



UNIVERSITAS INDONESIA

**KUAT TARIK LANGSUNG, KUAT TARIK LENTUR, SUSUT
DAN DENSITY MORTAR CAMPURAN SEMEN,
ABU SEKAM PADI, DAN PRECIOUS SLAG BALL
DENGAN PERSENTASE 30%; 30%; 40%**

SKRIPSI

ABDUL LATIEF

0806369064

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Abdul Latief

NPM : 0806369064

Tanda Tangan : 

Tanggal : 12 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh

Nama : Abdul Latief
NPM : 0806369064
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan
Density Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan
Precious Slag Ball Dengan Persentase 30%; 30%; 40%

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

DEWAN PENGUJI

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

Pembimbing II : Dr. Ir. Elly Tjahjono.S, DEA ()

Penguji I : Dr. Ir. Heru Purnomo ()

Penguji II : Dr. Ing. Ir. Josia Irwan R ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Desember 2010

SHEET OF APPROVAL

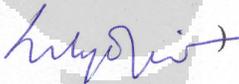
This final assignment submitted by :

Name : Abdul Latief
NPM : 0806369064
Title : Tensile strength, flexural strength, length change and density of mortar the mixture of cement, rice husk ash, and Precious Slag Ball with composition 30%; 30%; 40%

Have succeeded to be submitted in examiner board and accepteh as pastial fulfillment needed to obtain S1 Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

EXAMINER BOARD

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

Mentor II : Dr. Ir. Elly Tjahjono.S, DEA ()

Examiner I : Dr.Ir. Heru Purnomo ()

Examiner II : Dr.Ing.Ir. Josia Irwan R ()

Approved in : Depok

Dated : Desember 2010

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, tuhan penguasaha alam semesta dan isinya. Dengan rahmat, ridho dan kasih sayangnya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini, sebagai salah satu syarat untuk kelulusan Program Pendidikan Sarjana Ekstensi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia (PPSE – DTS – FTUI).

Begitu banyak masalah baik teknis atau non teknis yang muncul ketika selama penelitian di Laboratorium ataupun ketika penyusunan naskah skripsi, tanpa bantuan dari semua pihak yang terkait, tentunya semua ini belum tentu dapat diselesaikan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak sedalam – dalamnya kepada :

1. Allah SWT yang telah menciptakan alam semesta dan isinya, tanpa seizin dan seridhonya tentu pastinya skripsi saya ini pasti belum dapat diselesaikan.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan syafaatnya kepada umat manusia, tanpanya tentu saya disini masih dalam kesesatan dan kebutaan nurani.
3. Semua keluargaku tercinta, mama, ayah, dan adik – adikku, terima kasih untuk semua motivasi dan semua pengorbanan kalian selama ini.
4. Semua teman – teman seperjuangan di laboratorium dan pengerjaan naskah : nigos, rijal, bayu, ayu, bow, gideon, dan paksi. Maaf saya cuma menyusahkan kalian saja, terima kasih atas semuanya yang telah kalian berikan dan bantuannya.
5. Bu essy selaku pembimbing utama saya yang telah banyak membantu dan bu elly atas semua saran – saran sebelum sidang skripsi.
6. Pak bibin, keluarga dan staff PT. Hakiki yang banyak membantu dan sumbangan material bahannya.
7. Daden terima kasih atas kosannya yang telah selalu menjadi tempat istirahat setelah pengujian di lab dan kosan yang telah menjadi tempat untuk belajar dan mengerjakan skripsi.

8. Nigos terima kasih atas semua bantuan dan sarannya, dan rijal hassan terima kasih atas semua kerja sama dan telp – telp nya ketika sedang kesusahan. Terima kasih kawan.
9. Semua anggota geng mafioso kutek : budi, daden, rijal, joke, achi, endry, wisang, jepang, lany dan tia. Yang telah menjadi teman selama kuliah, belajar, jalan-jalan, nonton, main badminton, dll. Kalian adalah teman – teman terbaik saya selama di kampus ini. Terima kasih atas semuanya. Semoga persahabatan kita tidak akan putus walau semuanya sudah lulus dan sukses semua.....amiin.
10. Semua staff laboratorium material dan struktur universitas Indonesia: pak apri, pak supri, pak agus, pak idris, dll) atas semua bantuan selama penelitian di lab.
11. Semua teman – teman sekelas Sipil Ekstensi 2008 FTUI : daden, adji, budi, endri, nigos, rijal, gaga, kartika, lany, tia, wisang, achi, sari, anita, joke, jepang, bow, bayu, weddy, ayu, angga, affrizal, armando, riko, erin, ghea, ira, ida fitri, ida manurung, icut, ferial, dasdo, sony, ratih, yadi, sugeng, panggih, heru, maja, paksi, gideon dan yang lainnya yang tidak disebut. Semoga nanti kita dipertemukan lagi dilain waktu dalam kesuksesan masing – masing.
12. Semua teman belajar dan nongkrong hari sabtu : ilham, subhan, erik, indra, iren, diana, qiqi, vista, yuni, dll
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Saya berharap skripsi ini dapat membantu dan berguna untuk khalayak banyak maupun penelitian selanjutnya.

Depok, Januari 2011

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Abdul Latief

NPM : 0806369064

Program Studi : Teknik Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan Density Mortar
Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan
Persentase 30%; 30%; 40%**

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

Demikian pernyataan ini saya buat sebenarnya.

Dibuat di Depok

Pada tanggal 31 Januari 2011

Yang menyatakan,



(Abdul Latief)

ABSTRAK

Nama : Abdul Latief
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan Density Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan Persentase 30%; 30%; 40%

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik langsung, kuat tarik lentur, susut dan density dengan jumlah benda uji 250 buah.

Pada penelitian ini dipakai 2 tipe Portland Composite Cement (PCC), Precious Slag Ball (PSB) dan Abu Sekam Padi (ASP) dengan komposisi campuran : 30% PCC (Portland Composite Cement) – 30% ASP (Abu Sekam Padi) – 40% PSB (Precious Slag Ball).

Standar penelitian mengacu pada standar ASTM. Dari penelitian ini didapatkan kuat tarik langsung pada umur 28 hari sebesar 0.740 MPa untuk campuran PCC tipe 1 dan sebesar 0.641 MPa untuk campuran PCC tipe 2. Kuat tarik lentur pada umur 28 hari sebesar 1.750 MPa untuk campuran PCC tipe 1 dan sebesar 1.550 MPa untuk campuran PCC tipe 2. Nilai susut sebesar 0.0092 untuk campuran PCC tipe 1 dan sebesar 0.0088 untuk campuran PCC tipe 2. Density Sebesar 1.579 gr/cm^2 untuk campuran PCC tipe 1 dan sebesar 1.602 gr/cm^2 untuk campuran tipe 2.

Kata kunci :

Mortar, Abu Sekam Padi, Precious Slag Ball, Semen PCC, Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut, Density.

ABSTRACT

Name : Abdul Latief
Program Study : Civil Engineering
Title : Tensile and Flexural Strength, Length Change and Density of Cement Mortar Containing Rice Husk Ash and Precious Slag Ball using a composition of 30% Cement; 30% RHA; 40% PSB.

This research observing the tensile strength, flexural strength, length change and density of mortar cement done to 250 specimens.

In this research two resources of Portland Composite Cement (PCC) produced by 2 industries were used in mortar mixing composed with Precious Slag Ball (PSB) and Rice Husk Ash (RHA) in proportion of 30% PCC; 30% RHA; 40% PSB.

The terms used in this research relating to ASTM standards. The results from this research give value of tensile strength of 28 days type 1 and type 2 are 0.740 MPa and 0.641 MPa; Flexural strength of 28 days type 1 and type 2 are 1.750 MPa and 1.550 MPa; Shrinkage type 1 and type 2 are 0.0092 and 0.0088. Density type 1 and type 2 are 1.579 gr/cm² and 1.602 gr/cm².

Keyword :

Mortar, Rice Husk Ash, Precious Slag Ball, PCC Cement, Tensile Strength, Flexural Strength, Length Change, Density.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Hipotesa	5
1.5 Metode Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
II. LANDASAN TEORI	7
2.1 Mortar.....	7
2.1.1 Jenis Mortar	7
2.2 Bahan Pembentuk Mortar	8
2.2.1 Semen Portland Komposit	8
2.2.2 Abu Sekam Padi	9
2.2.3 Precious Slag Ball	11
2.2.4 Air	15
2.3 Sifat Mekanis Mortar Semen Keras	16
2.3.1 Kuat Tarik Langsung	16
2.3.2 Kuat Tarik Lentur	18
2.3.3 Uji Susut	19
2.3.4 Density	20

2.4	Penelitian Sebelumnya	21
2.4.1	Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Campuran 50 % Semen Portland Dan 50 % Abu Sekam Padi	21
III.	METODE PENELITIAN	23
3.1	Tempat Penelitian	25
3.2	Standart dan Bahan Baku Penelitian	25
3.3	Alat – Alat Penelitian	26
3.4	Pengujian Bahan Pembentuk Mortar	27
3.4.1	Pengujian jumlah bahan abu sekam padi yang lolos dalam saringan No. 200 (0,075 mm	27
3.5	Pemeriksaan Kualitas Mortar	28
3.5.1	Pemeriksaan Kualitas Mortar Segar	28
3.6	Prosedur Pembuatan Benda Uji	32
3.7	Pemeriksaan Kualitas Mortar	35
a.	Uji kuat tarik langsung	35
b.	Uji kuat lentur	38
c.	Uji Susut	41
d.	Pengujian density	44
IV.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Pendahuluan	45
4.2	Pengujian Agregat Halus	45
4.2.1	Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	45
4.3	Desain Campuran Mortar	48
4.3.1	Campuran 30% PCC tipe 1, tipe 2 dan 70% PSB	48
4.3.2	Campuran 30% PCC tipe 1, tipe 2 30 % ASP dan 40 % PSB	49
4.4	Pengujian Konsistensi Mortar	51
4.5	Pengujian Setting Time	51

4.6	Pengujian Kuat Tarik Langsung	60
4.6.1	Campuran 30% PCC tipe 1, 30 % ASP dan 40 % PSB..	60
4.6.2	Campuran 30% PCC tipe 2, 30 % ASP dan 40 % PSB..	62
4.6.3	Campuran 30% PCC tipe 1 dan 70 % PSB	64
4.6.4	Campuran 30% PCC tipe 2 dan 70 % PSB	66
4.7	Pengujian Kuat Tarik Lentur	67
4.8	Pengujian Kuat Susut	71
4.9	Pengujian Density	72
4.10	Pengaruh ASP Terhadap Kekuatan Mortar	74
4.11	Analisis Tegangan Pada Balok	75
4.12	Analisis Tegangan Pada Benda Uji Tarik	77
4.13	Perbandingan Tegangan Kuat Tarik Lentur dengan Kuat Tarik Langsung	78
4.14	Cara Perhitungan Susut	78
4.15	Cara Perhitungan Density	79
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	Proses Pembuatan Abu Sekam Padi	10
GAMBAR 2.2.	Keseluruhan Proses Pembakaran Abu Sekam Padi	10
GAMBAR 2.3.	Tungku Pembakaran Sekam	11
GAMBAR 2.4.	Ukuran PSB	12
GAMBAR 2.5.	Senyawa Penyusun PSB	13
GAMBAR 2.6.	Skema Pengolahan Precious Slag Ball	14
GAMBAR 2.7.	Cetakan Benda Uji Tarik Langsung	17
GAMBAR 2.8.	Grafik Hubungan Regangan Susut (ϵ_{sh}) terhadap waktu (t)	19
GAMBAR 2.9.	Pengujian Density	20
GAMBAR 3.1.	Flow Chart Metode Penelitian.....	24
GAMBAR 3.2.	Alat Pengujian Konsistensi	29
GAMBAR 3.3.	Proses pemasangan benda uji tarik langsung	35
GAMBAR 3.4.	Proses pembacaan pengujian tarik langsung	36
GAMBAR 3.5.	Proses setting beban pada alat uji	36
GAMBAR 3.6.	Proses pemasangan benda uji	37
GAMBAR 3.7.	Proses pemberian beban pada alat uji	37
GAMBAR 3.8.	Mesin Uji Tarik Lentur (Flexural Strength Testing Machine)	39
GAMBAR 3.9.	Alat Pengujian Lentur Manual	40
GAMBAR 3.10.	Proses Pengujian Lentur	41
GAMBAR 3.11.	Alat Pengujian Susut	42
GAMBAR 3.12.	Pengujian Density	44
GAMBAR 4.1.	Grafik pengujian analisa ayak abu sekam padi	46
GAMBAR 4.2.	Grafik pengujian analisa ayak Precious Slag Ball	47
GAMBAR 4.3.	Grafik Setting Time	53
GAMBAR 4.4.	Grafik Setting Time	55

GAMBAR 4.5. Grafik Setting Time	57
GAMBAR 4.6. Grafik Setting Time	59
GAMBAR 4.7. Grafik Distribusi normal chisquare	60
GAMBAR 4.8. Grafik Kuat Tarik Langsung	62
GAMBAR 4.9. Grafik Distribusi normal chisquare	62
GAMBAR 4.10. Grafik Kuat Tarik Langsung	64
GAMBAR 4.11. Grafik Kuat Tarik Langsung	65
GAMBAR 4.12. Grafik Kuat Tarik Langsung	67
GAMBAR 4.13. Grafik Kuat Tarik Lentur	68
GAMBAR 4.14. Grafik Kuat Tarik Lentur	69
GAMBAR 4.15. Grafik Kuat Tarik Lentur	70
GAMBAR 4.16 Reaksi Perletakan, Diagram Gaya Geser dan Momen Pada Balok AB	75
GAMBAR 4.17. Kelengkungan Positif dan Distribusi Tegangan Tarik dan Tekan Pada Balok	76
GAMBAR 4.18 Tegangan Normal Pada Segmen Benda Uji Tarik Setelah diberikan Beban	77

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi	11
TABEL 2.2. Perbandingan SAT sab dengan Metode Konvensional	12
TABEL 2.3. Komposisi Kimia Precious Slag Ball (PSB)	13
TABEL 2.4. Beberapa Pabrik Pengolahan PSB	14
TABEL 2.5. Klasifikasi Penggunaan PSB Dalam Proses Blasting	15
TABEL 3.1 Standar Penelitian	25
TABEL 3.2 Jumlah Benda Uji Campuran 30% PCC dan 70% PSB	34
TABEL 3.3 Jumlah Benda Uji Campuran 30% PCC; 30% ASP dan 70% PSB	34
TABEL 4.3 Jumlah Benda Uji Campuran 30% PCC; 30% ASP dan 70% PSB	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Seiring dengan kemajuan pembangunan yang terjadi di Indonesia, maka industri konstruksi di Indonesia pun ikut mengalami perkembangan, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas. Salah satu bentuk perkembangan industri konstruksi adalah semakin banyaknya proyek konstruksi yang dibangun. Hal tersebut tentu akan meningkatkan kebutuhan bahan baku utama konstruksi, salah satunya adalah semen. Dengan meningkatnya kebutuhan akan semen di pasaran, maka harga semen pun akan semakin tinggi. Ini tentu menjadi salah satu masalah, terutama di daerah-daerah yang tidak terdapat sumber bahan baku semen. Sehingga tidak heran harga semen di daerah tersebut sangat mahal. Hal ini tentu berdampak kepada terhambatnya pembangunan di daerah tersebut.

Dengan tidak meratanya sumber bahan baku konstruksi yang tersedia di Indonesia, maka akan menghambat perkembangan industri konstruksi di beberapa daerah yang minim bahan baku. Hal ini terus memicu para ahli teknik untuk mengembangkan suatu bahan yang dapat menggantikan atau mengurangi kebutuhan dari salah satu bahan baku konstruksi tersebut. Salah satunya adalah penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada mortar dan penggunaan *Precious Slag Ball* yang selanjutnya akan ditulis sebagai PSB.

Padi merupakan produk utama pertanian di negara-negara agraris, termasuk Indonesia. Beras yang merupakan hasil penggilingan padi menjadi makanan pokok penduduk Indonesia. Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi, dan selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran batu merah, pembakaran untuk memasak atau dibuang begitu saja. Maka sekam padi ini akan dimanfaatkan sebagai salah satu bahan tambahan dalam penelitian ini.

Dari hasil penelitian sebelumnya telah dilaporkan bahwa sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi, dan bervariasi dari 13 sampai 29% dari komposisi

sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar (*Hara, 1996; Krishnarao, et al., 2000*) dan kuat tekan pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi berada dinilai FAS 0,7 yaitu pada nilai kuat tekan $f_c' = 26,5$ MPa (*Diah Kusumantara, 2009.*) dan nilai paling umum kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi adalah 94% - 96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah (*Houston, 1972; Prasad, et al., 2000*). Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (400-800 °C) akan menghasilkan abu silika. Abu silika tersebut memiliki sifat hidrolis yang baik yang dapat meningkatkan daya ikat semen, sehingga dapat menghemat penggunaan semen dalam mortar.

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

Penggunaan abu sekam padi pada mortar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik agar didapatkan nilai sifat mekanik yang maksimal dari mortar. Untuk itu pada tugas akhir ini penulis mencoba untuk meneliti pengaruh pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada semen untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik sehingga dihasilkan campuran dengan sifat mekanik yang maksimal.

Baja merupakan salah satu bahan material yang banyak dipakai dalam pembangunan struktur konstruksi baik di Indonesia dan diluar negeri. Dalam proses produksi baja, terdapat sisa ampas baja yang tidak dapat digunakan lagi. Dengan meningkatnya produksi baja, maka sisa ampas baja itu juga akan meningkat seiring dengan produksi baja itu.

Ampas baja itu kemudian didaur ulang dengan sistem SAT (Slag Atomizing Technology), ampas baja yang semula berbentuk terak cair berubah menjadi PSB yang berbentuk bola bola kecil yang padat. PSB merupakan produk ramah lingkungan dengan struktur molekul yang stabil dari terak cair yang dihasilkan dalam proses pembuatan baja. (> 150 juta ton / tahun di seluruh dunia).

Seiring dengan banyaknya penggunaan baja dalam konstruksi, maka juga akan berdampak pada peningkatan produksi baja dan juga terak baja yang sudah menjadi PSB ini. Dan PSB hingga kini belum banyak dimanfaatkan kembali, sehingga hanya menumpuk digudang – gudang pabrik baja saja.

Penggunaan PSB pada mortar semen perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik agar didapatkan nilai sifat mekanik yang maksimal dari mortar semen. Untuk itu pada tugas akhir ini penulis mencoba untuk meneliti pengaruh pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada semen untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik sehingga dihasilkan campuran dengan sifat mekanik yang maksimal.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat mekanis pasta semen, menggunakan campuran *Portland Composite Cement (PCC)*, *Precious Slag Ball (PSB)* dan Abu Sekam Padi (ASP) dengan komposisi campuran :

- 30% PCC tipe 1 dan tipe 2 - 70% PSB.
- 30% PCC tipe 1 dan tipe 2 - 30% ASP - 40% PSB.

Adapun sifat-sifat mekanis yang diamati adalah

- Kuat tarik langsung mortar.
- Kuat tarik lentur mortar.
- Susut mortar.
- Density mortar.

1.3. BATASAN MASALAH

Dalam pembuatan Tugas Akhir penulis membatasi permasalahan dalam pengujian kedalam hal-hal dibawah ini :

- Semen yang digunakan pada pengujian sesuai dengan standar **SNI 15-0302-2004** untuk semen komposite pozzolan (PCC), sehingga sifat fisis dan mekanis semen dianggap telah sesuai dengan standar, sehingga tidak dilakukan pengujian lagi terhadap semen tersebut.
- Campuran yang akan digunakan akan dicari terlebih dahulu faktor air semen yang maksimum dengan cara trial & error. Hasil faktor air semen tersebut kemudian digunakan untuk faktor air semen pada proporsi campuran masing-masing.
- Menggunakan abu sekam padi yang di produksi sendiri oleh PT. Hakiki di daerah Indramayu.
- Menggunakan semen portland Tipe PCC (*Portland Composite Cement*).
- Menggunakan *Precious Slag Ball* (PSB) yang diolah oleh PT. Purna Baja Heckett.
- Tidak memeriksa reaksi kimia antar material yang dipakai dalam penelitian.
- Faktor Air Semen (FAS) yang akan di coba di uji pada komposisi air \pm 1,67 dari berat campuran semen.
- Benda uji mortar dengan bentuk persegi panjang, dengan ukuran 25 x 25 x 300 mm uji Kuat Susut.
- Benda uji mortar dengan bentuk persegi panjang, dengan ukuran 25 x 25 x 270 mm uji Kuat Tarik Lentur.
- Benda uji mortar dengan bentuk angka delapan untuk uji Kuat Tarik langsung.
- Melakukan uji kuat tarik langsung pada umur 28 hari
- Melakukan uji kuat tarik lentur pada umur 3,7,14,21,28,56 dan 90 hari
- Melakukan uji kuat susut
- Melakukan uji kuat tarik belah pada umur 28 hari

1.4. HIPOTESA

Abu sekam padi dapat menghemat penggunaan semen sebagai pasta yang digunakan sebagai acian atau plesteran pada bahan bangunan. Dan Precious Slag Ball (PSB) dapat meningkatkan kekuatan mortar.

1.5. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

- Pengumpulan data :
 - a. Studi perpustakaan/literatur
 - b. Studi dokumenter
- Eksperimental :

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

1.6. SISTEMATIKA PENELITIAN

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

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

BAB 2. LANDASAN TEORI

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

BAB 3. METODE PENELITIAN

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

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Menguraikan tentang data analisis pengujian agregat, pengujian kuat tarik lentur, kuat tarik langsung, susut kering dan density mortar.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mortar

Menurut SK SNI-111-1990-03 mendefinisikan mortar sebagai campuran semen, air dan agregat halus. Mortar adalah campuran yang terdiri dari bahan perekat, agregat halus dan air yang diaduk sampai homogen. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan), maupun semen portland.

Bahan dasar pembentuk mortar disini terdiri dari semen portland komposit, Abu Sekam Padi (ASP) dan Precious Slag Ball (PSB) sebagai agregat halus dan air.

2.1.1. Jenis Mortar

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

1. Mortar lumpur

Mortar lumpur diperoleh dari campuran pasir, lumpur atau tanah liat dengan air. Mortar jenis ini digunakan sebagai bahan tembok atau tungku api di pedesaan.

2. Mortar kapur

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Selama proses pelekatan kapur mengalami susut sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Kapur yang dapat digunakan adalah *fat lime* dan *hydraulic lime*.

3. Mortar semen

Mortar semen merupakan campuran semen, pasir dan air pada proporsi yang sesuai. Perbandingan volume semen dan pasir berkisar pada 1 : 2 sampai dengan 1 : 6 atau lebih tergantung penggunaannya. Mortar semen lebih kuat dari jenis mortar lain, sehingga mortar semen sering digunakan untuk tembok, pilar, kolom atau bagian-bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air, maka juga sering digunakan untuk bagian luar dan yang berada di bawah tanah. Dalam

adukan mortar atau mortor, air dan semen membentuk mortar yang disebut mortar semen. Mortar semen ini selain mengisi pori-pori diantara butir-butir agregat halus, juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak atau padat (Tjokrodimuljo 1996:5).

4. Mortar khusus

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

2.2 Bahan Pembentuk Mortar

Bahan dasar pembentuk mortar disini terdiri dari semen PCC, abu sekam padi, precious slag ball dan air pada mortar sedangkan untuk mortar normal hanya menggunakan semen portland PCC dan air saja.

2.2.1 Semen Portland Komposit

Berdasarkan SNI 15-7064-2004 tentang spesifikasi semen portland komposit (PCC) didefinisikan sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 - 35 % dari massa semen portland komposit.

Dari uraian tersebut maka semen PCC termasuk dalam kategori special blended cement tipe IP yang memiliki spesifikasi berbeda dengan *Ordinary Portland Cement* (OPC). Menurut Supartono (2001:12) bahan-bahan anorganik tersebut merupakan bahan-bahan mineral yang memiliki sifat pozzolanik atau

memiliki sifat pozzolan, yaitu bahan-bahan mineral yang unsur-unsurnya tidak memiliki sifat semen secara mandiri, namun bila bereaksi dengan kalsium-oksida dan air pada temperatur biasa, bisa membentuk senyawa yang mempunyai ciri-ciri semen (cementitious).

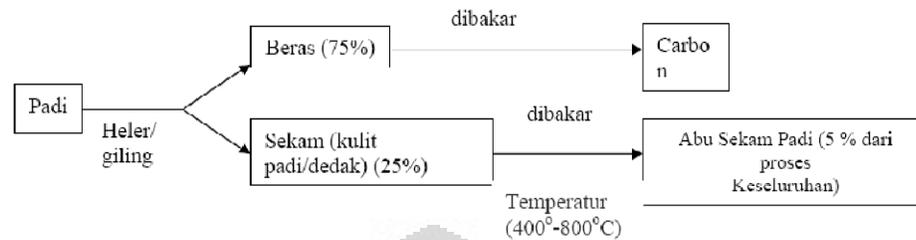
Keuntungan dari penambahan bahan pozzolan pada semen PCC antara lain adalah panas hidrasinya yang relatif rendah, dibandingkan dengan semen portland biasa, dan harganya relatif ekonomis. Walaupun kekuatan awalnya relatif rendah, namun dengan perawatan yang baik dan teratur bisa menghasilkan kekuatan akhir yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan semen portland normal. Disamping itu, karena sifat pozzolannya yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka ketahanan mortar yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, semen PCC pada umumnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen portland biasa.

Karena sifat-sifat tersebut, maka semen PCC dapat digunakan pada bangunan-bangunan yang memiliki massa besar seperti dam, atau komponen pondasi yang memiliki volume besar dan/atau dengan kondisi air tanah yang korosif, atau juga untuk bangunan sipil pada lingkungan yang agresif sulfat seperti dermaga dan bangunan-bangunan lain yang mengkondisikan panas hidrasi rendah dan tidak memerlukan kekuatan awal mortar yang tinggi.

2.2.2 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi 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 adalah silikat. Sekam padi mengandung kurang lebih 94-96% silika. Penambahan abu sekam padi (selanjutnya disebut ASP) pada mortar semen dapat meningkatkan kekuatan mortar melalui reaksi antara silika (SiO_2) pada abu sekam padi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang merupakan produk reaksi hidrasi semen untuk menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang memberikan kekuatan pada mortar.

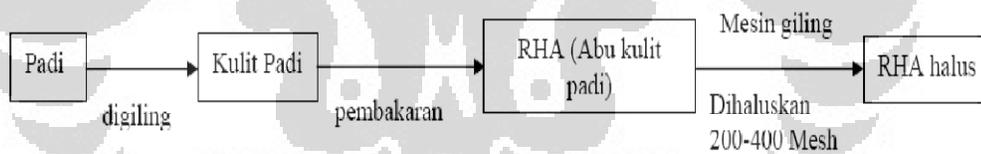
Proses Abu Sekam Padi



Gambar 2.1 . Proses Pembuatan Abu Sekam Padi

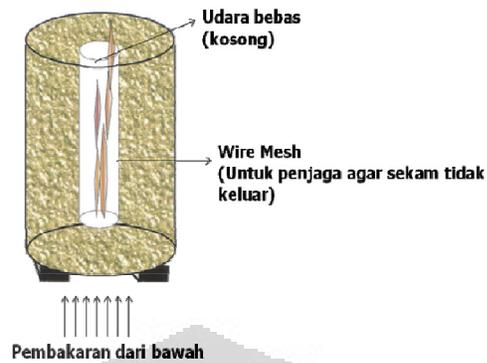
ASP diperoleh dengan menghaluskan abu sekam sampai lolos saringan 200. Sekam padi yang sudah dihaluskan tersebut dibakar sampai temperatur 400-800°C sesuai dengan kemampuan tungku (*furnace*) yang ada sehingga menjadi ASP.

Secara keseluruhan proses abu sekam :



Gambar 2.2. Keseluruhan Proses Pembakaran Abu Sekam Padi

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 2.3. Tungku Pembakaran sekam

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

Tabel.2.1. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

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

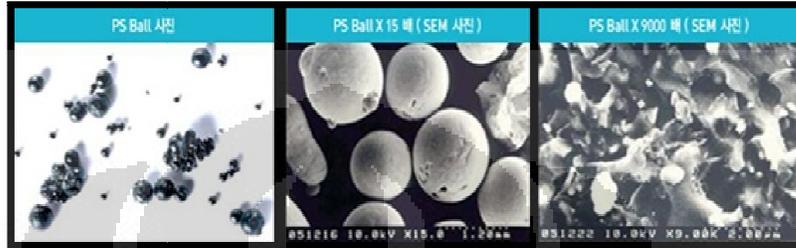
Sumber : uji sifat kimia abu sekam PT. Hakiki, juni 2009

2.2.3 Precious Slag Ball

Precious slag ball (selanjutnya disebut PSB) adalah produk yang ramah lingkungan dengan struktur molekul yang stabil dari terak cair yang dihasilkan proses pembuatan baja di pabrik peleburan baja. Dengan Bj = 2,42 dan hardness 7 Mohs.

Ukuran PSB yang terdapat di pasaran adalah :

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



Sumber : PT. Purna Baja Heckett.

Gambar 2.4 Ukuran PSB

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

Tabel 2.2. Perbandingan SAT sab dengan Metode Konvensional

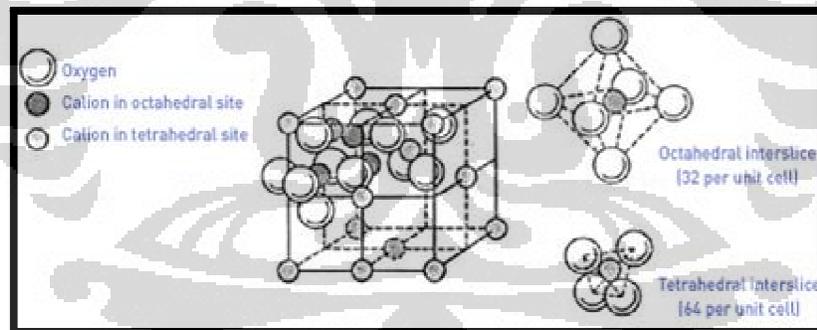
Deskripsi	SAT Sab	Metode Konvensional
Diproses terak	Barang berharga	Limbah
Kondisi kerja	Aman & Bersih	Debu, kebisingan, air limbah
Ruang penyimpanan	Kecil	Besar
Logam putih	Kemurnian tinggi	Kemurnian rendah
Aplikasi	Berbagai aplikasi	Land filling
Harga penjualan	Harga tinggi	Harga sangat rendah

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Precious Slag Ball (PSB)

Senyawa kimia	Komposisi (% berat)
Fe ₂ O ₃	38,40
CaO	30,10
SiO ₂	15,30
Al ₂ O ₃	5,30
MgO	6,50
MnO	2,20

Sumber : PT. Purna Baja Heckett.

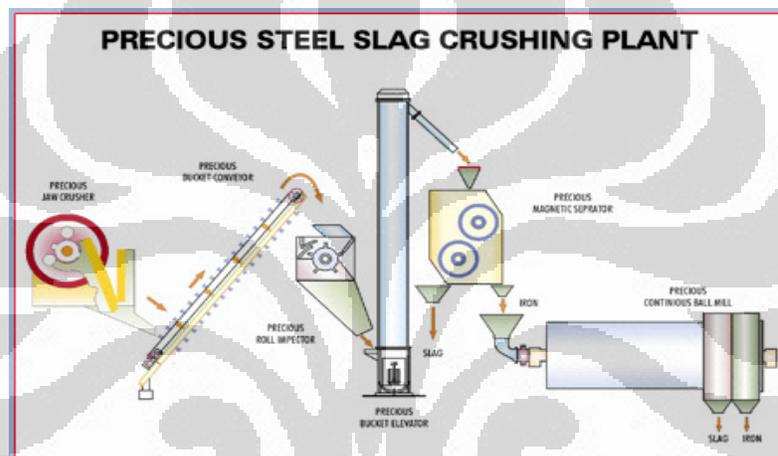
PSB diproses dengan SAT struktural stabil, ion PSB dipisahkan dalam bentuk ion sebagai senyawa oksida stabil di Struktur Spinel. Struktur spinel dengan rumus kimia umum AB₂O₄ adalah struktur berbentuk segi delapan sebagai ilustrasi di mana atom oksigen hampir penuh dengan kubus clisepacked kemasan, yaitu struktur dengan atom B sekitar atom oksigen 6 di segi delapan dan dengan sebuah atom sekitar 4 atom oksigen.

**Gambar 2.5** Senyawa penyusun PSB

Ilustrasi di atas menunjukkan bahwa analisis XRD dari terak tungku (PSB) didinginkan dengan kecepatan tinggi udara, pembentukan dikalsium ferit (2CaO. Fe₂O₃) dan Larnite (β -2CaO · SiO₂) yang dapat senyawa CaO akan teridentifikasi.

Tabel 2.4. Beberapa Pabrik Pengolahan PSB

Pabrik baja	Negara
Mittal steel	Afrika selatan
Ann joo steel	Malaysia
Krakatau steel (dioperasikan oleh PT.Purna baja Heckett)	Indonesia

**Gambar 2.6.** Skema Pengolahan Precious Slag Ball

Pada tahap pertama terak dihancurkan dalam Crusher Jaw dan diangkat melalui conveyor ke pabrik impector Roll. Pada tahap kedua dilakukan proses penghancuran dan hasilnya dibawa ke gerbong dengan bantuan lift bucket, kemudian dilakukan penyebaran material di dua tahap pemisah magnetik, dimana sebagian besar logam sedang dipisahkan pada tahap pertama sedangkan sisanya dipisahkan pada tahap kedua. Terak yang telah dihancurkan dikumpulkan menjadi suatu timbunan sementara, lalu dibawa ke pabrik, untuk memisahkan partikel kecil dan logam.

Selain untuk surface layer pada jalan, PSB juga dapat digunakan dalam proses blasting, yaitu proses penghancuran karat yang dilakukan dengan menyemprotkan PSB cair ke tempat yang akan dibersihkan.

Tabel 2.5. Klasifikasi Penggunaan PSB Dalam Proses Blasting

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

Sumber www.ecomaister.com

2.2.4 Air

Air merupakan bahan penyusun mortar air yang berfungsi memungkinkan reaksi kimia pada semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, membasahi agregat dan sebagai pelumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya.

Syarat air yang digunakan untuk campuran mortar adalah sebagai berikut :

1. Air tidak mengandung lumpur, minyak, benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Air tidak mengandung benda – benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
3. Air tidak mengandung garam – garam yang dapat larut dan dapat merusak mortar (asam – asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Bila air meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.

Jumlah air yang diperlukan dipengaruhi oleh faktor-faktor ini :

1. Ukuran agregat maximum : Diameter semakin besar maka kebutuhan air akan semakin sedikit.

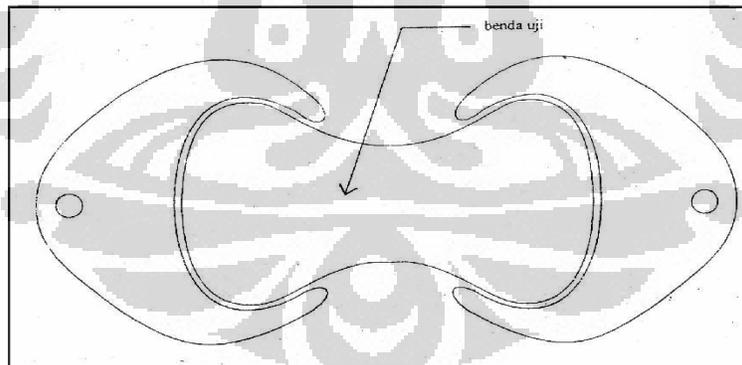
2. Bentuk butir : Bentuk butir semakin banyak yang bulat maka kebutuhan air akan semakin sedikit.
3. Gradasi agregat : semakin baik gradasinya maka semakin sedikit kebutuhannya akan air.
4. Kotoran dalam agregat : Semakin banyak silt, tanah liat, dan lumpur maka semakin banyak kebutuhan airnya.

2.3 Sifat Mekanis Mortar Semen Keras

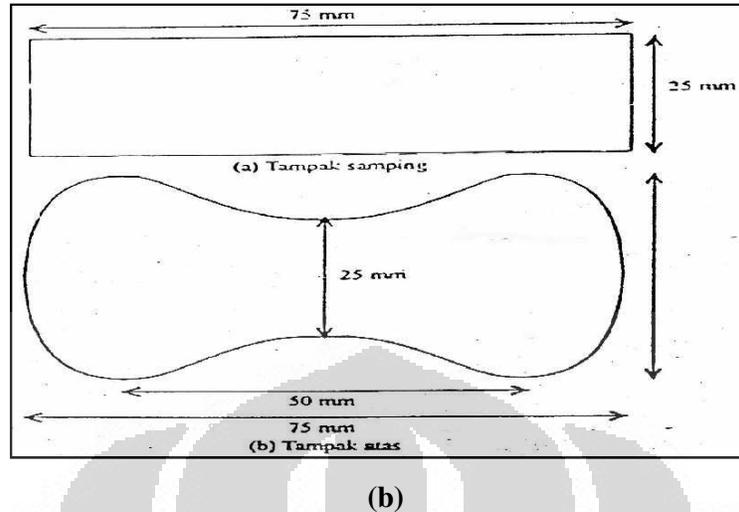
Sifat mekanis yang terdapat pada mortar akan dibahas dalam pembahasan berikut ini, diantaranya adalah pembahasan masalah uji kuat tarik langsung, uji kuat tarik lentur, dan uji susut pada mortar.

2.3.1 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*.



(a)



Gambar 2.7. (a) Cetakan Benda Uji Tarik Langsung
(b) Tampak Atas dan Samping Benda Uji 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.

Nilai kuat tarik langsung mortar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

f_{ct} = kuat tarik mortar semen (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

2.3.2 Kuat Tarik Lentur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur pada mortar yang telah mengeras. Salah satu metode untuk pengujian kuat lentur adalah one point loading, dimana satu beban garis P diberikan tepat pada tengah bentang. Besarnya beban garis P yang dicatat pada pengujian ini adalah beban pada saat benda uji patah.

Nilai kuat tekan lentur dihitung dari harga momen di posisi retak dibagi dengan momen statis penampang balok dengan rumus sebagai berikut :

Nilai kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kuat lentur mortar } (\sigma_{lt}) = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (\text{N/mm}^2 \text{ atau } \text{kg/cm}^2)$$

Dimana :

P = Beban maksimum (N atau kg)

l = Jarak tumpuan (cm atau mm)

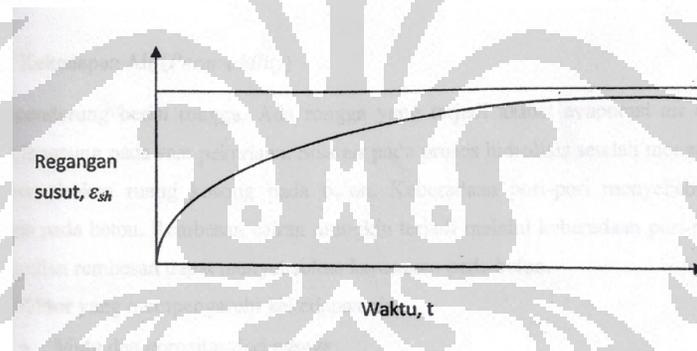
b = Lebar benda uji (cm atau mm)

h = Tinggi benda uji (cm atau mm)

2.3.3 Uji susut (shrinkage)

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

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



Gambar 2.8. Grafik Hubungan Regangan Susut (ϵ_{sh}) terhadap waktu (t)

Faktor- faktor yang mempengaruhi penyusutan antara lain:

- ❖ kualitas dan komposisi masing-masing material penyusun.
- ❖ Kondisi curing
- ❖ kelembapan udara sekitar.

Nilai susut mortar dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

- L_1 = pembacaan panjang benda uji pada tiap umur pengujian
 L_0 = pembacaan panjang benda uji pada umur 24 jam

2.3.4 Density

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

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

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

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

Dimana : W = massa benda uji (kg)

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



Gambar 2.9 Pengujian Density

2.4 Penelitian Sebelumnya

Abu sekam padi merupakan suatu bahan campuran mortar atau beton yang cukup baru dalam dunia konstruksi Indonesia pada khususnya. Namun telah banyak peneliti yang meneliti tentang abu sekam padi, beberapa diantaranya :

2.4.1 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Campuran 50 % Semen Portland Dan 50 % Abu Sekam Padi.

❖ Diah Kusumantara (2009)¹

Penambahan abu sekam padi terhadap semen dimana berat abu sekam padi sama dengan berat semen yaitu 50 % abu sekam padi dicampurkan dengan 50 % semen, variasi pasta semen campuran yang tercipta dibedakan berdasarkan faktor air semen (FAS) yaitu FAS 0,6 ; 0,7 dan 0,8 terhadap berat jenis pasta, ternyata kuat tekan pasta semen campuran abu sekam padi mengalami penurunan terhadap pasta semen normal. Dimana kuat tekan pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi berada dinilai FAS 0,7.

Berikut ini merupakan data kuat tekan pasta semen yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium.

- ❖ f_c' dengan FAS 0,6 pasta campuran abu sekam padi = 24,2 MPa, mengalami penurunan 74,31 % terhadap f_c semen normal.
- ❖ f_c' dengan FAS 0,7 pasta campuran abu sekam padi = 26,5 MPa, mengalami penurunan 71,86 % terhadap f_c semen normal.
- ❖ f_c' dengan FAS 0,8 pasta campuran abu sekam padi = 20,84 MPa, mengalami penurunan 77,87 % terhadap f_c semen normal.

Penambahan abu sekam padi terhadap semen yang dimana berat abu sekam padi sama dengan berat semen yaitu 50 % abu sekam padi dicampurkan dengan 50 % semen, dimana variasi pasta semen campuran yang tercipta dibedakan berdasarkan faktor air semen (FAS) yaitu FAS 0,6; 0,7 dan 0,8 terhadap berat jenis pasta, ternyata kuat tarik pasta semen campuran abu sekam padi mengalami penurunan terhadap pasta semen

¹ Skripsi Universitas Indonesia ' Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Campuran 50% Semen Portland dan 50% Abu Sekam Padi'

normal. Dimana kuat tarik pasta semen campuran abu sekam padi tertinggi berada dinilai FAS 0,7

- ❖ fct dengan FAS 0,6 pasta campuran abu sekam padi = 0,576 MPa, mengalami penurunan 44,93 % terhadap f ct pasta semen normal.
- ❖ fct dengan FAS 0,7 pasta campuran abu sekam padi = 0,653 MPa, mengalami penurunan 37,57 % terhadap f ct pasta semen normal.
- ❖ fct dengan FAS 0,8 pasta campuran abu sekam padi = 0,531 MPa, mengalami penurunan 49,24 % terhadap f ct pasta semen normal.

Penambahan abu sekam padi dalam campuran pasta semen, dapat menurunkan kekuatan beton baik kuat tekan maupun kuat tarik jika dibandingkan terhadap pasta semen normal. Hal itu dapat dilihat pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kekuatan pasta semen pada umur 28 hari.

Pada pasta semen campuran abu sekam padi dengan faktor air semen 0,6 dapat menurunkan kekuatan tekan pasta semen sebesar 74,31 % terhadap pasta semen normal, hal itu juga terjadi pada pasta semen campuran abu sekam dengan FAS 0,7 mengalami penurunan sebesar 71,86 % serta pasta semen campuran abu sekam dengan FAS 0,8 mengalami penurunan sebesar 77,87 % .

Namun dapat dilihat disini penurunan yang paling kecil bila dibandingkan dengan pasta semen campuran abu sekam yang lain terdapat di nilai FAS 0,7. Begitu juga dengan kekuatan tarik pasta semen yang mengalami penurunan sebesar 44,93 % terhadap pasta semen normal pada pasta semen campuran abu sekam di FAS 0,6 hal itu juga terjadi pada pasta semen campuran abu sekam dengan FAS 0,7 mengalami penurunan sebesar 37,57 % serta pasta semen campuran abu sekam dengan FAS 0,8 mengalami penurunan sebesar 49,24 % pada kuat tariknya.

Kuat tekan pasta semen mempunyai hubungan yang sejalan dengan kuat tarik pasta semen. Penurunan kekuatan tekan pasta semen akibat adanya penambahan abu sekam padi dalam campuran pasta semen, juga diikuti dengan penurunan kekuatan tarik pasta semen.

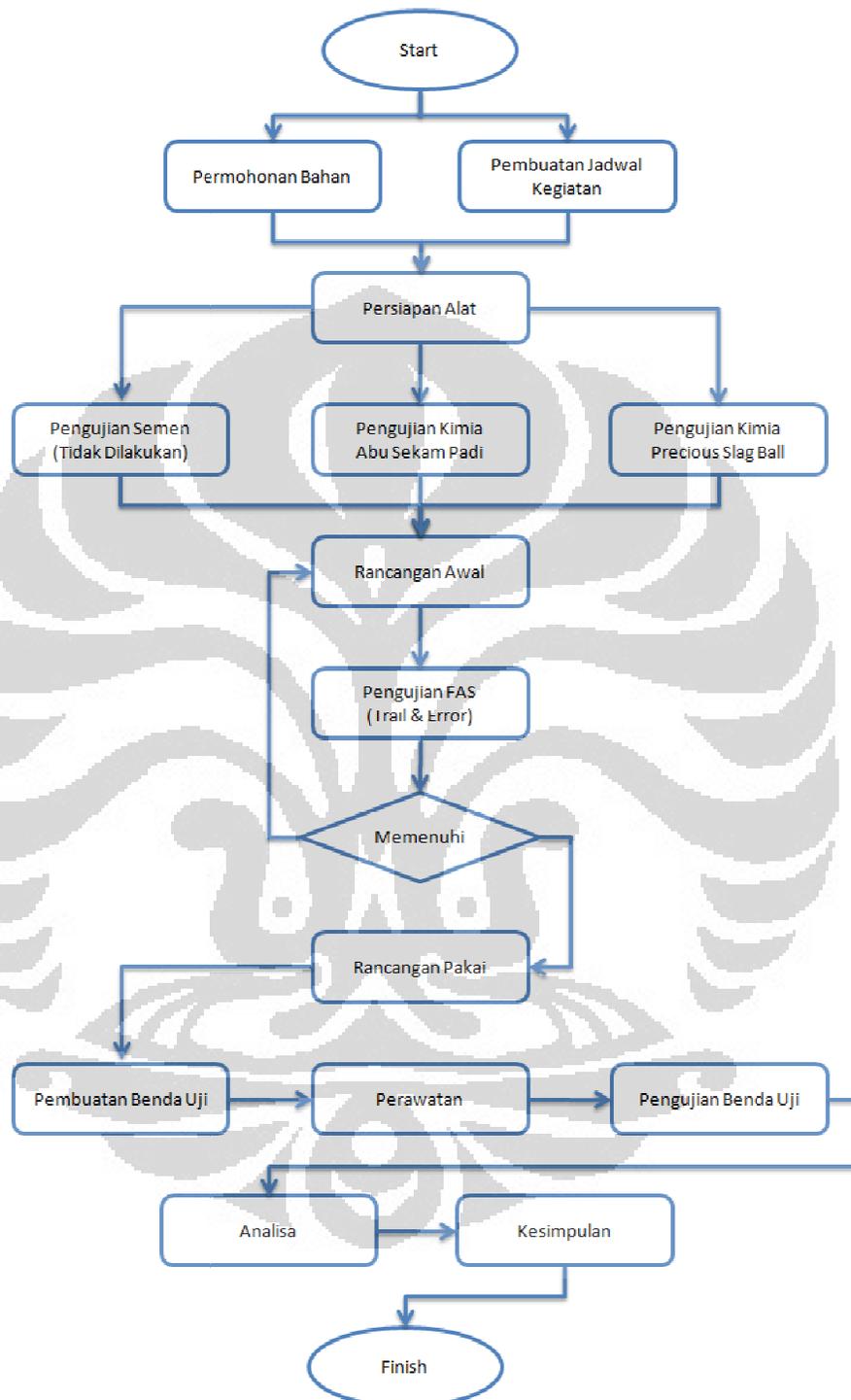
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian di laboratorium sesuai dengan standar yang berlaku. Metode penelitian yang digunakan adalah mencari mix design yang paling tepat pembentuk benda uji dari mortar semen komposite pozzolan (PCC), abu sekam padi dan *Precious Slag Ball* (PSB). *Mix design* yang akan dilakukan akan meninjau perbandingan berat semen PCC, abu sekam padi, dan PSB sehingga menghasilkan sifat kuat tarik langsung, kuat lentur, kuat tarik belah dan susut yang baik dari mortar semen PCC dengan variasi perbandingan berat 30% Semen PCC : 30% Abu Sekam Padi : 40% PSB.

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

Setelah didapatkan kadar FAS (faktor air semen) yang sesuai maka dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tarik langsung, pengujian kuat lentur, pengujian kuat tarik belah dan pengujian susut. Setelah itu dilakukan perawatan benda uji. Benda uji akan di test sesuai dengan umur pengujiannya, yang kemudian akan dianalisa dan dibuat kesimpulannya. Semua tahapan-tahapan proses penelitian ini dibuat flow chart seperti dibawah ini. Setelah selesai dilanjutkan dengan analisa dan kemudian kesimpulan dari penelitian ini. Dapat disimpulkan flow chart dari penelitian yang akan dilakukan dibuat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Flow Chart Metode Penelitian

3.1 Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. dan Laboratorium Metalurgi dan Material Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

3.2 Standar dan Bahan Baku Penelitian

Seluruh rangkaian penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material FT UI Depok dengan memakai standar dengan perincian sebagai berikut: Pengujian dilakukan berdasarkan peraturan :

a. ASTM

Tabel 3.1. Standar Penelitian

Pengujian	Standar
Kuat Tarik Langsung	ASTM C 307-03
Kuat Lentur	ASTM C 580 - 02
Susut	ASTM C 490-0.4
Density	ASTM C-905-01

Bahan utama pembentuk beton yang digunakan adalah :

a. Semen

- Jenis : Semen PCC
- Merk : 1. Semen Tiga Roda

2. Holcim

b. Abu sekam padi

- Asal : Indramayu
- Sumber : PT. HAKIKI

c. PSB

- Ukuran : 0.20 mm - 0.60 mm
- Sumber : PT. HAKIKI

d. Air

- Jenis : Air PAM
- Sumber : Laboratorium Stuktur dan Material

3.3 Alat – Alat Penelitian

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian meliputi :

1. Timbangan

Timbangan kapasitas 10 kg, digunakan untuk mengukur berat contoh mortar.

2. Gelas ukur

Gelas ukur volume 50 ml, 100 ml, 250 ml, 1000 ml, digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk adukan mortar semen.

3. Baskom dan cawan

Baskom digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan bahan susun adukan mortar semen.

4. Sendok spesi

Sendok spesi digunakan untuk mengaduk mortar semen

5. Cetakan mortar

- Cetakan angka delapan mortar untuk pengujian kuat tarik langsung
- Cetakan persegi ukuran 25 mm x 25 mm x 270 mm untuk uji kuat tarik lentur.
- Cetakan persegi dengan ukuran 25 mm x 25 mm x 300 mm untuk pengujian susut.
- Cetakan kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yang digunakan untuk pengujian density.

6. Jangka sorong.

Jangka sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji

7. Mesin aduk mortar

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

8. Alat uji tarik langsung, tarik lentur, tarik belah dan uji susut

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

Alat yang digunakan untuk setting time

3.4 Pengujian Bahan Pembentuk Mortar

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap abu sekam, sedangkan semen, PSB dan air tidak dilakukan pengujian.

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

a. Tujuan

Untuk menentukan jumlah bahan abu sekam padi 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)

3.5 Pemeriksaan Kualitas Mortar

3.5.1 Pemeriksaan Kualitas Mortar Segar

3.5.1.1 Pengujian Konsistensi (FAS)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian konsistensi normal dengan flow table sesuai **ASTM C-305-82** yang digunakan untuk menentukan jumlah air yang optimum agar menghasilkan mortar yang mudah dikerjakan. Jumlah air yang digunakan untuk campuran mortar erat sekali hubungannya dengan sifat kemudahan dan kemudahan untuk dikerjakan. Karena konsistensi/kelecekan 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 kelecekan (konsistensi normal). Untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi normal dalam suatu mortar, perlu dilakukan suatu pengujian.

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

1. Peralatan dan bahan:





Gambar 3.2. Alat Pengujian Konsistensi (FAS)

- A. Mesin pengaduk mortar
- B. Flow Table
- C. Cetakan, tumbukkan dan jangka sorong

a. Alat – alat yang digunakan :

- Mesin pengaduk mortar
- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Gelas ukur
- Peralatan flow table lengkap dengan jangka sorong
- Stopwatch
- Cawan
- Sendok aduk
- Spatula
- Sarung tangan

b. Bahan yang digunakan :

- Semen PCC tipe 1 dan tipe 2
- PSB
- ASP
- Air

2. Prosedur Pengujian

a. Pembuatan Mortar

- Membuat total berat campuran sebesar 500 gram, maka untuk campuran 30 % PCC dan 70 % PSB, maka semen sebanyak 150 gram dan PSB sebanyak 350 gram, dan untuk campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB, maka semen sebanyak 150 gram, ASP sebanyak 150 gram dan PSB sebanyak 200 gram.
- Menakar air dengan cara coba – coba sebesar 0.3 berat semen.

- Letakkan mangkuk pengaduk dan pengaduk pada posisinya dalam mesin pengaduk.
- Masukkan semua air pengaduk ke dalam mangkuk pengaduk.
- Tambahkan semen ke dalam mangkuk pengaduk.
- Jalankan pengaduk pada kecepatan rendah (140 ± 5 rpm) selama 30 detik.
- Tanpa mematikan mesin masukkan ASP dan PSB perlahan-lahan masing – masing selama 30 detik. Hentikan mesin pengaduk lalu pindah kekecepatan sedang (285 ± 5 rpm) dan jalankan selama 30 detik.
- Hentikan mesin pengaduk biarkan mortar dalam mangkuk pengaduk selama 90 detik. Bersihkan mortar yang menempel pada dinding mangkuk.
- Aduk kembali mortar dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Mortar yang menempel pada dinding mangkuk di dorong ke bawah.

b. Penentuan Konsistensi

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

3. Perhitungan

- Menggunakan jangka sorong :
Ukur diameter mortar setelah pengujian (diketuk), pada 4 (empat) tempat, lalu di rata-ratakan D1 mm

$$\text{Nilai Flow} = \frac{D1 - D0}{D0} \times 100\%$$

$$D1 = \frac{Da + Db + Dc + Dd}{4} \text{ (mm)}$$

$Da-Dd$ = diameter mortar pada empat posisi.

$D0$ = Diameter awal (dasar kerucut/cetakan) (mm)

➤ Menggunakan Caliper khusus :

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

$$\text{Nilai Flow} = \frac{Da + Db + Dc + Dd}{4} \text{ (\%)}$$

Catatan :

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

3.5.1.2 Setting Time (Berdasarkan ASTM C 1117 – 89)

a. Tujuan

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

b. 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. Stop watch
8. Mistar perata

c. Prosedur Pengujian

- b. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas
- c. Ambil beton segar dan ayak dengan saringan 4,75 mm diatas kubus yang telah dipersiapkan hingga mencapai ketinggian sekitar 2 cm dibawah batas atas cetakan kubus.
- d. Ketuk-ketuk bagian samping cetakan sehingga tidak ada lagi udara yang terperangkap dan untuk meratakan permukaannya.
- e. Letakkan benda uji diruang lembab sampai mortar semen cukup keras.
- f. Tekan batang penetrometer menggunakan ujung dengan ukuran terbesar sampai mencapai batas tanda yang terdapat dalam batang tersebut.
- g. Ulangi lagi penekanan dengan interval waktu yang semakin dekat.
- h. Ganti ujung mata batang tersebut dengan diameter yang lebih kecil jika penekanan terasa sulit.
- i. Penekanan selesai jika tekanan telah mencapai 500 psi untuk waktu ikat awal dan 4000 psi untuk waktu ikat akhir.
- j. Buat kurva atau grafik dari hasil pemeriksaan waktu ikat awal beton.

d. Perhitungan

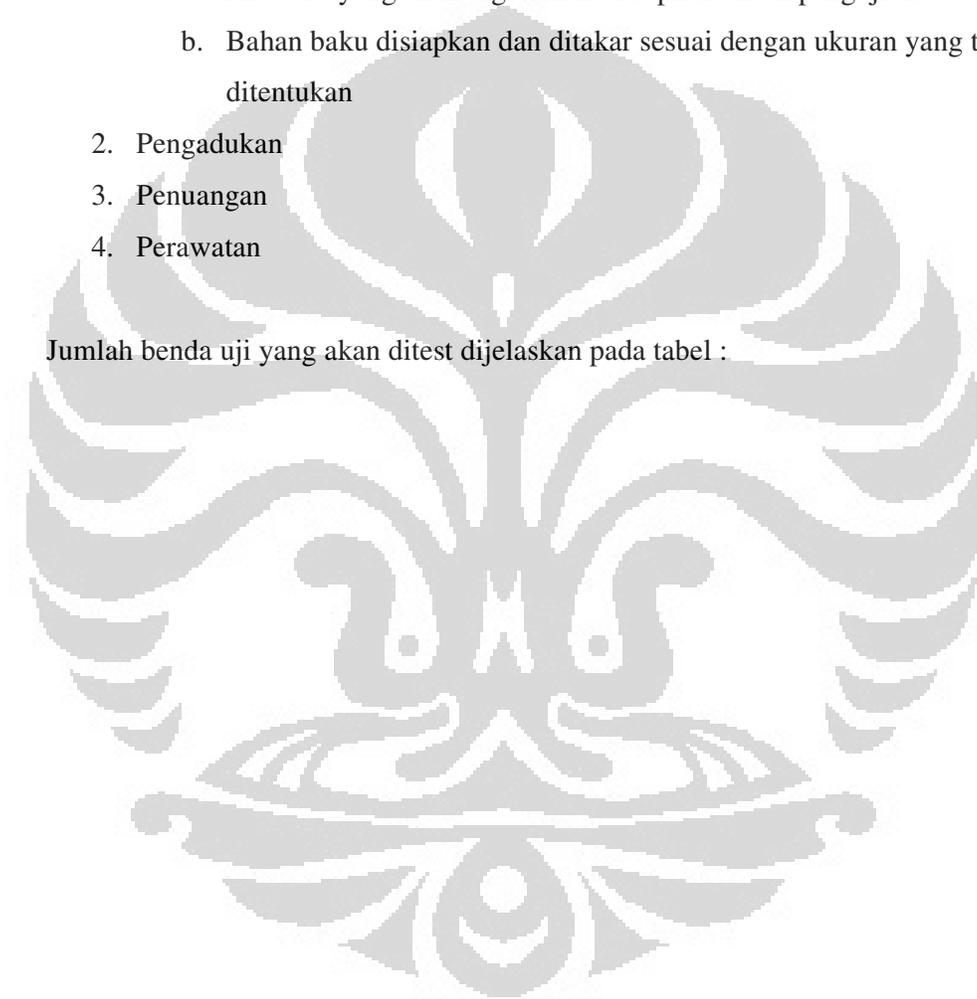
Angka yang terbaca pada tongkat penetrometer dibagi dengan ukuran ujung penusuk yang digunakan. Ukuran mata penusuk: 1', 1/2', 1/4', 1/10', 1/20'. Perhitungan penetrasi resisten dengan waktu yang dilalui menggunakan persamaan analisa regresi linear.

3.6 Prosedur Pembuatan Benda Uji

Material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu, alat yang digunakan dalam pengadukan yaitu sebuah ember besar karena kapasitasnya besar dan mudah dalam pengadukan.. Pada penelitian ini, prosedur pembuatan benda uji terdiri dari empat tahapan yaitu :

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
3. Penuangan
4. Perawatan

Jumlah benda uji yang akan ditest dijelaskan pada tabel :



Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Campuran 30 % PCC tipe 1 dan tipe 2, 70 % PSB

No	Jenis Pengujian	Ukuran Benda Uji	Faktor Air Semen	Faktor Air Mortar	Jenis semen	Umur Pengujian						Total	
						3	7	14	21	28	56		90
						Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari		Hari
1	Kuat Tarik Langsung	Angka delapan	0.33	0.1	Tipe 1					20			20
					Tipe 2					20			20
2	Kuat Tarik Lentur	25x25x270	0.33	0.1	Tipe 1	5	5	5	5	5	5	5	35
					Tipe 2	5	5	5	5	5	5	5	35
3	Susut	25x25x300	0.33	0.1	Tipe 1							5	5
					Tipe 2							5	5
Total											120		

Tabel 3.3 Jumlah Benda Uji Campuran 30 % PCC tipe 1 dan tipe 2, 30 % ASP dan 70 % PSB

No	Jenis Pengujian	Ukuran Benda Uji	Faktor Air Semen	Faktor Air Mortar	Jenis semen	Umur Pengujian						Total	
						3	7	14	21	28	56		90
						Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari		Hari
1	Kuat Tarik Langsung	Angka delapan	1.67	0.5	Tipe 1					20			20
					Tipe 2					20			20
2	Kuat Tarik Lentur	25x25x270	1.67	0.5	Tipe 1	5	5	5	5	5	5	5	35
					Tipe 2	5	5	5	5	5	5	5	35
3	Susut	25x25x300	1.67	0.5	Tipe 1							5	5
					Tipe 2							5	5
Total											120		

3.7 Pemeriksaan Kualitas Mortar

a. Uji kuat tarik langsung

Pengujian kuat tarik langsung mortar semen dilakukan pada saat mortar semen telah berumur 28 hari. Pengujian kuat tarik dilakukan pada 20 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**.

1. Persiapan pengujian

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

2. Cara pengujian

Pengujian Tarik Langsung dilakukan dengan 2 cara, yakni

2.1 Benda uji dengan campuran 30 % PCC dan 70 % PSB dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Material dengan mesin tarik yang bernama *SERVO PULSER*. Langkah percobaan :

- a. Letakkan benda uji pada mesin tarik



Gambar 3.3. Proses pemasangan benda uji tarik langsung

- b. Letakkan kertas pembacaan di mesin tarik



Gambar 3.4. Proses pembacaan pengujian tarik langsung

- c. Setting beban pada mesin dan jalankan mesin



Gambar 3.5. Proses setting beban pada alat uji

2.2 Benda uji dengan campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB

dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material dengan mesin tarik

langsung manual. Langkah percobaan :

- a. Letakan benda uji pada mesin tarik.



Gambar 3.6. Proses pemasangan benda uji

- b. Karena pengujian tarik masih manual, maka berikan beban pada alat uji tarik tahap demi tahap dengan beban 100 Newton pada setiap penambahannya.



Gambar 3.7. Proses pemberian beban pada alat uji

- c. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- d. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

3. Perhitungan Kuat Tarik Langsung

Nilai kuat tarik yang diperoleh dihitung dari besar beban tarik maksimum (P) dibagi dengan luas penampang yang terkecil (mm^2). Besarnya kuat tarik mortar semen dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

f_{ct} = kuat tarik mortar semen (kg/cm^2 atau N/mm^2)

P = beban tekan (N atau kg)

A = luas bidang tekan (cm^2 atau mm^2)

b. Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur mortar dilakukan pada saat mortar telah berumur 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 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-580-02.

Pengujian kuat tarik lentur dilakukan dengan 2 cara, untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC dan 70 % PSB dilakukan dengan mesin uji tarik lentur (*Flexural Strength Testing Machine*). Dan untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB dengan mesin uji tarik manual.

b.1. Benda uji dengan campuran 30 % PCC dan 70 % PSB

a. Peralatan:

Mesin Uji tarik Lentur (*Flexural Strength Testing Machine*) Beton dengan kapasitas 100 kN yang terdapat di Laboratorium Struktur dan Material Universitas Indonesia



Gambar 3.8. Mesin Uji tarik Lentur (*Flexural Strength Testing Machine*)

- b. Persiapan pengujian
 - a. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
 - b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
 - c. Benda uji sudah siap untuk diperiksa.
- c. Cara pengujian
 - a. Letakan benda uji pada alat bantu uji lentur.
 - b. Tempatkan benda uji pada posisi dan simetris terhadap bearing block.
 - c. Lakukan pembebanan dimana posisi balok berada tepat di tengah diantara dua perletakkan (support).
 - d. Jalankan mesin sehingga memberikan pembebanan yang merata dan terus menerus pada benda uji.
 - e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
 - f. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

b.2. Benda uji dengan campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB

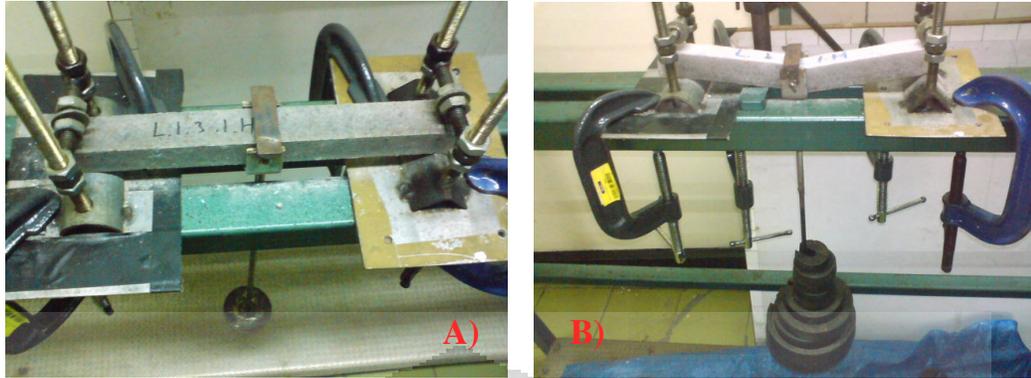
- a. Peralatan:

Mesin Uji tarik lentur manual yang terdapat di Laboratorium Struktur dan Material Universitas Indonesia



Gambar 3.4. Alat Pengujian Lentur Manual

- b. Persiapan pengujian
 - a. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
 - b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
 - c. Benda uji sudah siap untuk diperiksa.
- c. Cara pengujian
 - a. Letakan benda uji pada alat uji kuat tarik lentur.
 - b. Tempatkan benda uji pada posisi dan simetris terhadap bearing block.
 - c. Lakukan pembebanan dimana posisi balok berada tepat di tengah diantara dua perletakkan (support).
 - d. Karena pengujian tarik masih manual, maka berikan beban pada alat uji tarik lentur tahap demi tahap dengan beban 1 Newton pada setiap penambahannya.
 - e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
 - f. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.



Gambar 3.10. Proses Pengujian Lentur

- A. Sebelum pembebanan
- B. Setelah pembebanan

Perhitungan kuat tarik lentur

Nilai kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kuat lentur mortar } (\sigma_{lt}) = \frac{P}{bh} \quad (\text{N/mm}^2 \text{ atau kg/cm}^2)$$

Dimana :

- P = Beban maksimum (N atau kg)
- l = Jarak tumpuan (cm atau mm)
- b = Lebar benda uji (cm atau mm)
- h = Tinggi benda uji (cm atau mm)

c. Uji Susut

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai besar susut muai mortar. Uji susut dilakukan dengan membuat mortar dalam bentuk persegi panjang ukuran 25 x 25 x 300 mm (Berdasarkan ASTM C490-04). Test uji susut dilakukan dari umur 1 hari sampai 90 hari.

1. Persiapan pengujian

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

2. Alat dan bahan



A)



B)



C)

Gambar 3.6. Alat Pengujian Susut

- a. Alat uji susut
- b. Cetakan susut dan penumbuk
- c. Termometer digital

Alat yang digunakan:

- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Gelas ukur
- Cetakan dengan ukuran 25 x 25 x 300 mm
- Batang penumbuk
- Spatula
- Length Comparator dan perlengkapannya
- Sendok aduk
- Cawan

Bahan yang digunakan :

- PCC tipe 1 dan tipe 2
- ASP
- PSB
- Air

3. Cara pengujian

- a. Lakukan pengukuran awal setelah benda uji berumur $24 \pm 0,5$ jam
- b. Pasang benda uji pada *Length Comparator*
- c. Baca angka pada micrometer sebagai bacaan awal
- d. Setelah pembacaan awal dicatat, simpan lagi benda uji sampai umur-umur pengujian. *Length Comparator* harus dijaga agar tetap pada posisi ukur yang sama. Selama pelaksanaan pengujian posisi tersebut tidak boleh berubah
- e. Ukur panjang benda uji dengan ketelitian sampai 0,01 mm
- f. Lakukan pengukuran perubahan panjang selama ± 90 hari

4. Perhitungan:

Perubahan panjang dinyatakan dalam persen terhadap panjang benda uji.

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

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

L_0 = pembacaan *Length Comparator* pada umur 24 jam

d. Pengujian Density

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

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



Gambar 3.12 Pengujian Density

- A. Menimbang benda uji
- B. Menimbang benda uji dalam air

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

Dimana : W = massa benda uji (kg)

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

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN DAN ANALISIS

4.1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penyajian data yang dihasilkan dari percobaan yang dilakukan serta pembahasan terhadap hal-hal yang dileliti dalam penelitian ini. Penyajian data berupa tabel–tabel dan gambar grafik.

Hasil pengujian yang didapat meliputi :

- 1). Hasil pengujian agregat halus
 - Pengujian analisa ayak agregat halus
- 2). Hasil pengujian sifat fisis mortar segar
 - Design campuran mortar
 - Pengujian konsistensi mortar
 - Pengujian setting time
- 3). Hasil pengujian sifat mekanis mortar
 - Pengujian kuat tarik langsung mortar pada umur 28 hari.
 - Pengujian kuat tarik lentur mortar pada umur 3, 7, 14, 21, 28, 56 dan 90 hari.
 - Pengamatan susut mortar selama \pm 90 hari
 - Pengujian density pada umur 28 hari.

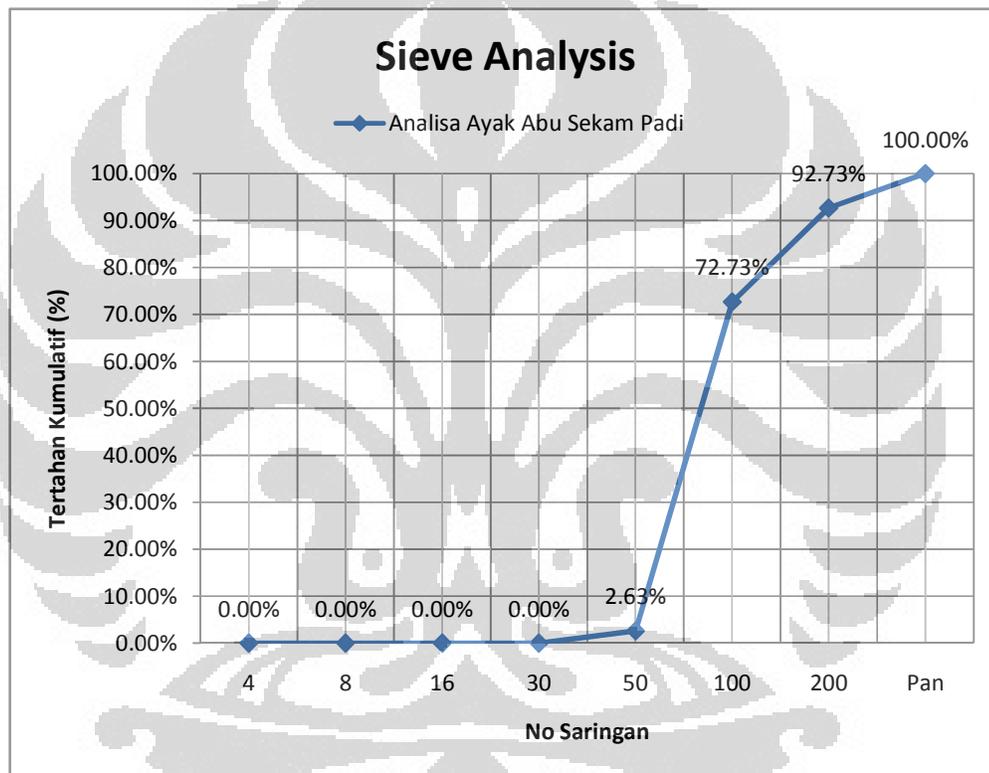
4.2. Pengujian Agregat Halus

4.2.1 Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus

Pengujian analisa ayak agregat halus, yang didalam penelitian ini berupa ASP dan PSB yang akan digunakan dalam campuran mortar semen. Pengujian ini merupakan suatu keharusan untuk mengetahui sifat atau karakter dari ASP dan PSB itu sendiri. Hasil-hasil pengujian ASP dan PSB pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengujian analisa ayak abu sekam padi.

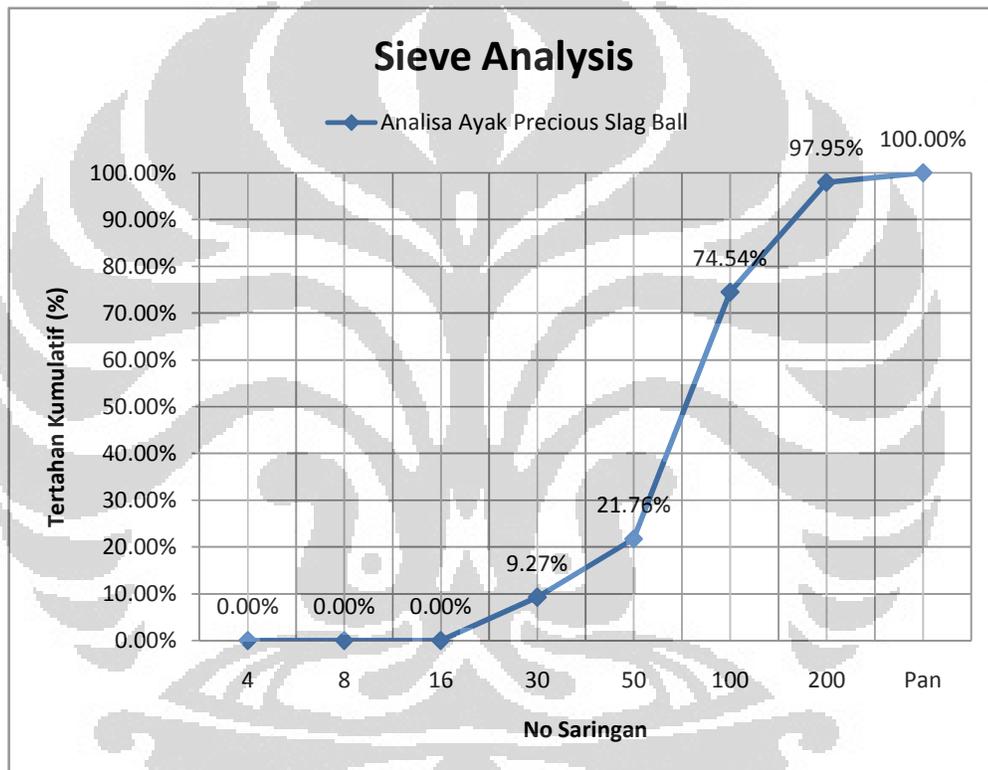
No	No Saringan	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata		
		Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)
1	4	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
2	8	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
3	16	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
4	30	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
5	50	7.00	2.81%	2.81%	6.00	2.44%	2.44%	6.50	2.63%	2.63%
6	100	172.00	69.08%	71.89%	175.00	71.14%	73.58%	173.50	70.10%	72.73%
7	200	53.00	21.29%	93.17%	46.00	18.70%	92.28%	49.50	20.00%	92.73%
8	Pan	17.00	6.83%	100.00%	19.00	7.72%	100.00%	18.00	7.27%	100.00%
	Jumlah	249.00	100.00%		246.00	100.00%		247.50	100.00%	

**Gambar 4.1** Grafik pengujian analisa ayak abu sekam padi.

Pada penelitian ini terlihat bahwa ASP dominan tertahan di ayakan 100, yakni sebesar 72.73%. Yang tertahan di ayakan 50 sebesar 2.63%, tertahan ayakan 200 sebesar 92.73%, dan yang lolos ayakan 200 sebesar 7.27%.

Tabel 4.2 Pengujian analisa ayak *Precious Slag Ball*.

No	No Saringan	Sample 1			Sample 2			Rata-Rata		
		Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)	Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Kumulatif (%)
1	4	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
2	8	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
3	16	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
4	30	64.00	12.12%	12.12%	31.00	6.24%	6.24%	47.50	9.27%	9.27%
5	50	65.00	12.31%	24.43%	63.00	12.68%	18.91%	64.00	12.49%	21.76%
6	100	268.00	50.76%	75.19%	273.00	54.93%	73.84%	270.50	52.78%	74.54%
7	200	120.00	22.73%	97.92%	120.00	24.14%	97.99%	120.00	23.41%	97.95%
8	Pan	11.00	2.08%	100.00%	10.00	2.01%	100.00%	10.50	2.05%	100.00%
	Jumlah	528.00	100.00%		497.00	100.00%		512.50	100.00%	



Gambar 4.2 Grafik pengujian analisa ayak *Precious Slag Ball*.

Pada penelitian ini terlihat bahwa PSB dominan tertahan di ayakan 100, yakni sebesar 74.54%. Yang tertahan di ayakan 30 sebesar 9.27%, tertahan ayakan 50 sebesar 21.76%, tertahan ayakan 200 sebesar 97.95%, dan yang lolos ayakan 200 sebesar 2.05%.

4.3 Desain Campuran Mortar

4.3.1 Campuran 30 % PCC tipe 1, tipe 2 dan 70 % PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran 30% PCC tipe 1, tipe 2 dan 70% PSB tanpa ASP yang akan digunakan untuk pengujian. Karena jumlah untuk setiap campuran semen tipe 1 dan tipe 2, maka contoh perhitungan dibawah adalah hanya untuk satu jenis semen saja,

Data :

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,1
- Tipe Semen = Semen tipe 1 dan tipe 2
- Precious Slag Ball (PSB)

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

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

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

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m³ dan PCC = 3,3 t/m³ maka didapatkan volume masing-masing bahan

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3300} = 0,091 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{700 \text{ kg}}{2500} = 0,28 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Berat per 1m}^3 = \frac{1000 \text{ kg}}{0,37 \text{ m}^3} = 2696,078 \text{ kg/m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tarik Langsung = $0,075 \times 0,05 \times 0,025 \times 20$ buah
= 0.001875 m³, untuk mempermudah perhitungan volume kuat tarik langsung, cetakkan di anggap kotak.
- Kuat Tarik Lentur = $0,025 \times 0,025 \times 0,27 \times 35$ buah
= 0.00590625 m³
- Susut = $0,025 \times 0,025 \times 0,3 \times 5$ buah = 0.0009375 m³
- Density = $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$ buah = 0,000625 m³

Total = 0.009344 m³

Berat total adalah = $0.009344 \text{ m}^3 \times 2696.078 \text{ kg/m}^3 = 25.191 \text{ kg}$

Maka berat :

- Berat PCC = $30\% \times 25.191 \text{ kg} = 7.557 \text{ kg}$
- Berat PSB = $70\% \times 25.191 = 17.634 \text{ kg}$
- Berat air = $25.191 \times 0,1 = 2.519 \text{ kg}$

4.3.2 Campuran 30 % PCC tipe 1, tipe 2 ; 30 % ASP dan 40% PSB

Berikut ini merupakan data hasil rancangan komposisi mortar campuran 30% PCC tipe 1, tipe 2 ; 30% ASP dan 40% PSB. Karena jumlah untuk setiap campuran semen tipe 1 dan tipe 2, maka contoh perhitungan dibawah adalah hanya untuk satu jenis semen saja,

Data

- Faktor Air Mortar (FAM) = 0,5
- Tipe Semen = Semen tipe 1 dan tipe 2
- Abu Sekam Padi (ASP)
- Precious Slag Ball (PSB)

Dengan menggunakan perbandingan berat maka berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut, Misal jumlah satu benda uji tanpa air (PCC + PSB) adalah 1000 kg, maka dengan Campuran PCC : ASP : PSB = 30% : 30% : 40% didapat

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

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

$$\text{Berat PSB} = 40\% \times 1000 \text{ kg} = 400 \text{ kg}$$

Dengan BJ PSB = 2,5 t/m³ ASP = 0,8 t/m³ dan PCC = 3,3 t/m³ maka didapatkan volume masing-masing bahan

$$\text{Volume PCC} = \frac{300 \text{ kg}}{3300} = 0,091 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume ASP} = \frac{300 \text{ kg}}{800} = 0,375 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume PSB} = \frac{400 \text{ kg}}{2500} = 0,16 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0,626 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat per 1m}^3 = \frac{1000 \text{ kg}}{0,626 \text{ m}^3} = 1597,676 \text{ kg/m}^3$$

Kebutuhan bahan :

- Kuat Tarik Langsung = $0,075 \times 0,05 \times 0,025 \times 20$ buah
= 0.001875 m³, untuk mempermudah perhitungan volume kuat tarik langsung, cetakkan di anggap kotak.
- Kuat Tarik Lentur = $0,025 \times 0,025 \times 0,27 \times 35$ buah
= 0.00590625 m³
- Susut = $0,025 \times 0,025 \times 0,3 \times 5$ buah = 0.0009375 m³
- Density = $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \times 5$ buah = 0,000625 m³

$$\text{Total} = 0.009344 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat total adalah} = 0.009344 \text{ m}^3 \times 1597,676 \text{ kg/m}^3 = 14.928 \text{ kg}$$

Maka berat :

- Berat PCC = $30\% \times 14.928 \text{ kg} = 4,478 \text{ kg}$

- Berat ASP = $30\% \times 14.928 \text{ kg} = 4,478 \text{ kg}$
- Berat PSB = $40\% \times 14.928 \text{ kg} = 5,971 \text{ kg}$
- Berat air = $14.928 \times 0,5 = 7,464 \text{ kg}$

Berikut rekapitulasi perhitungan bahan tiap komposisi campuran

Tabel 4.3 Kebutuhan Bahan

NO	CAMPURAN	FAM	PCC (kg)		ASP (kg)	PSB (kg)	AIR (kg)
			TIPE 1	TIPE 2			
1	30% PCC, 70% PSB	0.1	7.557	7.557	0	17.634	2.519
2	30% PCC, 30% ASP dan 40% PSB	0.5	4.478	4.478	4.478	5.971	7.464

4.4 Pengujian Konsistensi Mortar

Besaran nilai *flow* mortar diperoleh secara langsung ketika proses pengadukan selesai dilaksanakan. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kelecakan campuran mortar segar yang menggambarkan tingkat kemudahan pengerjaannya (*workability*).

Berdasarkan pengujian konsistensi mortar, maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data FAS dan FAM semua komposisi campuran

KEL	KET	PCC	ASP	PSB	AIR	BERAT TOTAL	FAM	FAS
0	Perbandingan	30		70				
	Jumlah	150		350	50	500	0.1	0.33
1	Perbandingan	30	30	40				
	Jumlah	150	150	200	250	500	0.5	1.67
2	Perbandingan	30	25	45				
	Jumlah	150	125	225	210	500	0.42	1.40
3	Perbandingan	30	20	50				
	Jumlah	150	100	250	185	500	0.37	1.23
4	Perbandingan	30	15	55				
	Jumlah	150	75	275	150	500	0.3	1.00

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semakin banyak ASP yang digunakan, maka semakin besar factor air semen (w/c) untuk mencapai tingkat kelecakan yang distandarkan.

4.5 Pengujian Setting Time

Tujuannya adalah untuk mengetahui kapan mortar semen tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, mortar semen tidak boleh

diganggu lagi ataupun diubah kembali kedudukannya. Adapun mortar semen yang dilakukan pengujian adalah :

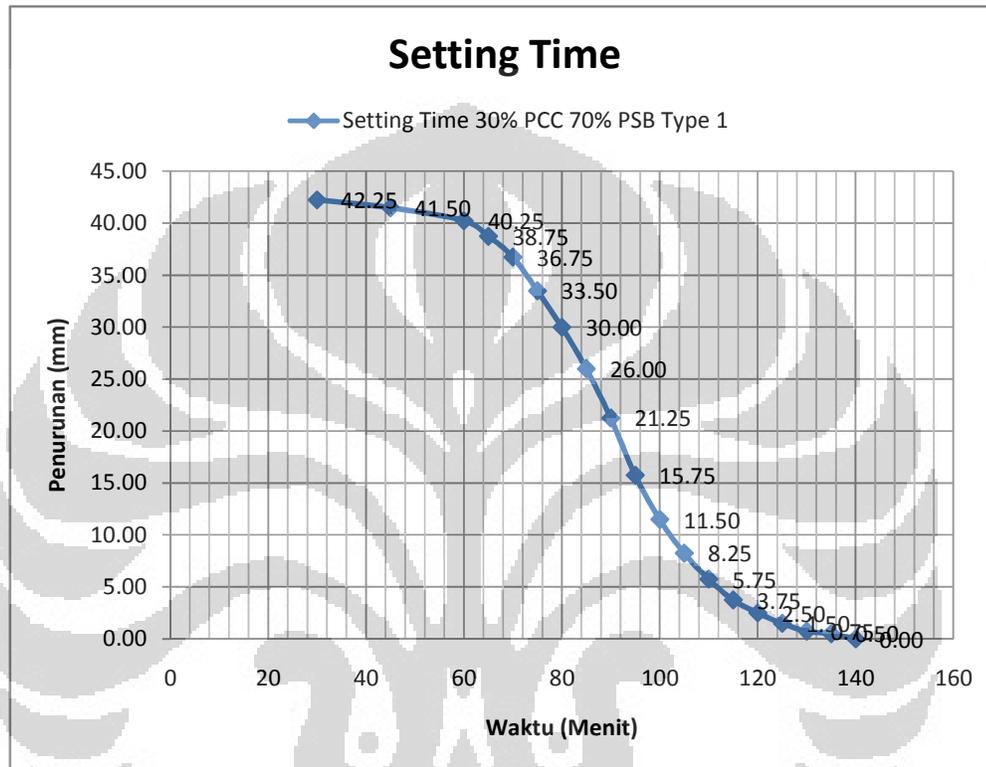
- Mortar semen 30% PCC tipe 1 dan 70% PSB.
- Mortar semen 30% PCC tipe 2 dan 70% PSB.
- Mortar semen 30% PCC tipe 1, 30% ASP, 40% PSB.
- Mortar semen 30% PCC tipe 2, 30% ASP, 40% PSB.

a. Mortar semen 30% PCC tipe 1 dan 70% PSB

Tabel 4.5 Nilai *setting time* 30% PCC 70% PSB untuk semen tipe 1.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	42.50	42.00	42.25
3	15	45	42.00	41.00	41.50
4	15	60	40.50	40.00	40.25
5	5	65	39.00	38.50	38.75
6	5	70	36.50	37.00	36.75
7	5	75	33.50	33.50	33.50
8	5	80	30.00	30.00	30.00
9	5	85	26.00	26.00	26.00
10	5	90	21.50	21.00	21.25
11	5	95	16.00	15.50	15.75
12	5	100	11.50	11.50	11.50
13	5	105	8.50	8.00	8.25
14	5	110	6.00	5.50	5.75
15	5	115	4.00	3.50	3.75
16	5	120	2.50	2.50	2.50
17	5	125	1.50	1.50	1.50

18	5	130	1.00	0.50	0.75
19	5	135	0.50	0.50	0.50
20	5	140	0.00	0.00	0.00



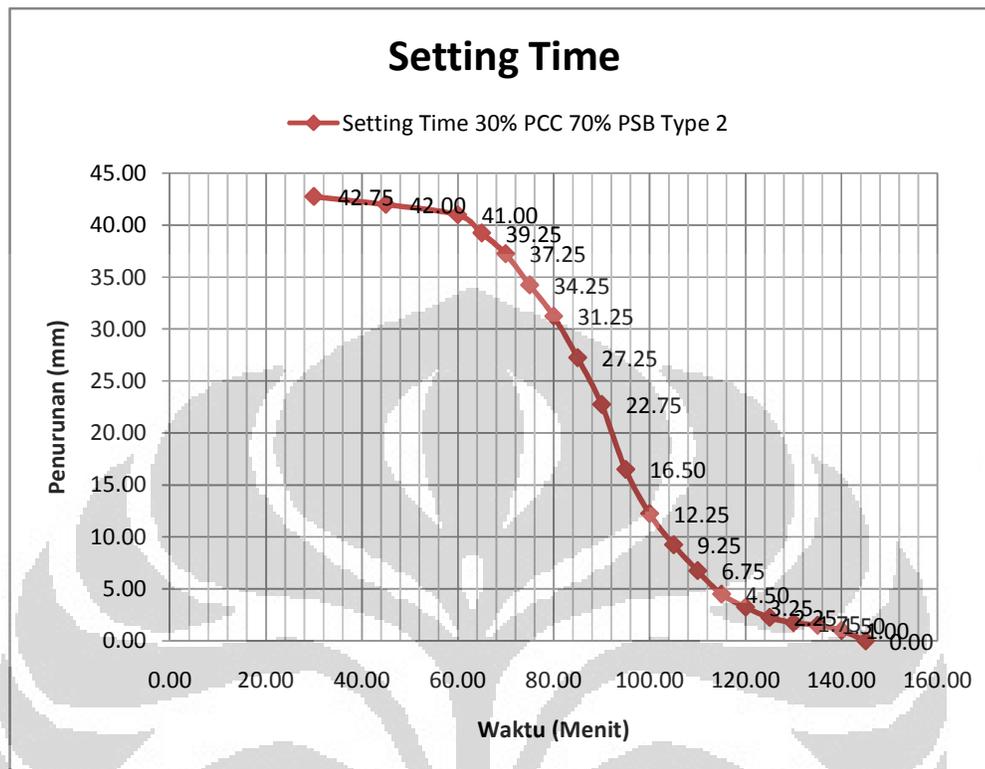
Gambar 4.3 Grafik *setting time* 30% PCC 70% PSB untuk semen tipe 1.

Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC dan 70% PSB dengan semen tipe 1 tercapai setelah 86 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 140 menit.

b. Mortar semen 30% PCC tipe 2 dan 70% PSB

Tabel 4.6 Nilai *setting time* 30% PCC 70% PSB untuk semen tipe 2.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0.00	-	-	-
2	30	30.00	43.00	42.50	42.75
3	15	45.00	42.00	42.00	42.00
4	15	60.00	41.00	41.00	41.00
5	5	65.00	39.50	39.00	39.25
6	5	70.00	37.00	37.50	37.25
7	5	75.00	34.50	34.00	34.25
8	5	80.00	31.50	31.00	31.25
9	5	85.00	27.50	27.00	27.25
10	5	90.00	23.00	22.50	22.75
11	5	95.00	16.50	16.50	16.50
12	5	100.00	12.00	12.50	12.25
13	5	105.00	9.00	9.50	9.25
14	5	110.00	6.50	7.00	6.75
15	5	115.00	4.50	4.50	4.50
16	5	120.00	3.00	3.50	3.25
17	5	125.00	2.50	2.00	2.25
18	5	130.00	2.00	1.50	1.75
19	5	135.00	1.50	1.50	1.50
20	5	140.00	1.00	1.00	1.00
21	5	145.00	0.00	0.00	0.00



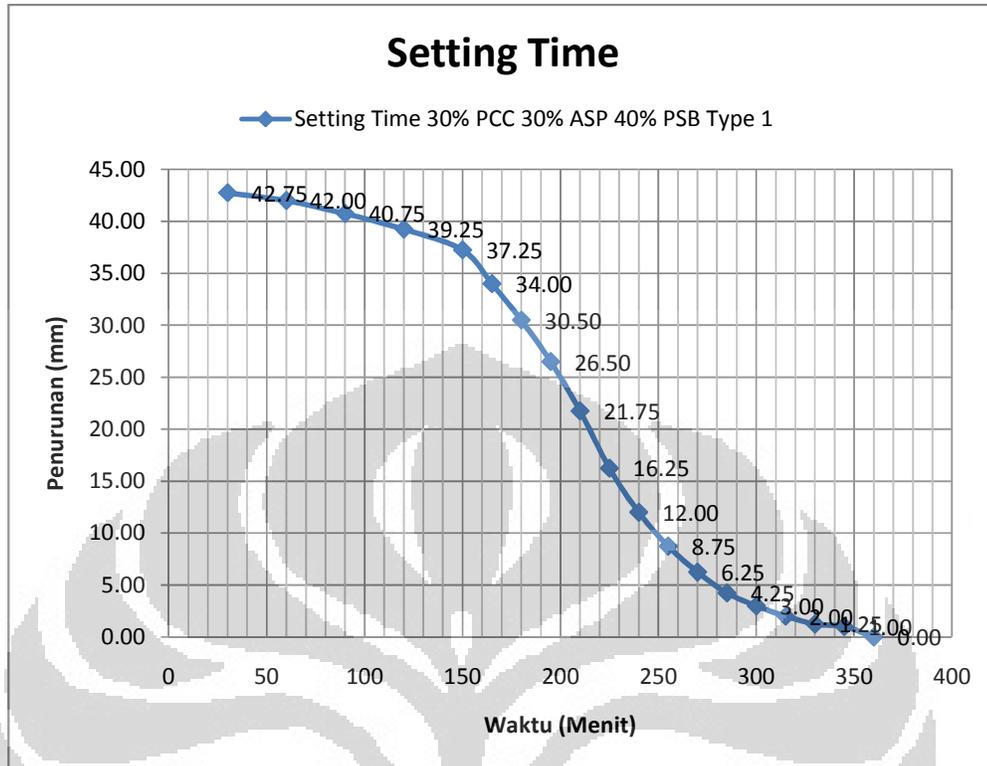
Gambar 4.4 Grafik *setting time* 30% PCC 70% PSB untuk semen tipe 2.

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

c. Mortar semen 30% PCC tipe 1, 30% ASP, 40% PSB.

Tabel 4.7 Nilai *setting time* 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen tipe 1.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	43.00	42.50	42.75
3	30	60	42.50	41.50	42.00
4	30	90	41.00	40.50	40.75
5	30	120	39.50	39.00	39.25
6	30	150	37.00	37.50	37.25
7	15	165	34.00	34.00	34.00
8	15	180	30.50	30.50	30.50
9	15	195	26.50	26.50	26.50
10	15	210	22.00	21.50	21.75
11	15	225	16.50	16.00	16.25
12	15	240	12.00	12.00	12.00
13	15	255	9.00	8.50	8.75
14	15	270	6.50	6.00	6.25
15	15	285	4.50	4.00	4.25
16	15	300	3.00	3.00	3.00
17	15	315	2.00	2.00	2.00
18	15	330	1.50	1.00	1.25
19	15	345	1.00	1.00	1.00
20	15	360	0.00	0.00	0.00



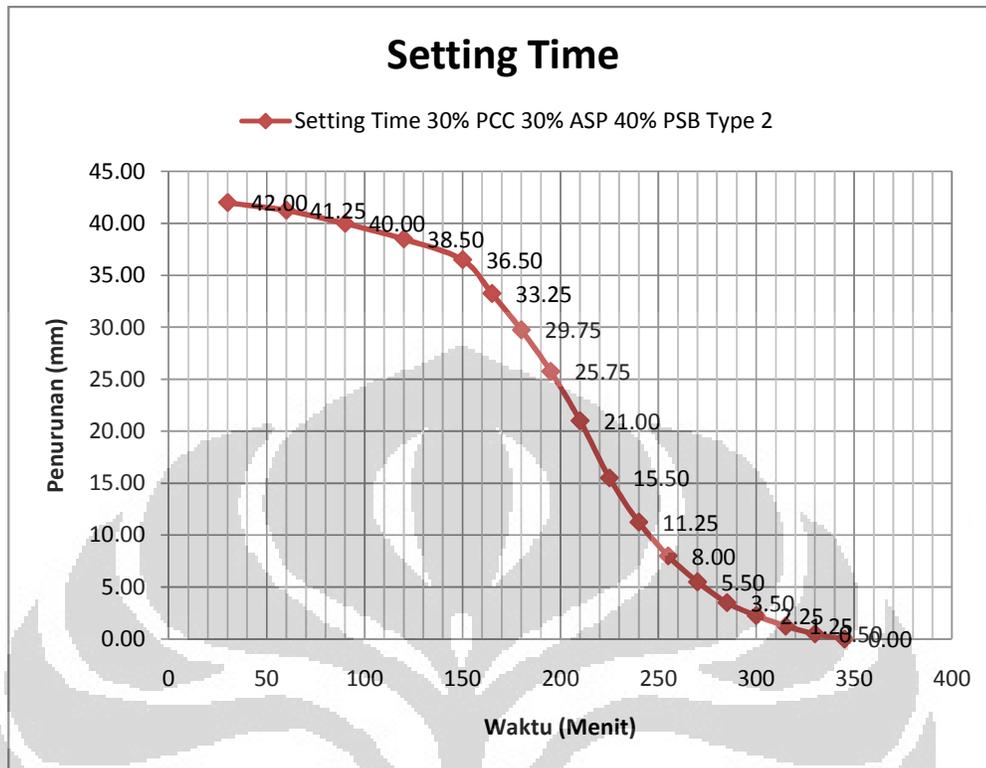
Gambar 4.5 Grafik *setting time* 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB untuk semen tipe 1.

Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC 30% ASP 40% PSB dengan semen tipe 1 tercapai setelah 200 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 360 menit.

d. Mortar semen 30% PCC tipe 2, 30% ASP, 40% PSB.

Tabel 4.8 Nilai *setting time* 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen tipe 2.

No	Waktu (Menit)	Waktu Akumulatif (Menit)	Penurunan (mm)		Penurunan Rata-Rata (mm)
			1	2	
1	0	0	-	-	-
2	30	30	42.00	42.00	42.00
3	30	60	41.50	41.00	41.25
4	30	90	40.00	40.00	40.00
5	30	120	38.50	38.50	38.50
6	30	150	36.00	37.00	36.50
7	15	165	33.00	33.50	33.25
8	15	180	29.50	30.00	29.75
9	15	195	25.50	26.00	25.75
10	15	210	21.00	21.00	21.00
11	15	225	15.50	15.50	15.50
12	15	240	11.00	11.50	11.25
13	15	255	8.00	8.00	8.00
14	15	270	5.50	5.50	5.50
15	15	285	3.50	3.50	3.50
16	15	300	2.00	2.50	2.25
17	15	315	1.00	1.50	1.25
18	15	330	0.50	0.50	0.50
19	15	345	0.00	0.00	0.00



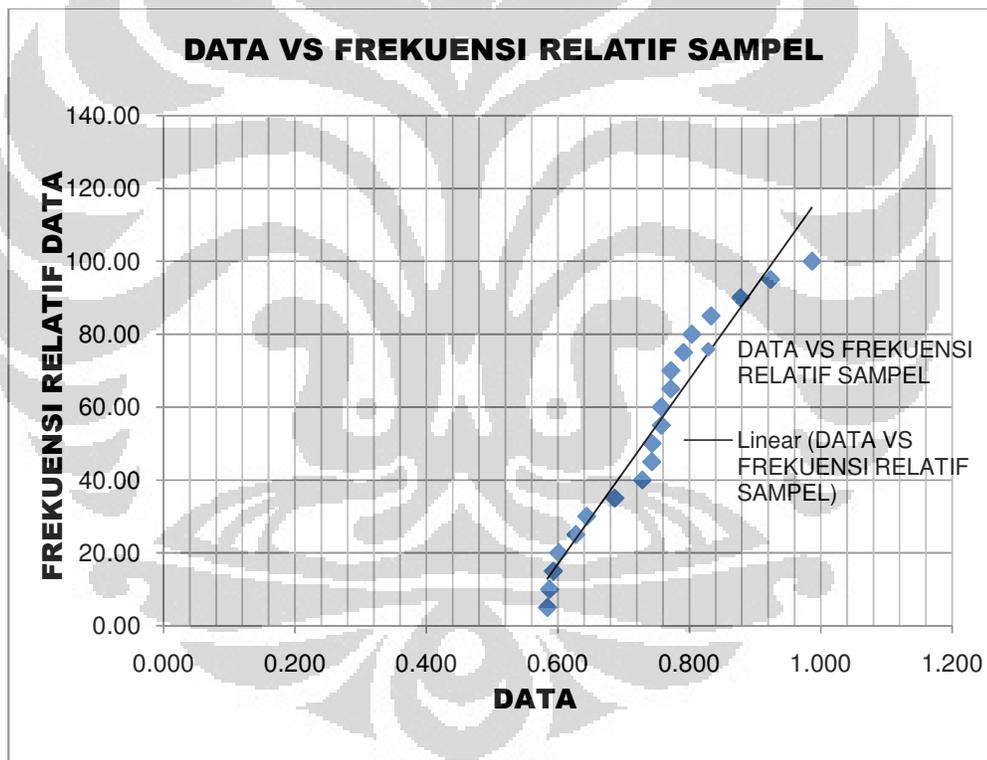
Gambar 4.6 Grafik *setting time* 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB untuk semen tipe 2.

Waktu ikat awal terjadi pada saat jarum hanya masuk sedalam 25 mm setelah diturunkan selama 30 detik, sedangkan nilai waktu ikat akhir didapat pada saat jarum tidak lagi berbekas pada mortar yang diuji. Dari grafik didapatkan nilai waktu ikat awal untuk komposisi 30% PCC 30% ASP 40% PSB dengan semen tipe 2 tercapai setelah 200 menit, sedangkan nilai waktu ikat akhir tercapai pada 345 menit.

4.6 Pengujian Kuat Tarik Langsung

Pengujian tarik langsung pada penelitian ini dilakukan dengan mesin tarik merk *SERVO PULSER* untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC dan 70 % PSB. Dan dengan mesin tarik langsung manual untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB. Dari masing-masing komposisi dan tipe semen dibuat benda uji angka delapan sebanyak 20 buah pada umur 28 hari. Berikut ini merupakan data kuat tarik langsung mortar yang diperoleh dari hasil pengujian dilaboratorium. Sebelum data kuat tarik langsung diolah terlebih dahulu distribusinya dengan menggunakan metode chisquare.

4.6.1 Campuran 30% PCC Tipe 1; 30% ASP dan 40% PSB



Gambar 4.7 Grafik distribusi distribusi normal chisquare untuk data kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 1, 30%ASP dan 40% PSB

Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai $\chi^2 = 1.65$, yang mana lebih kecil dari nilai χ^2 tabel yaitu 4.605, untuk level of significance (α) 0.01.

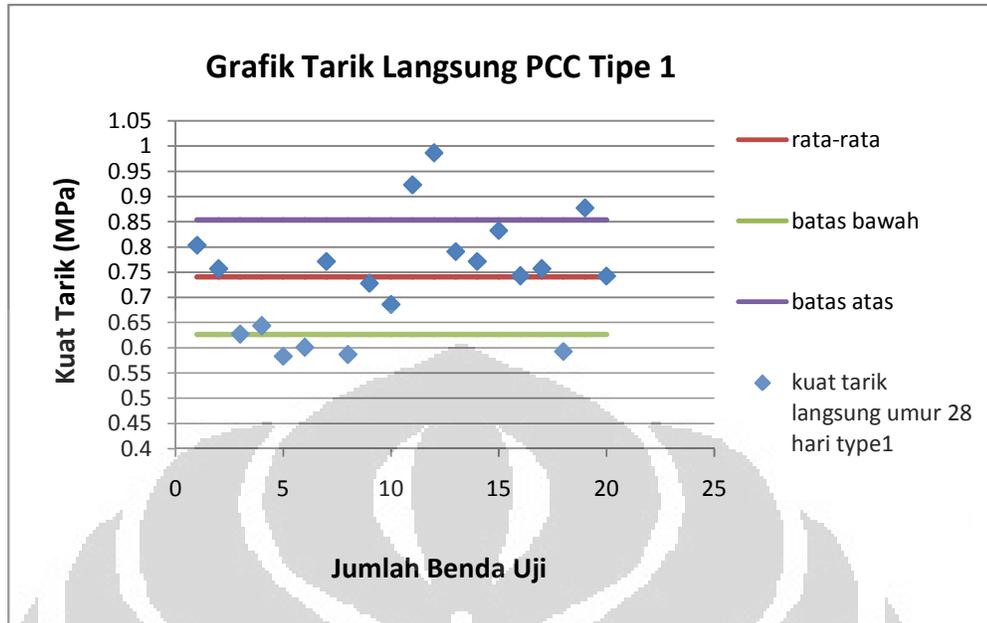
Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan semen tipe 1 pada umur 28 hari:

Tabel 4.9 Data Kuat Tarik Langsung Tipe 1 Campuran 30% PCC : 30% ASP : 40% PSB

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tarik
Dicor	Ditest					Mpa
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.1.R	691.650	555.662	0.803
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.2.R	704.840	533.662	0.757
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.3.R	691.650	433.662	0.627
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.4.R	704.840	453.662	0.644
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.5.R	691.650	403.662	0.584
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.6.R	704.840	423.662	0.601
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.7.R	691.650	533.662	0.772
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.8.R	704.840	413.662	0.587
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.9.R	691.650	503.662	0.728
1-Oct-10	29-Oct-10	28	R.1.28.10.R	704.840	483.662	0.686
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.11.R	662.500	611.662	0.923
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.12.R	670.720	661.662	0.986
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.13.R	710.100	561.662	0.791
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.14.R	702.000	541.662	0.772
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.15.R	686.430	571.662	0.833
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.16.R	702.250	521.662	0.743
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.17.R	702.250	531.662	0.757
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.18.R	694.300	411.662	0.593
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.19.R	696.950	611.662	0.878
13-Oct-10	10-Nov-10	28	R.1.28.20.R	689.000	511.662	0.743
Rata-Rata						0.740
Standard Deviasi						0.1136

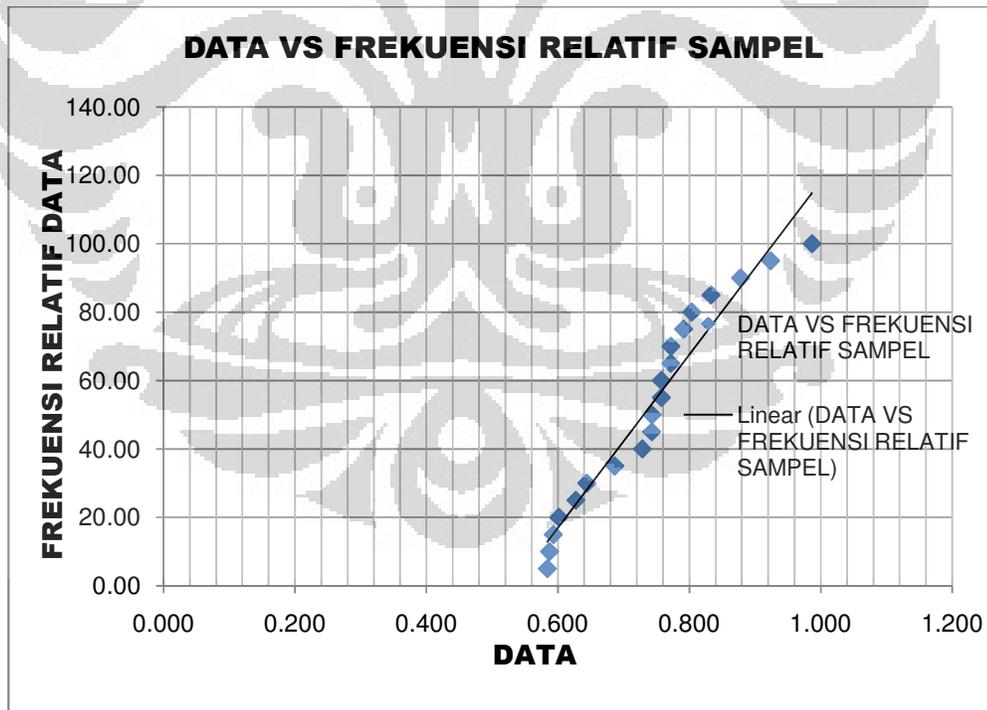
Maka besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan semen tipe 1 adalah sebesar 0.74 MPa, dengan besar penyimpangan data sebesar 0.1136.

Berikut ini gambar grafik kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan campuran semen tipe 1:



Gambar 4.8 Grafik Kuat Tarik Langsung

4.6.2 Campuran 30% PCC Tipe 2; 30% ASP dan 40% PSB



Gambar 4.9 Grafik distribusi distribusi normal chisquare untuk data kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 2, 30%ASP dan 40% PSB

Dari pengolahan data menggunakan metode *chi-square* diketahui bahwa *sample* memiliki distribusi normal dengan nilai $x^2 = 1.54$, yang mana lebih kecil dari nilai x^2 tabel yaitu 2.706, untuk level of significance (α) 0.01.

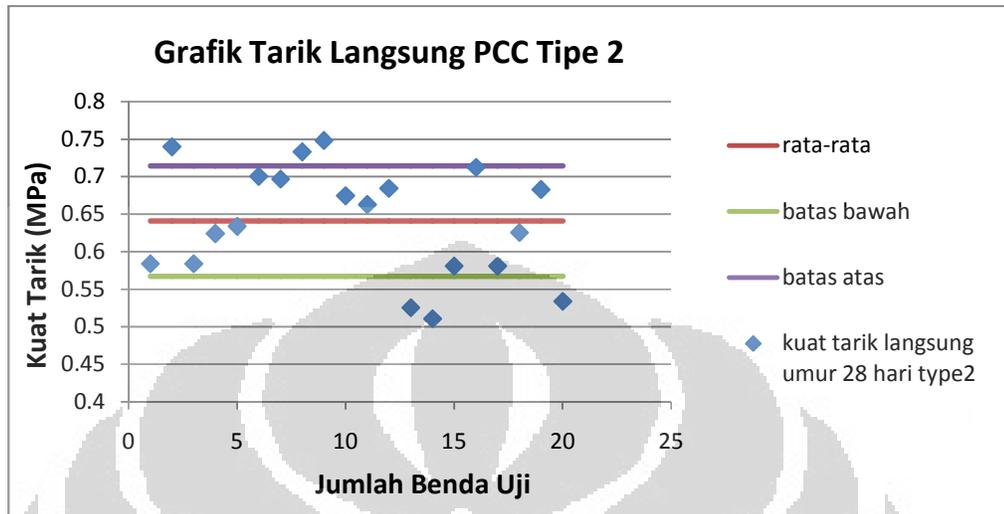
Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan semen tipe 2 pada umur 28 hari:

Tabel 4.10 Data Kuat Tarik Langsung Tipe 2 Campuran 30% PCC : 30% ASP : 40% PSB

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tarik
Dicor	Ditest					Mpa
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.1.H	704.840	411.662	0.584
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.2.H	691.650	511.662	0.740
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.3.H	704.840	411.662	0.584
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.4.H	691.650	431.662	0.624
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.5.H	712.850	451.662	0.634
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.6.H	702.210	491.662	0.700
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.7.H	662.500	461.662	0.697
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.8.H	670.720	491.662	0.733
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.9.H	683.800	511.662	0.748
21-Sep-10	19-Oct-10	28	R.1.28.10.H	729.000	491.662	0.674
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.11.H	675.510	447.752	0.663
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.12.H	712.730	487.752	0.684
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.13.H	680.850	357.752	0.525
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.14.H	739.800	377.752	0.511
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.15.H	702.000	407.752	0.581
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.16.H	712.850	507.752	0.712
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.17.H	702.210	407.752	0.581
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.18.H	683.800	427.752	0.626
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.19.H	729.000	497.752	0.683
7-Oct-10	4-Nov-10	28	R.1.28.20.H	707.520	377.752	0.534
Rata-Rata						0.641
Standard Deviasi						0.0736

Maka besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan semen tipe 2 adalah sebesar 0.641 MPa, dengan besar penyimpangan data sebesar 0.0736.

Berikut ini gambar grafik kuat tarik langsung campuran 30% PCC; 30% ASP dan 40% PSB dengan campuran semen tipe 2:



Gambar 4.10 Grafik Kuat Tarik Langsung

4.6.3 Campuran 30% PCC Tipe 1 dan 70% PSB

Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik langsung campuran 30% PCC; dan 70% PSB dengan semen tipe 1 pada umur 28 hari:

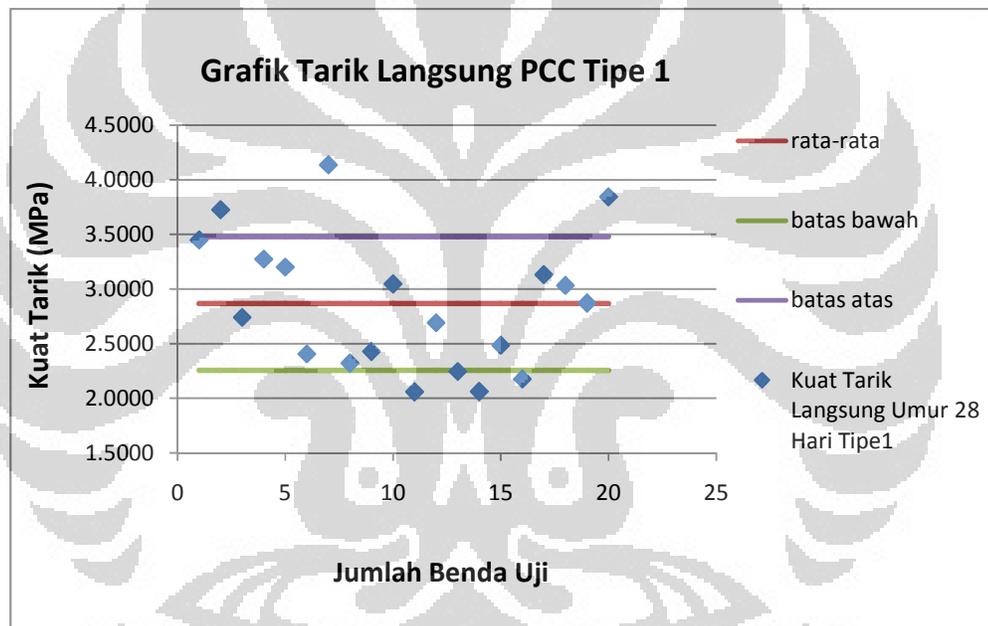
Tabel 4.11 Data Kuat Tarik Langsung Tipe 1 Campuran 30% PCC : 70% PSB

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tarik
Dicor	Ditest					Mpa
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.1.R	695.6350	2844.9000	4.0896
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.2.R	717.4300	1962.0000	2.7348
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.3.R	720.9000	2158.2000	2.9938
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.4.R	736.4000	2648.7000	3.5968
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.5.R	705.7750	2943.0000	4.1699
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.6.R	723.2000	1814.8500	2.5095
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.7.R	687.6225	1863.9000	2.7106
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.8.R	689.6100	1520.5500	2.2049
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.9.R	719.5800	2992.0500	4.1581
15-Nov-10	13-Dec-10	28	R.0.28.10.R	704.4125	2011.0500	2.8549
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.11.R	707.4700	2254.4000	3.1866
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.12.R	727.0500	2438.7000	3.3542
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.13.R	743.6500	2062.0000	2.7728
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.14.R	720.8000	2158.2000	2.9942
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.15.R	710.0200	2158.2000	3.0396
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.16.R	724.5000	1667.7000	2.3019
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.17.R	719.1000	2743.0000	3.8145

10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.18.R	710.1000	2216.7500	3.1217
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.19.R	708.2900	2018.6500	2.8500
10-Nov-10	8-Dec-10	28	R.0.28.20.R	681.0875	1765.8000	2.5926
Rata-Rata						3.1026
Standard Deviasi						0.5920

Maka besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC dan 70% PSB dengan semen tipe 1 adalah sebesar 3.1026 MPa, dengan besar penyimpangan data sebesar 0.5920.

Berikut ini gambar grafik kuat tarik langsung campuran 30% PCC dan 70% PSB dengan campuran semen tipe 1:



Gambar 4.11 Grafik Kuat Tarik Langsung

4.6.4 Campuran 30% PCC Tipe 2 dan 70% PSB

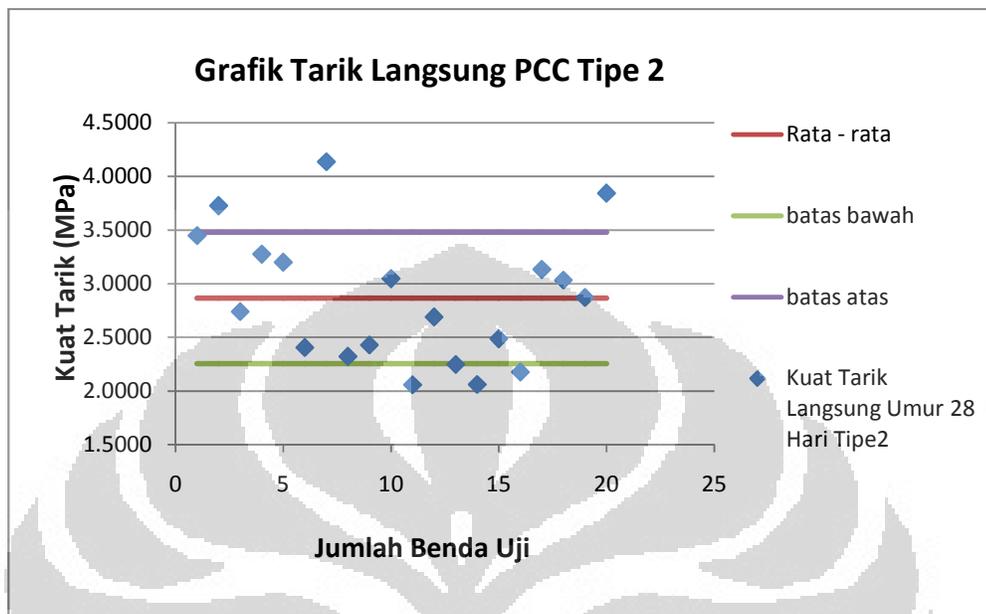
Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik langsung campuran 30% PCC; dan 70% PSB dengan semen tipe 2 pada umur 28 hari:

Tabel 4.12 Data Kuat Tarik Langsung Tipe 2 Campuran 30% PCC : 70% PSB

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Luas (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tarik
Dicor	Ditest					Mpa
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.1.H	682.440	2354.400	3.450
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.2.H	710.790	2648.700	3.726
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.3.H	715.850	1962.000	2.741
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.4.H	688.995	2256.300	3.275
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.5.H	643.615	2060.100	3.201
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.6.H	692.990	1667.700	2.407
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.7.H	711.225	2943.000	4.138
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.8.H	739.800	1716.750	2.321
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.9.H	727.050	1765.800	2.429
20-Sep-10	18-Oct-10	28	R.0.28.10.H	724.500	2207.250	3.047
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.11.H	715.000	1471.500	2.058
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.12.H	729.000	1962.000	2.691
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.13.H	742.500	1667.700	2.246
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.14.H	761.750	1569.600	2.061
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.15.H	710.200	1765.800	2.486
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.16.H	720.900	1569.600	2.177
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.17.H	689.000	2158.200	3.132
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.18.H	711.450	2158.200	3.034
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.19.H	683.260	1962.000	2.872
4-Oct-10	1-Nov-10	28	R.0.28.20.H	689.040	2648.700	3.844
Rata-Rata						2.8667
Standard Deviasi						0.6120

Maka besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC dan 70% PSB dengan semen tipe 2 adalah sebesar 2.5343 MPa, dengan besar penyimpangan data sebesar 1.0261.

Berikut ini gambar grafik kuat tarik langsung campuran 30% PCC dan 70% PSB dengan campuran semen tipe 2:



Gambar 4.12 Grafik Kuat Tarik Langsung

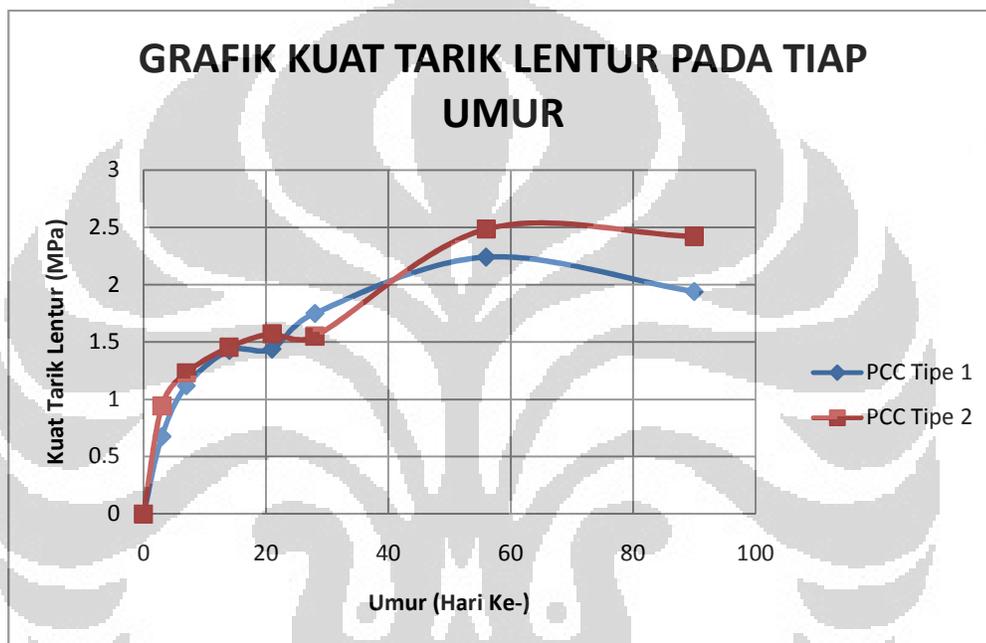
4.7 Pengujian Kuat Tarik Lentur

Pengujian tarik lentur pada penelitian ini dilakukan dengan mesin uji tarik lentur (*Flexural Strength Testing Machine*) untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC dan 70 % PSB. Dan dengan mesin tarik lentur manual untuk benda uji dengan campuran 30 % PCC, 30 % ASP dan 40 % PSB. Dari masing-masing komposisi dan tipe semen dibuat benda uji persegi dengan ukuran 25x25x270 sebanyak 5 buah untuk setiap komposisi campuran untuk setiap umur, sehingga total benda uji sebanyak 35 buah. Dan umur pengujian pada umur 3,7,14,21,28,56 dan 90 hari, Berikut ini merupakan data kuat tarik lentur mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium :

4.7.1 Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC, 30% ASP dan 40% PSB

Tabel 4.13 Data Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC; 30% ASP; 40% PSB

No	Kode	Tipe Semen	Kuat Tarik Lentur (Mpa)						
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	56 Hari	90 Hari
1	L.1.R	Tipe 1	0.675	1.118	1.426	1.438	1.750	2.241	1.940
2	L.1.H	Tipe 2	0.940	1.231	1.453	1.572	1.550	2.484	2.421



Gambar 4.13 Grafik Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC, 30% ASP dan 40% PSB

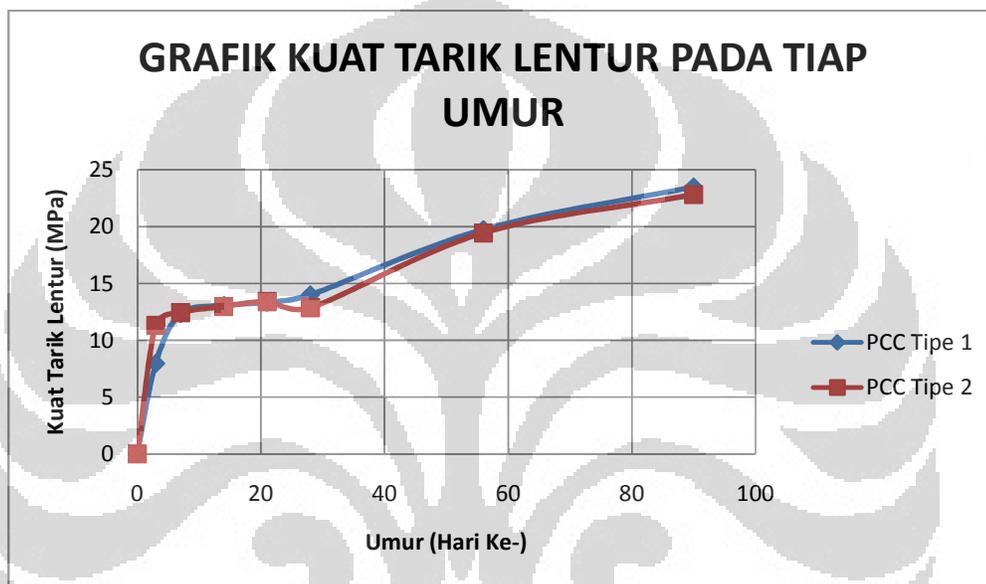
Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat untuk campuran dengan semen tipe 1 pada umur 14 hari dan 21 hari hampir mendekati sama besar kuat tariknya. Mempunyai kekuatan terbesar pada umur 56 hari yakni sebesar 2.241 MPa, kemudian mengalami penurunan kekuatan pada umur 90 hari sebesar 0.301 MPa.

Untuk campuran dengan semen tipe 2, kekuatan pada umur 3 hari sampai 21 hari mengalami kenaikan kekuatan, kemudian mengalami penurunan kekuatan pada umur 28 hari sebesar 0.022 MPa, Mengalami kenaikan kembali pada umur 56 hari dan mencapai kekuatan terbesar pada umur ini, dengan kekuatan sebesar 2.484 MPa dan mengalami penurunan kekuatan kembali pada umur 90 hari sebesar 0.063 MPa.

4.7.2 Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC dan 70% PSB

Tabel 4.14 Data Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC; 70% PSB

No	Kode	Tipe Semen	Kuat Tarik Lentur (Mpa)						
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	56 Hari	90 Hari
1	L.O.R	Tipe 1	7.958	12.336	13.067	13.338	13.992	19.736	23.488
2	L.O.H	Tipe 2	11.307	12.445	12.973	13.409	12.870	19.456	22.816



Gambar 4.14 Grafik Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC; 70% PSB

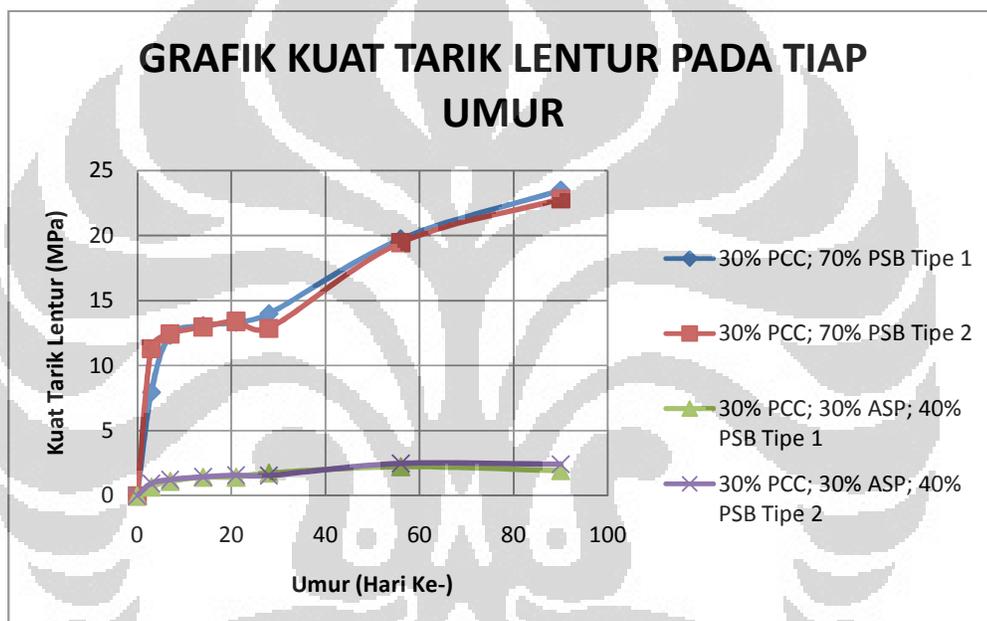
Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat untuk campuran dengan semen tipe 1 dari umur 3 hari sampai 90 hari terus mengalami kenaikan kuat tarik. Mempunyai kekuatan terbesar pada umur 90 hari yakni sebesar 23.488 MPa,

Untuk campuran dengan semen tipe 2, kekuatan pada umur 3 hari sampai 21 hari mengalami kenaikan kekuatan, kemudian mengalami penurunan kekuatan pada umur 28 hari sebesar 0.539 MPa, Mengalami kenaikan kembali pada umur 56 dan 90 hari. Mempunyai kekuatan terbesar pada umur 90 hari yakni sebesar 22.816 MPa,

4.7.3 Perbandingan Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC, 30% ASP dan 40% PSB dengan Kuat Tarik Lentur Campuran 30% PCC dan 70% PSB.

Tabel 4.15 Perbandingan Kuat Tarik Lentur

No	Tipe Semen	Perbandingan Kekuatan Kuat Tarik Lentur						
		3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	56 Hari	90 Hari
1	Tipe 1	0.085	0.091	0.109	0.108	0.125	0.114	0.098
2	Tipe 2	0.083	0.099	0.116	0.117	0.120	0.128	0.123



Gambar 4.15 Grafik Kuat Tarik Lentur Gabungan

Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa kuat tarik lentur campuran 30% PCC; 30% ASP; 40% PSB rata – rata sebesar 0.1 kali kuat tarik lentur campuran 30% PCC; 70% PSB,

4.8 Pengujian Susut

Pengujian susut mortar dilakukan sesuai dengan ASTM C 490-04. Tujuannya untuk mengetahui perubahan panjang tanpa dilakukan pembebanan. Pengujian dilakukan selama ± 90 hari dengan benda uji balok 25x25x300 mm. Banyaknya sampel adalah 5 buah untuk setiap komposisi campuran tipe semen.

4.8.1 Susut Campuran 30% PCC, 30% ASP dan 40% PSB

Tabel 4.16 Tabel Susut Campuran 30% PCC Tipe 1 dan 2; 30% ASP dan 40% PSB

No	Kode	Tipe Semen	Nilai Susut	ΔL
1	S.1.1.1.R	Tipe 1	0.0925	0.28
2	S.1.1.2.R	Tipe 1	0.0967	0.29
3	S.1.1.3.R	Tipe 1	0.0867	0.26
4	S.1.1.4.R	Tipe 1	0.0933	0.28
5	S.1.1.5.R	Tipe 1	0.0933	0.28
Rata - rata			0.0925	0.2775
6	S.1.1.1.H	Tipe 2	0.0900	0.27
7	S.1.1.2.H	Tipe 2	0.0900	0.27
8	S.1.1.3.H	Tipe 2	0.0900	0.27
9	S.1.1.4.H	Tipe 2	0.0833	0.25
10	S.1.1.5.H	Tipe 2	0.0883	0.26
Rata - rata			0.0883	0.2650

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa susut dengan semen tipe 1 mempunyai nilai susut rata - rata sebesar 0.0925 dengan ΔL sebesar 0.2775. Susut dengan semen tipe 2 mempunyai nilai susut rata - rata sebesar 0.0883 dengan ΔL sebesar 0.2650. Untuk melihat Nilai susut dan ΔL tiap – tiap benda uji dapat dilihat di lampiran.

4.8.2 Susut Campuran 30% PCC dan 70% PSB

Tabel 4.17 Tabel Susut Campuran 30% PCC Tipe 1 dan 2; 70% PSB

No	Kode	Tipe Semen	Nilai Susut	ΔL
1	S.0.1.1.R	Tipe 1	0.0057	0.17
2	S.0.1.2.R	Tipe 1	0.0063	0.18
3	S.0.1.3.R	Tipe 1	0.0063	0.18
4	S.0.1.4.R	Tipe 1	0.0060	0.20
5	S.0.1.5.R	Tipe 1	0.0060	0.18
Rata - rata			0.0061	0.1820

6	S.O.1.1.H	Tipe 2	0.0057	0.17
7	S.O.1.2.H	Tipe 2	0.0060	0.19
8	S.O.1.3.H	Tipe 2	0.0060	0.19
9	S.O.1.4.H	Tipe 2	0.0067	0.18
10	S.O.1.5.H	Tipe 2	0.0060	0.18
Rata - rata			0.0061	0.1820

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa susut dengan semen tipe 1 mempunyai nilai susut rata – rata sebesar 0.0061 dengan ΔL sebesar 0.1820. Susut dengan semen tipe 2 mempunyai nilai susut rata – rata sebesar 0.0061 dengan ΔL sebesar 0.1820. Untuk melihat Nilai susut dan ΔL tiap – tiap benda uji dapat dilihat di lampiran.

4.9 Pengujian Density

Pengujian *density* menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.5 gram. Dari masing-masing komposisi dibuat benda uji kubus 50 x 50 x 50 mm sebanyak 5 buah. Berikut ini merupakan data pengujian *density* mortar yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Adapun rumus yang digunakan adalah.

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

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

Dimana : γ_w = berat jenis air (gram/cm³)

S = berat benda uji kering udara (gram)

I = berat benda uji dalam air (gram)

Tabel 4.18 *Density* 30% PCC 70% PSB semen tipe 1.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm ²)	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	γ_w (g/cm ³)	Density (g/cm ³)
1	D.1.28.1.R	25	Tipe 1	28	362.0	232.5	363.5	343.0	0.9975	2.788
2	D.1.28.2.R	25	Tipe 1	28	366.0	237.5	366.5	346.0	0.9975	2.841
3	D.1.28.3.R	25	Tipe 1	28	366.0	236.0	366.0	346.0	0.9975	2.808

4	D.1.28.4.R	25	Tipe 1	28	370.0	239.0	370.5	352.0	0.9975	2.817
5	D.1.28.5.R	25	Tipe 1	28	359.0	231.0	359.0	340.0	0.9975	2.798
Rata ²					364.6	235.2	365.1	345.4	0.9975	2.811

Tabel 4.19 Density 30% PCC 70% PSB semen tipe 2.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm ²)	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	γ_w (g/cm ³)	Density (g/cm ³)
1	D.1.28.1.H	25	Tipe 2	28	352.0	225.5	352.5	333.0	0.9975	2.776
2	D.1.28.2.H	25	Tipe 2	28	379.0	243.0	379.5	358.0	0.9975	2.780
3	D.1.28.3.H	25	Tipe 2	28	373.0	238.5	374.5	353.0	0.9975	2.766
4	D.1.28.4.H	25	Tipe 2	28	369.0	237.0	369.0	350.0	0.9975	2.788
5	D.1.28.5.H	25	Tipe 2	28	353.0	227.0	353.5	337.0	0.9975	2.795
Rata ²					365.2	234.2	365.8	346.2	0.9975	2.781

Tabel 4.20 Density 30% PCC 30% ASP 40% PSB semen tipe 1.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm ²)	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	γ_w (g/cm ³)	Density (g/cm ³)
1	D.1.28.1.R	25	Tipe 1	28	198.0	74.0	201.0	148.0	0.9975	1.593
2	D.1.28.2.R	25	Tipe 1	28	194.0	72.0	203.0	152.0	0.9975	1.586
3	D.1.28.3.R	25	Tipe 1	28	198.0	73.5	202.0	153.0	0.9975	1.586
4	D.1.28.4.R	25	Tipe 1	28	197.0	72.0	201.5	152.0	0.9975	1.572
5	D.1.28.5.R	25	Tipe 1	28	196.0	70.5	200.0	153.0	0.9975	1.558
Rata ²					196.6	72.4	201.5	151.6	0.9975	1.579

Tabel 4.21 Density 30% PCC 30% ASP 40% PSB semen tipe 2.

No	Kode Benda Uji	Luas (cm ²)	Jenis Semen	Umur (Hari)	Kering Udara (gram)	Dalam Air (gram)	Jenuh (gram)	Kering Oven (gram)	γ_w (g/cm ³)	Density (g/cm ³)
1	D.1.28.1.H	25	Tipe 2	28	217.0	81.0	220.5	169.0	0.9975	1.592
2	D.1.28.2.H	25	Tipe 2	28	209.0	81.0	211.0	160.0	0.9975	1.629
3	D.1.28.3.H	25	Tipe 2	28	204.0	76.5	207.0	160.0	0.9975	1.596
4	D.1.28.4.H	25	Tipe 2	28	206.0	80.0	209.0	156.0	0.9975	1.631
5	D.1.28.5.H	25	Tipe 2	28	196.0	71.0	201.5	154.0	0.9975	1.564
				Rata ²	206.4	77.9	209.8	159.8	0.9975	1.602

4.10 Pengaruh ASP Terhadap Kekuatan Mortar

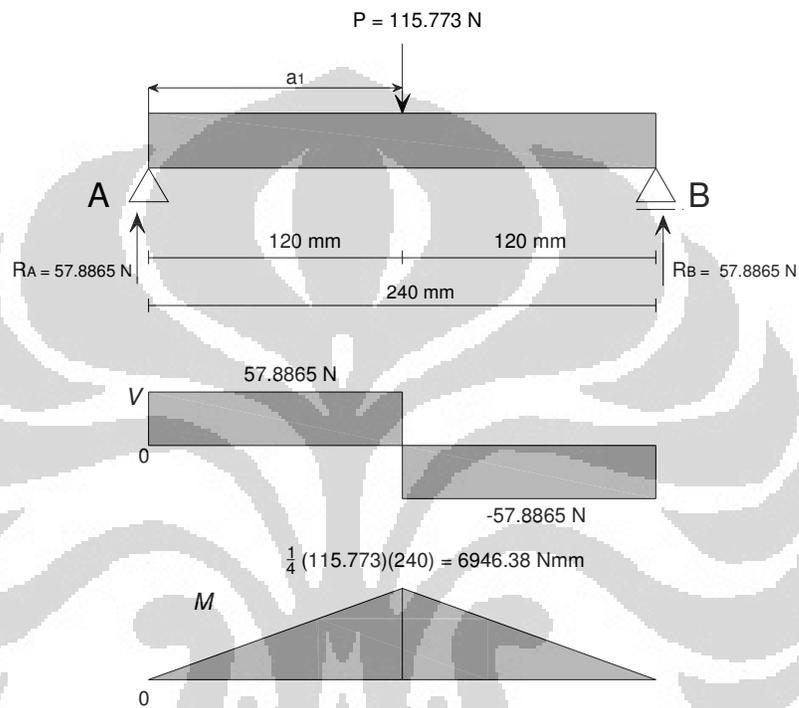
Penggunaan abu sekam padi pada campuran mortar berdampak pada kekuatan mortar. Berdasarkan hasil penelitian, adanya abu sekam padi dalam campuran mortar dapat menurunkan kekuatan mortar baik kuat lentur maupun kuat tarik mortar. Hal ini disebabkan karena sifat abu sekam padi yang ringan dan memiliki daya serap air yang tinggi.

Penggunaan abu sekam padi menimbulkan adanya rongga-rongga sehingga mortar memiliki porositas yang besar dan menjadi rapuh. Abu sekam padi juga tidak menimbulkan ikatan pada mortar sehingga menurunkan kekuatan.

4.11 Analisis Tegangan Pada Balok

Sample : Benda uji mortar komposisi 30% PCC tipe 2, 30%ASP dan 40% PSB umur 90 hari dengan kode L.1.90.1.H

Beban terpusat (P) = 11.733 kg (didapat dari beban)



Gambar 4.16. Reaksi Perletakan, Diagram Gaya Geser dan Momen Pada Balok AB

$$\sum Mb = 0$$

$$Ra \cdot 240 - 115.773 \times 120 = 0$$

$$Ra \cdot 240 = 13892.76$$

$$Ra = 57.8865 \text{ N } (\uparrow)$$

$$\sum V = 0$$

$$Ra + Rb - 115.773 = 0$$

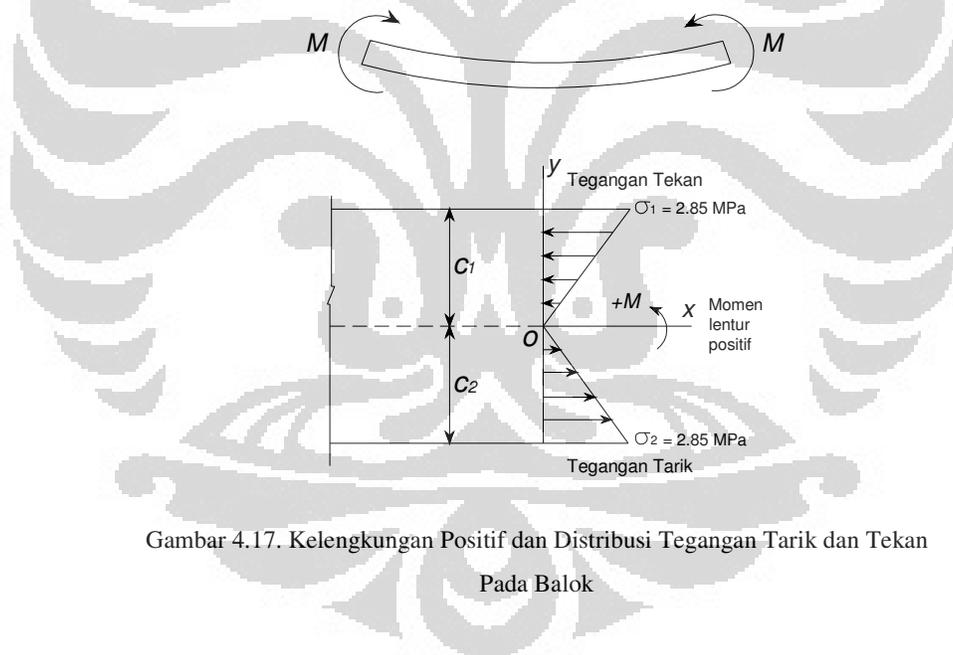
$$57.8865 + Rb - 115.773 = 0$$

$$Rb = 57.8865 \text{ N } (\uparrow)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen lentur (M maks)} &= \frac{1}{4} \times P \times L \\
 &= \frac{1}{4} \times 115.773 \times 240 \\
 &= 6946.38 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tahanan (M)} &= \frac{1}{6} \times B \times H^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 25.3 \times 26^2 \\
 &= 2850.467 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik lentur} &= \frac{M}{W} = \frac{6946.38}{2850.467} \\
 &= 2.437 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

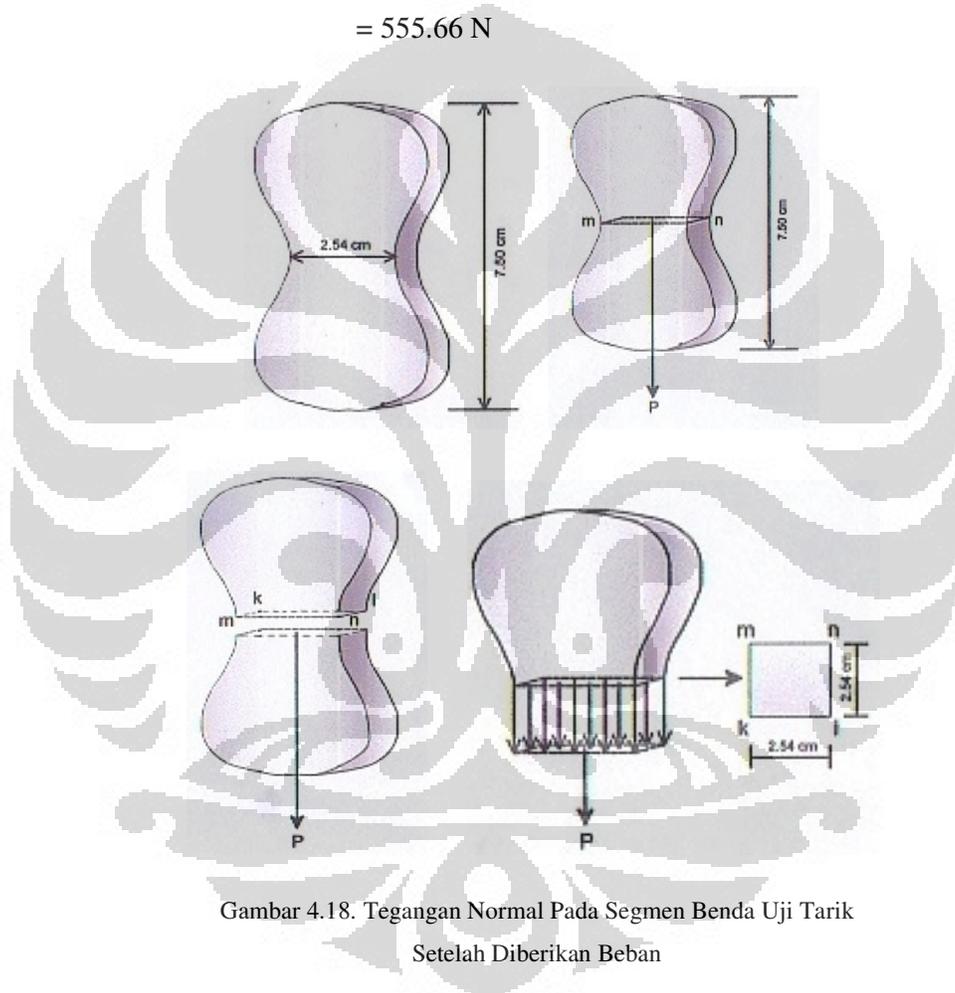


Gambar 4.17. Kelengkungan Positif dan Distribusi Tegangan Tarik dan Tekan Pada Balok

4.12 Analisis Tegangan Pada Benda Uji Tarik

Sample : Benda uji mortar komposisi 30% PCC tipe 2, 30%ASP dan 40% PSB dengan kode R.1.28.1.R :

$$\begin{aligned} \text{Beban terpusat (P)} &= 56.7 \text{ kg} \\ &= 56.7 \times 9.8 \\ &= 555.66 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 4.18. Tegangan Normal Pada Segmen Benda Uji Tarik Setelah Diberikan Beban

Tegangan Tarik terbagi rata di seluruh luasan efektifnya, sehingga resultanya harus sama dengan intensitas σ dikalikan dengan luasan efektif penampang (A). Dengan demikian untuk menyatakan tegangan digunakan persamaan: $\sigma = \frac{P}{A}$. Luasan efektif benda uji tarik adalah luasan persegi yaitu $26.5 \text{ mm} \times 26.1 \text{ mm} = 691.65 \text{ mm}^2$.

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik langsung} &= \frac{F}{A} = \frac{555.66}{691.65} \\ &= 0.803 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4.13 Perbandingan Tegangan Kuat Tarik Lentur dengan Kuat Tarik Langsung

Pada Komposisi dan umur mortar yang sama yaitu komposisi mortar dengan penambahan (umur 28 hari) dengan menggunakan nilai rata – rata dan menggunakan campuran semen tipe 2 didapatkan:

Tegangan tarik lentur rata – rata = 1.550 MPa

Tegangan tarik langsung rata – rata = 0.641 MPa

Tegangan tarik langsung = 41.35 % dari tegangan kuat tarik lentur.

4.14 Cara Perhitungan Susut

Rumus perhitungan susut :

$$\Delta L = L_1 - L_0$$

$$\text{Nilai susut} = \frac{(L_1 - L_0) \times \text{skala dial (mm)}}{\text{Panjang benda uji (mm)}} \times 100\%$$

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

L_0 = pembacaan *Length Comparator* pada umur 24 jam

Skala dial 0.1

Sample : Benda uji mortar komposisi 30% PCC tipe 1, 30%ASP dan 40% PSB dengan kode S.1.1.1.R atau sample 1 pada lampiran.

L_0 = 5.94 (Pembacaan dial)

Mencari ΔL pada hari ke 48

L_1 pada hari ke 48 = 6.10

$$\Delta L = 6.10 - 5.94$$

$$= 0.16$$

$$\text{Nilai susut} = \frac{0.16 \times 0.1}{300} \times 100\%$$

$$= 0.0053$$

4.15 Cara Perhitungan Density

Rumus Perhitungan Density

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

2. Dimana : γ_w = berat jenis air (gram/cm³)
 S = berat benda uji kering udara (gram)
 I = berat benda uji dalam air (gram)

Sample : Benda uji mortar komposisi 30% PCC tipe 1, 30%ASP dan 40% PSB dengan kode D.1.28.1.R

$$\gamma_w = 0.9975$$

$$S = 362$$

$$I = 232.5$$

Maka di dapat besar density

$$\begin{aligned} D_c &= \frac{0.9975 \times 362}{362 - 232.5} \\ &= 2.788 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya mengenai penambahan abu sekam padi terhadap kuat tarik langsung, kuat tarik lentur, susut dan *density*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada analisa ayak abu sekam padi, yang lolos ayakan No.200 adalah sebesar 7.27% dan tertahan pada ayakan No.100 sebesar 72.73%, maka abu sekam padi tidak dapat di golongkan sebagai filler (berdasarkan SNI-03 M-02-1994-03, persyaratan filler adalah lolos ayakan No.200 sebesar 75%), dan juga tidak tergolongkan agregat halus (berdasarkan SNI 03-1750-1990, persyaratan agregat halus adalah tertahan ayakan No.100 sebesar 80-95%). Jadi abu sekam padi ini berada diantara persyaratan ayakan filler dan agregat halus dan agar abu sekam padi bisa masuk persyaratan filler berdasarkan ukuran, maka abu sekam padi ini perlu digiling kembali hingga lebih halus (lolos ayakan No.200 sebesar 75%).
2. *Precious slag ball* yang digunakan adalah ukuran 0.2 - 0.6 mm, berdasarkan analisa ayak *precious slag ball*, yang lolos ayakan No.200 adalah sebesar 2.05% dan tertahan pada ayakan No.100 sebesar 74.54%, maka *precious slag ball* tidak dapat di golongkan sebagai filler, dan juga tidak tergolongkan agregat halus. Jadi *precious slag ball* ini berada diantara persyaratan ayakan filler dan agregat halus. Jika tidak meninjau dari persyaratan ayakan, hanya berdasarkan ukuran butiran (batas bawah ukuran agregat halus 0.075 mm dan batas atas ukuran agregat halus 4.75 mm) saja, maka *precious slag ball* dapat digolongkan sebagai agregat halus.
3. Besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 1; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.24 kali kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 1; 70% PSB.
4. Besar kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 2; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.22 kali kuat tarik langsung campuran 30% PCC tipe 2; 70% PSB.

5. Jika kuat tarik langsung pada penelitian ini dibandingkan kuat tarik langsung mortar normal, dimana kuat tarik mortar normal sebesar > 0.5 MPa pada umur 28 hari (BS 4551:1998), adalah sebagai berikut :
- Campuran 30% PCC tipe 1; 30% ASP; 40% PSB sebesar 1,45 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 2; 30% ASP; 40% PSB sebesar 1,26 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 1; 70% PSB sebesar 6,2 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 2; 70% PSB sebesar 5,73 kali kuat tarik mortar normal.

Jadi besar kuat tarik langsung pada percobaan ini, semua melebihi kuat tarik langsung mortar normal.

6. Besar kuat tarik lentur campuran 30% PCC ; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.1 kali kuat tarik lentur campuran 30% PCC; 70% PSB
7. Jika kuat tarik lentur rata – rata penelitian dibandingkan kuat tarik lentur mortar normal, dimana kuat tarik lentur mortar normal sebesar 5 MPa pada umur 28 hari (BS 4551:1980), adalah sebagai berikut :
- Campuran 30% PCC tipe 1; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.35 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 2; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.31 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 1; 70% PSB sebesar 2.8 kali kuat tarik mortar normal.
 - Campuran 30% PCC tipe 2; 70% PSB sebesar 2.57 kali kuat tarik mortar normal.

Jadi besar kuat tarik lentur yang menggunakan ASP lebih kecil dari pada kuat tarik lentur mortar normal. Dan kuat tarik lentur yang tidak menggunakan ASP mempunyai kuat tarik lentur yang lebih besar dari pada kuat tarik lentur mortar normal.

8. Besar susut rata - rata untuk masing-masing campuran adalah :
- Nilai susut rata - rata campuran 30% PCC tipe 1; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.0092.
 - Nilai susut rata - rata campuran 30% PCC tipe 2; 30% ASP; 40% PSB sebesar 0.0088.
 - Nilai susut rata – rata campuran 30% PCC tipe 1; 70% PSB sebesar 0.0061.
 - Nilai susut rata – rata campuran 30% PCC tipe 2; 70% PSB sebesar 0.0061.

Besar susut mortar normal < 0.1% (ASTM C531). Jika dibandingkan besar susut penelitian rata - rata dengan besar susut mortar normal, semua lebih kecil dibandingkan dengan nilai susut mortar normal.

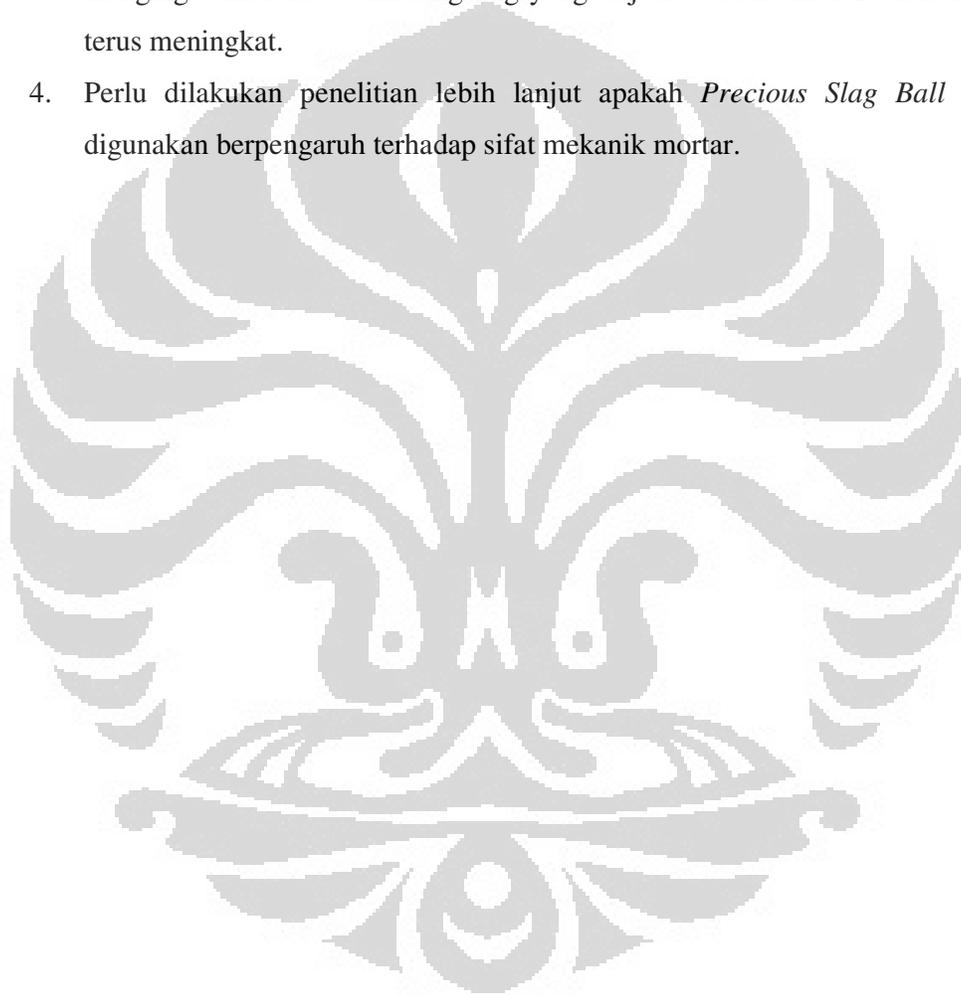
9. Besarnya *density* pada campuran 30% PCC 30% ASP 40% PSB juga mengalami penurunan. Berikut *density* mortar yang dihasilkan pada masing-masing campuran
- 30% PCC 70% PSB untuk semen *Type 1* adalah 2.811 gram/cm³
 - 30% PCC 70% PSB untuk semen *Type 2* adalah 2.781 gram/cm³
 - 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen *Type 1* adalah 1.579 gram/cm³
 - 30% PCC 30% ASP 40% PSB untuk semen *Type 2* adalah 1.602 gram/cm³

5.2 SARAN

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

1. Persentase nilai abu sekam padi yang ditambahkan pada pengujian ini terlalu banyak sehingga terjadi penurunan dari sifat mekanik mortar, untuk itu pada pengujian selanjutnya jumlah persentase abu sekam padi sebaiknya dikurangi, kisarannya kurang dari 10%.

2. Untuk pengujian susut, diharapkan untuk membuat alat lagi yang tidak perlu dicabut pasang ketika membaca dial, karena itu dapat menyukarkan dalam hal pembacaan. Karena jika meletakkan berbeda sedikit saja dari posisi sebelumnya atau tergerus sedikit pada benda uji karena proses pemasangan, akan menyebabkan pembacaan dial yang akan sangat berbeda sekali.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai nilai kuat tarik langsung, mengingat nilai kuat tarik langsung yang terjadi setelah umur 28 hari masih terus meningkat.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah *Precious Slag Ball* yang digunakan berpengaruh terhadap sifat mekanik mortar.



DAFTAR PUSTAKA

- Ecomaister. *Use of Precious Slag Ball (PSB)*, Browsing internet,
<http://www.ecomaister.com/renewal/eng/business/business120.php>
- Houston, D.F. *Rice Chemistry And Technology*, American Association Of Cereal Chemist, Inc. Minnesota : 1972.
- Krishnarao R. V., Subrahmanyam J., Kumar, T. J. *Studies On The Formation Of Black In Rice Husk Silica Ash*, J. Ceramic Society : 2000
- Kusumantara, Diah. *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Campuran 50% Semen Dan 50% Abu Sekam Padi*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok : 2009.
- Laksono, Prasetyoko, Andhi. Didik. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*, Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya : 2006.
- Pasaribu, Ramos. *Analisa Kemampuan Beton Ringan Abu Sekam Padi*, Jurusan Arsitektur, Universitas Tarumanegara. Jakarta : 2007.
- Purna Baja Heckett, PT. *Precious Slag Ball (PSB)*, Browsing internet,
<http://pbhsteelslag.com/produk.php>
- Sjafei Amri, *Teknologi Beton A - Z*, Yayasan John Hi-Tech, Jakarta : 2005.
- V. Sunggono. *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung : 1995.
- Standar Nasional Indonesia 15-7064-2004, *Semen Portland Komposit*, Indonesia ; 2004.
- American Standard of Testing Material C 307-03, *Standard Test Method for Tensile Strength of chemical-Resistant Mortar, Grouts, and Monolithic Surfacing*s, AISC, United States .
- American Standard of Testing Material C 580-02, *Standard Test Method for flexural Strength and Modulus of Elasticity of Chemical Resistant Mortars*,

Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes, AISC, United States.

American Standard of Testing Material C 490-04. *Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Paste, Mortar, and Concrete*, AISC, United States.

American Standard of Testing Material C 905-01, *Standard Test Method for Apparent Density of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*, AISC, United States.

