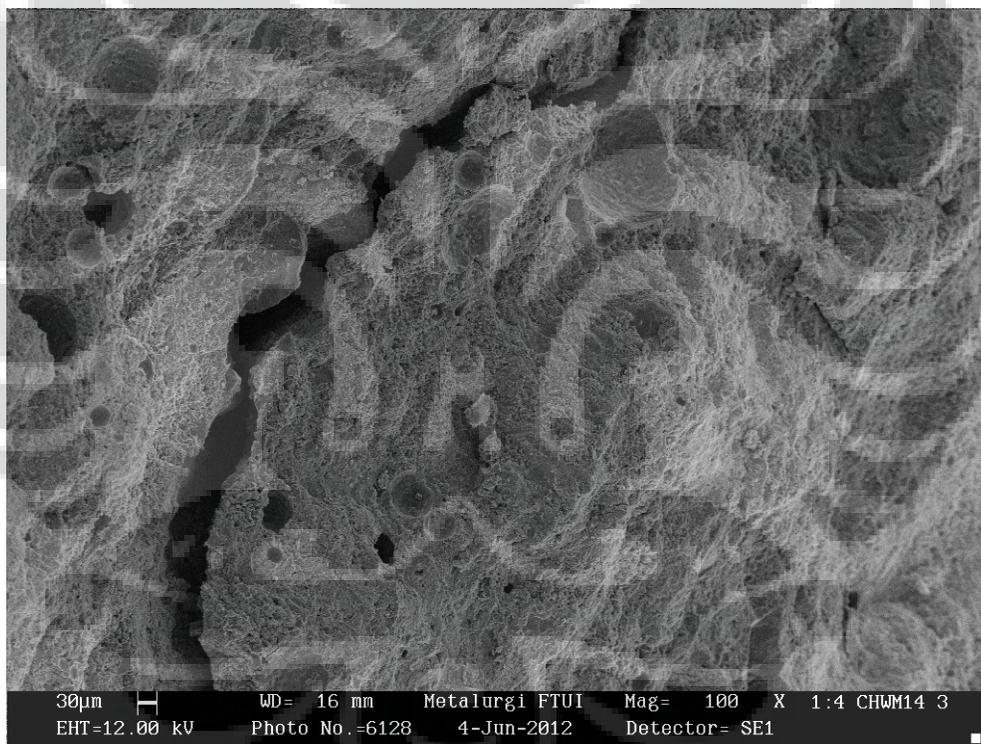
CHWM 123 (Perbesaran 1000 X)



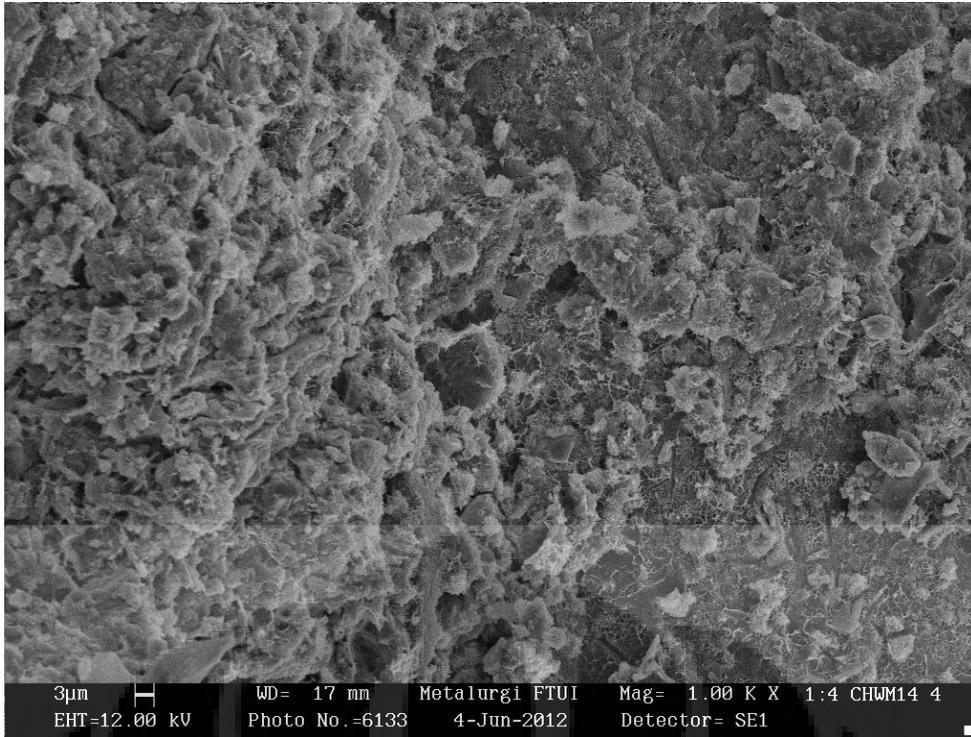
CHWM 123 (Perbesaran 500 X)



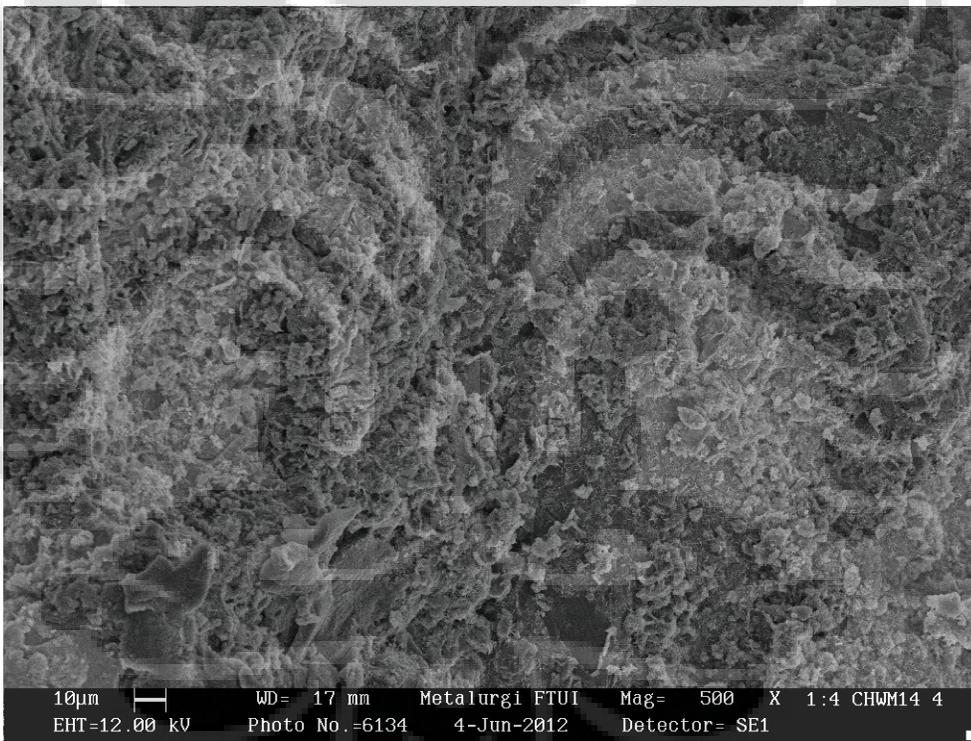
CHWM 123 (Perbesaran 200 X)



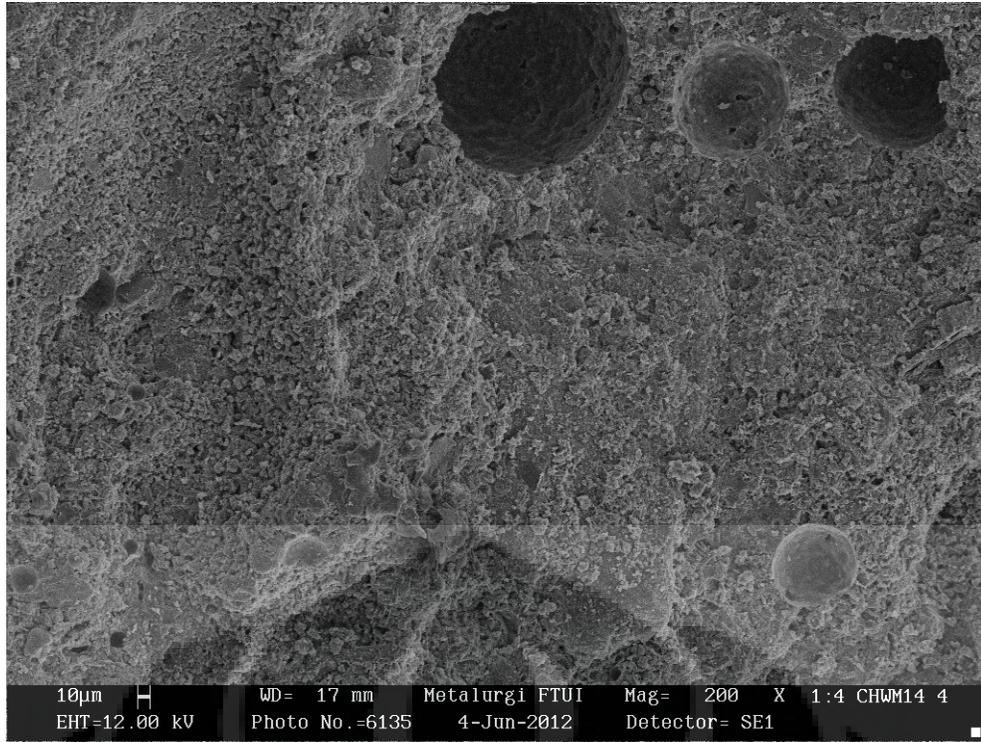
CHWM 123 (Perbesaran 100 X)



CHWM 124 (Perbesaran 1000 X)



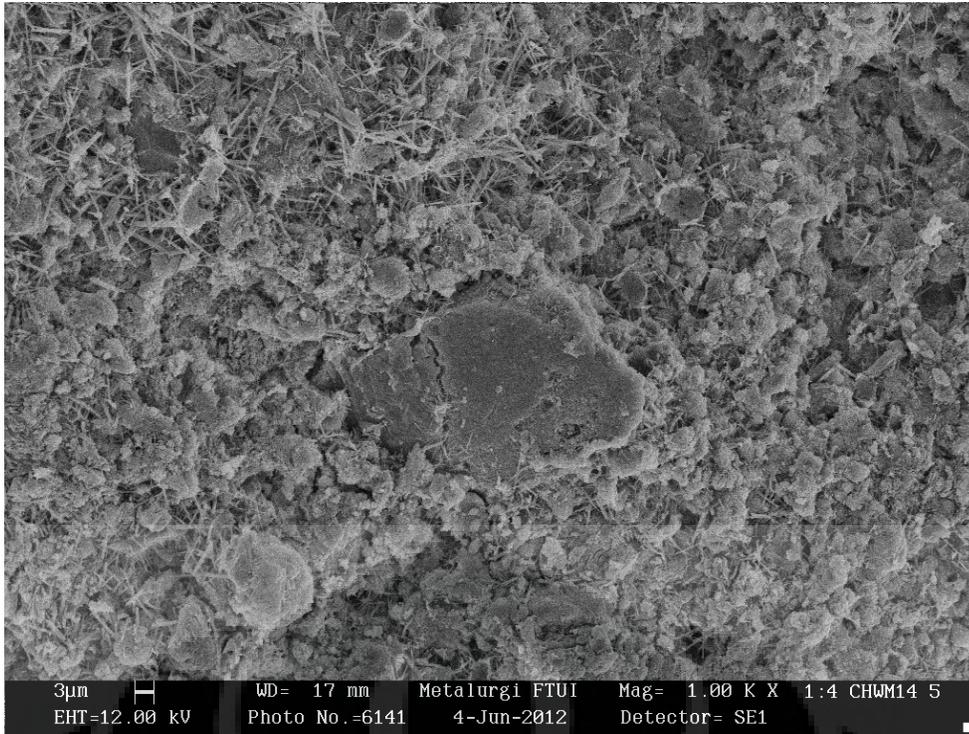
CHWM 124 (Perbesaran 500 X)



CHWM 124 (Perbesaran 200 X)



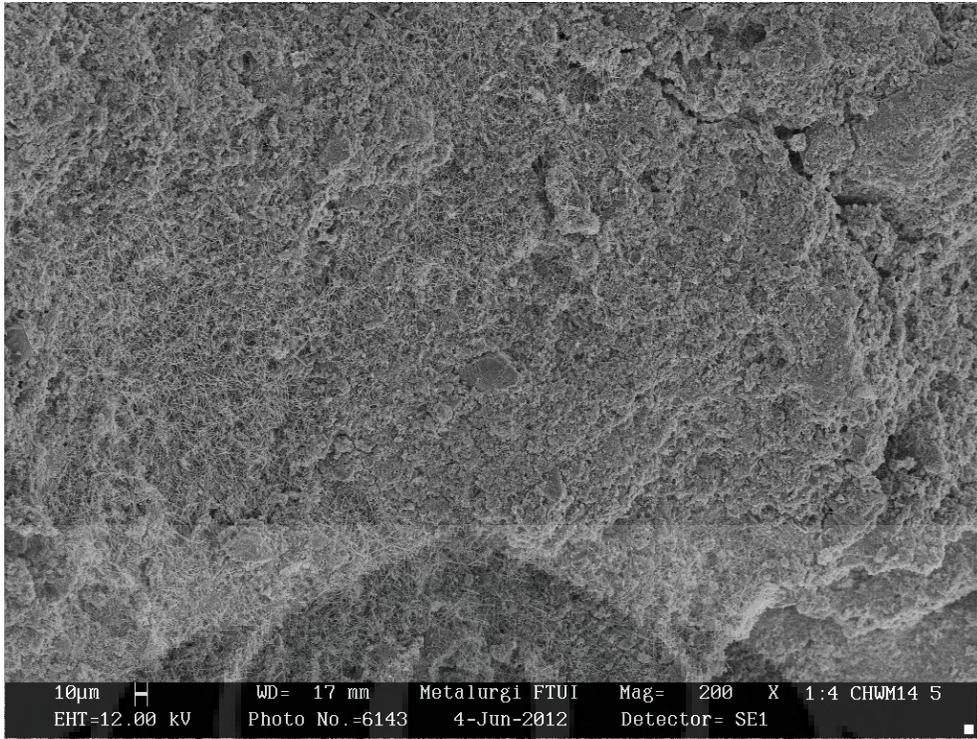
CHWM 124 (Perbesaran 100 X)



CHWM 125 (Perbesaran 1000 X)



CHWM 125 (Perbesaran 500 X)



CHWM 125 (Perbesaran 200 X)



CHWM 125 (Perbesaran 100 X)