

**Skripsi Fisika**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT FISIS EKOSEMEN  
DARI BAHAN SEMEN PORTLAND DAN ABU SEKAM PADI DENGAN  
METODE PASTA**

**OLEH :**

**MARDIANA  
11211 04 035**



20.2 - 09  
MIPA  
1 kelas  
Fisika  
27  
SER - MHC3  
M.A.P.  
P.

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2009**

**Skripsi Fisika**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT FISIS EKOSEMEN  
DARI BAHAN SEMEN PORTLAND DAN ABU SEKAM PADI  
DENGAN METODE PASTA**

**OLEH :**

**MARDIANA  
H211 04 035**

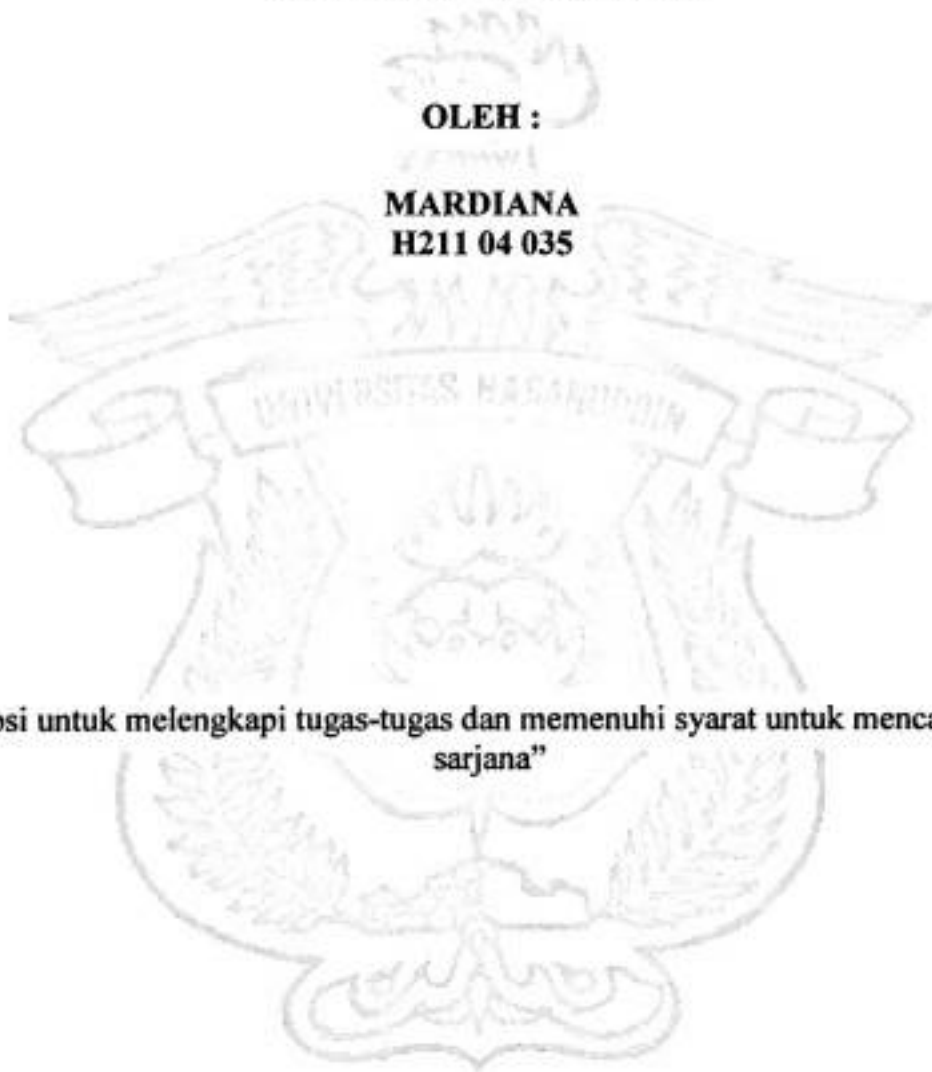


**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2009**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT FISIS EKOSEMEN  
DARI BAHAN SEMEN PORTLAND DAN ABU SEKAM PADI  
DENGAN METODE PASTA**

**OLEH :**

**MARDIANA  
H211 04 035**



**"Skripsi untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk mencapai gelar sarjana"**

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2009**

**Lembar Pengesahan**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT FISIS EKOSEMEN  
DARI BAHAN SEMEN PORTLAND DAN ABU SEKAM PADI  
DENGAN METODE PASTA**

**OLEH :**

**MARDIANA  
H211 04 035**

**Makassar, Februari 2009**

**Disetujui oleh:**

**Pembimbing Utama**



**Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.**  
**NIP. 131 570 877**

**Pembimbing Pertama**



**Tallasa, ST**

## SARI BACAAN



Sampah merupakan masalah yang belum bisa teratasi. Salah satu contoh sampah organik adalah sekam padi, selain membutuhkan lahan luas untuk proses penyimpanannya, juga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Pada penelitian ini dibuat ekosemen dari limbah abu sekam padi (ASP) dan semen Portland, ASP sebagai bahan aditif dengan variasi penambahan 5 persen, 10 persen, 15 persen dan 20 persen pada semen portland. Berdasarkan pengujian sifat kimia, kehalusan, kebutuhan air, waktu pengikatan dan perkembangan cepat kaku menunjukkan bahwa ASP memberi pengaruh terhadap kualitas ekosemen. Penambahan ASP mengganti berat semen cenderung meningkatkan kebutuhan air semen, waktu pengikatan lebih lama, dan perkembangan cepat kaku dari pasta semen menjadi lebih baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosemen dari ASP dapat dijadikan semen alternatif. Dengan proses sederhana diperoleh kualitas yang tidak jauh berbeda dari semen Portland, lebih ekonomis serta dapat melestarikan lingkungan.

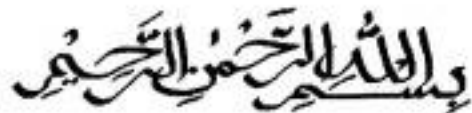
*Kata kunci : Sampah, abu sekam padi, semen Portland, ekosemen, lingkungan*

## ABSTRACT

The waste is one of the problem which not yet can be overcome. For one example organic waste is rice husk, besides required large farm to process them depository, can also giving negative impact to environment. This research, ecocement has been made from rice husk ash (ASP) and Portland cement, compound for the additive is ASP with variation 5 percent, 10 percent, 15 percent, and 20 percent on Portland cement. According to the results of chemistry analyze, fineness, amount of water required, setting time, and early stiffening, it found that percentage of ASP can give significant influent to eco cement quality. Additioning ASP who changes cement weight can increased amount of water required, longer setting time, and the early stiffening of cement pasta would be better. This research showed ecocement of ASP can be used as alternative cement. Using this simple process, we can get the quality is not different as far as Portland cement, more economic, and preserving environment around.

*Key words : Waste, rice husk ash, Portland cement, ecocement, environment*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayat-Nyalah penulis dapat mengerjakan skripsi ini dan menyelesaikan studi pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan hambatan, namun hal ini dapat teratasi berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu selayaknyalah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya, dengan rasa tulus dan ikhlas kepada yang terhormat:

1. **Kedua orang tua** tercinta dan tersayang, **kakak – kakakku, adik- adikku, serta keponakan-keponakanku** yang selalu mendoakan serta memberikan dorongan baik moril maupun materi bagi kelancaran studi penulis.
2. **Ibu DR. Nurlaela Rauf, M.Sc.** selaku pembimbing utama atas bimbingan, bantuan dan saran serta motivasinya kepada penulis.
3. **Ibu Dra. Bidayatul Armynah, M.T, bapak Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc, Ph.D, dan bapak Drs. Bansawang BJ, M.Si** selaku dosen penguji atas bimbingan dan saran yang telah diberikan untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

4. **Bapak Tallasa, ST.** Selaku pembimbing pertama atas bimbingan dan pengarahannya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. **Kakak Bachtiar, Kakak Muchlis, dan Kakak Miftahuddin.** Selaku pembimbing pada Laboratorium Fisika PT. Semen Bosowa Maros.
6. **Seluruh karyawan PT. Semen Bosowa Maros** khususnya **Staff Quality Assurance and Control Department PT. Semen Bosowa Maros** atas bimbingan dan pengetahuan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
7. Seluruh dosen dan asisten pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin khususnya pada jurusan **Fisika** yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan keterampilan yang sangat berharga.
8. Para karyawan jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin (P' Aji, K' Salma, K' Latif, K' Mus, P' Syahrir, dan P' Pet) yang telah memberi bantuan kepada penulis selama menyelesaikan studi.
9. **Spesial buat Kak Syam**, yang selalu menjadi penyemangatku. (*maaf... kalau selama ini saya selalu bwt kakak jengkel, thanks atas semuanya,*)
10. Teman-teman-Q terpesial **Partner-Q Aidah**, yang pantang menyerah, teman seperjuanganku (**ida, nona, dan sanny**), teman curhat-Q n t4 nginap-Q **leha, amma & nanni** (*jangan pernah merasa sendiri Karena kami akan selalu ada bwt kalian, smagatK kerja TAta'*), *tanpa doa dan bantuan kalian TA-Q tidak mungkin selesai, thanks... kalian adalah sahabat - sahabat terbaik-Q, moga2 kita smua jadi orang sukses.*



11. **Saudara-saudari-Q fiskopat**, Hendra SG "*penyelamat data-Q, thanks atas bantuanta' "*. Wahida, Yana, Amhy, Yuan, Cemman, Hasanatan, Lisa, Iin, Athy, Ani, Arie, Tri, Ila, Jo, Dhika, Mamal, Ali, Takim, Amran, Adjie, Ro2, Eka, Inna, Tomy, Yus, Misbah, Jey, Baiz, Yudhi, Me2y, Be'do, Indra) serta teman – teman yang tidak disebutkan namanya terima kasih banyak atas semuanya kalian adalah teman –teman terbaik ku selama kuliah.

12. **Junior-Q** (Rosmina Ekawati "*thanks atas tumpangan & komputernya "*, riska, rika, n mira ), **Ria senior** "*yang slalu mendengar keluh-kesahku*", K' anto, Kafid dan **Ade2q di pondok restu** (ilma, nani, janna, n tuti) bersama kalian saya selalu ceria dan semangat.

Akhir kata penulis menyadari skripsi ini masih kurang sempurna, tiada lain harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Februari 2009

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN .....	i
SARI BACAAN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Ruang Lingkup Penelitian .....	3
I.3. Tujuan Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
II.1 Semen .....	4
II.2 Semen Portland .....	6
II.2.a Sifat Kimia Semen Portland .....	8
II.2.b Pengujian semen Portland .....	10
II.2.c Semen Portland Campuran .....	17
II.3 Sekam Padi .....	18

II.4 Ekosemen .....	20
II.4.a Proses Pembuatan Ekosemen .....	21
II.4.b Kualitas Ekosemen .....	23
BAB III METODOLOGI .....	24
III.1. Persiapan Bahan .....	24
III.2. Alat Dan Bahan .....	24
III.2.a Alat .....	24
III.2.b Bahan .....	25
III.3 Prosedur Kerja .....	26
III.3.a Pembuatan Ekosemen .....	26
III.3.b Uji Komposisi Kimia .....	26
III.3.c Uji Kehalusan dengan <i>Blaine</i> .....	27
III.3.d Uji Kehalusan dengan Metode Ayakan (sieving)/ Metode <i>Residu</i> .....	28
III.3.e Uji Kebutuhan Air Semen .....	29
III.3.f Uji Waktu Pengikatan Semen .....	31
III.3.g Uji Cepat Kaku Semen .....	32
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
IV.1 Hasil Uji Komposisi Kimia Bahan .....	35
IV.2 Kehalusan Abu Sekam Padi .....	38
IV.3 Hasil Uji Sifat- Sifat Fisis Semen .....	39

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
V.1. KESIMPULAN .....	50
V.2. SARAN .....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persentase Komposisi kimia Semen Portland .....	10
Tabel 2.2	Syarat Mutu Pengujian Fisika Semen Portland .....	17
Tabel 2.3	Syarat Mutu Semen Portland Campuran (SNI-15-3500-2004) .....	18
Tabel 2.4	Komposisi kimia Sekam Padi (menurut DTC- IPaB) .....	19
Tabel 2.5	Perbandingan komposisi Kimia Abu Insenerasi dengan Semen Portland .....	21
Tabel 4.1	Persentase Komposisi Kimia Bahan dengan <i>X-Ray</i> .....	35
Tabel 4.2	Residu Abu Sekam Padi .....	38
Tabel. 4.3	Perbandingan Blaine Semen Portland dan Ekosemen .....	39
Tabel 4.4	Perbandingan Residu Semen .....	41
Tabel 4.5	Perbandingan Kebutuhan Air Semen .....	43
Tabel 4.6	Perbandingan pengikatan Semu Penetrasi Akhir (FP) Semen .....	45
Tabel 4.7	Perbandingan Waktu Pengikatan Semen .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Grafik Analisa Komposisi Kimia Bahan Ekosemen .....	37
Gambar 4.2	Perbandingan Kehalusan Semen dengan Blaine .....	40
Gambar 4.3	Perbandingan Kehalusan Semen dengan Residu .....	42
Gambar 4.4	Perbandingan Kebutuhan Air Semen .....	43
Gambar 4.5	Perbandingan Pengikatan Semu penetrasi Akhir Semen .....	45
Gambar 4.6	Perbandingan Waktu Pengikatan Akhir Semen .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Komposisi campuran untuk satu kali pengujian semen
- Lampiran B Penentuan volume air untuk mendapatkan semen yang plastis  
(memenuhi konsistensi normal)
- Lampiran C Penentuan waktu pengikatan semen
- Lampiran D Pengolahan data waktu pengikatan semen
- Lampiran E Gambar alat- alat pengujian semen
- Lampiran F Gambar Proses Pengujian Semen

# BAB I PENDAHULUAN



# BAB I

## PENDAHULUAN



### I.1 Latar Belakang

Di Indonesia limbah/ sampah merupakan masalah yang belum bisa teratasi. Meskipun telah banyak upaya yang telah dilakukan untuk mencari penyelesaian masalah ini, namun sampai saat ini proyek tersebut masih jalan ditempat. Sebagai salah satu contoh pengolahan sampah di TPA Leuwigajah yang telah menewaskan puluhan nyawa yang tak bersalah.

Disisi lain dari tahun ke tahun kebutuhan akan semen semakin meningkat sementara harga semen kian mahal akibat biaya produksi yang semakin meningkat dan kadang terjadi kelangkaan di pasaran. Masyarakat di daerah yang pendapatan rendah akibat krisis ekonomi tidak dapat menjangkau harga semen.

Berdasarkan kondisi diatas maka berbagai upaya di lakukan untuk mencari bahan alternatif sebagai pengganti bahan semen Portland. Salah satu yang telah banyak di teliti adalah penggunaan abu pembakaran dari limbah organik sebagai bahan pembuatan Ekosemen. Ekosemen ini pertama kali diperkenalkan oleh para peneliti di Jepang. Mereka mengubah abu pembakaran sampah organik menjadi bahan pembuat semen. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa abu hasil pembakaran sampah organik tersebut mengandung unsur yang sama dengan bahan dasar pembuatan semen pada umumnya.

Sekam padi merupakan salah satu limbah/ sampah organik yang memerlukan penanganan yang lebih serius. Tumpukan limbah pertanian sekam padi dapat mengganggu lingkungan dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia karena limbah ini membutuhkan waktu yang lama untuk proses penghancuran secara alamiah. Para peneliti telah banyak melakukan upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah sekam padi, salah satu diantaranya digunakan sebagai bahan campuran pembuatan semen Portland. Limbah abu pembakaran sekam padi digunakan sebagai bahan pengganti sebagian bahan semen Portland. Abu sekam padi memiliki unsur-unsur yang bermamfaat untuk meningkatkan mutu dari semen, mengandung silikat yang sangat menonjol, dan bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan semen yang lebih tinggi.

Kabupaten Maros merupakan salah satu daerah pertanian di Sulawesi Selatan yang banyak terdapat industri penggilingan padi dan menghasilkan sekam dalam jumlah yang cukup besar. Pemanfaatan limbah sekam padi ini diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf hidup masyarakat dan dapat melestarikan lingkungan sekitar serta dapat mengurangi biaya produksi dari industri semen.

Pada percobaan pembuatan Ekosemen dari limbah sekam padi ini digunakan variasi campuran antara abu sekam padi dan semen Portland. Parameter yang diuji antara lain sifat-sifat fisis dan kimia dari abu sekam padi dan semen Portland. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan pemanfaatan abu sekam sebagai bahan baku pembuatan ekosemen.

## **I.2 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini akan dibuat Ekosemen dengan menggunakan campuran antara abu sekam padi dengan semen Portland. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan pengujian mutu abu sekam padi. Selanjutnya dilakukan pengujian kualitas Ekosemen tersebut meliputi uji kehalusan butiran, uji kebutuhan air, uji pengikatan dan uji cepat kaku.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Pengujian sifat fisis dan kimia dari sampel abu sekam padi berupa kehalusan butiran, dan komposisi kimia.
2. Pengujian sifat fisis pada semen Portland yaitu kehalusan butiran, kebutuhan air, uji pengikatan dan uji cepat kaku.
3. Pengujian kualitas produk ekosemen yaitu meliputi uji kehalusan butiran, kebutuhan air, uji pengikatan dan uji cepat kaku.

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Semen

Pada era pembangunan sekarang ini pemakaian semen sebagai bahan baku utama dalam pembuatan konstruksi bangunan semakin banyak diperlukan. Semen (*cement*) adalah hasil paduan dari batu kapur/ batu gamping sebagai bahan utama atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membantu pada pencampuran dengan air.<sup>(1,2)</sup>

Klasifikasi semen menurut Orchart (*Concrete technology*, 1962) adalah:

##### 1. Semen Portland

Semen Portland terdiri semen tipe I-V, semen berwarna, dan semen Portland pozoland (*Portland glass blast furnace*).

##### 2. Semen alamiah

Semen alamiah adalah semen yang dibuat dengan membakar atau memanaskan bahan alamiah yang mempunyai komposisi seperti bahan bahan semen Portland dengan suhu pemanasan yang tidak terlalu tinggi.

##### 3. *High Alumina Cement*

Semen jenis ini dibuat dari bahan-bahan yang mengandung alumina tinggi dengan kadar silika jauh lebih rendah dari semen Portland. Bersifat sangat cepat mengeras, lebih cepat dari pada semen Portland tipe III, dengan panas

hidrasi sangat tinggi dan ketahanan terhadap serangan kimia yang tinggi daripada semen Portland tipe V.

#### 4. *Supersulphate Cement*

*Supersulphate Cement* yaitu semen yang dibuat dengan mencampur 80 sampai 85 persen bahan pozolan (*slag blast furnace*) dengan 10 sampai 15 persen kalsium sulfat dan 1 sampai 2 persen semen Portland.

#### 5. Semen- semen khusus

Terdiri dari *masonry cement*, *expansive cement* dan *oil well cement*.

#### 6. Semen Pozolanik

Jenis semen yang dibuat dengan bahan yang mempunyai sifat – sifat pozolan (Hariyasa dkk, A.G Turmenoglu).<sup>(1,2)</sup>

Proses pembuatan semen dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu :<sup>(2,3)</sup>

- a. Proses basah : semua bahan yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi BBM.
- b. Proses kering : menggunakan teknik penggilingan dan blending kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara. yaitu:
  - a. Proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di *rotary dryer* dan *roller meal*.
  - b. Proses pencampuran (*homogenizing raw meal*) untuk mendapatkan campuran yang homogen.

- c. Proses pembakaran *raw meal* untuk menghasilkan *terak* (*clinker* : bahan setengah jadi yang dibutuhkan untuk pembuatan semen).
- d. Proses pendinginan *terak*.
- e. Proses penggilingan akhir dimana *clinker* dan *gypsum* digiling dengan *semen mill*.

## II. 2 Semen Portland

Nama semen Portland diusulkan oleh Josep Aspdin pada tahun 1824 karena campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah di pulau Portland. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus *clinker*, yang terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dapat dipakai bahan pembantu. Semen Portland dibuat dari campuran beberapa jenis bahan galian industri, yaitu batu gamping, tanah liat, pasir kuarsa, pasir besi dan *gypsum* dengan komposisi tertentu yang dikalsinasi pada suhu  $1350^{\circ}\text{C}$ .<sup>(3)</sup>

Semen Portland adalah semen yang disusun oleh senyawa-senyawa utama  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Senyawa ini terbentuk pada waktu penggilingan karena adanya penambahan bahan-bahan mentah. Campuran tersebut membentuk *clinker* yang kemudian ditambah dengan *gypsum* maka akan terbentuk semen Portland.

Berdasarkan persyaratannya, semen Portland dapat dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu:<sup>(1,3)</sup>

- a. Tipe I : Tidak ada persyaratan khusus.

Dapat digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan secara umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain. Semen Portland Jenis ini mutunya dijamin dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

- b. Tipe II : Tahan sulfat dengan hidrasi sedang kadar  $C_3A$  yang cukup rendah membuat semen menjadi tahan sulfat dan  $C_3A$  juga dibatasi membuat reaksi hidrasi berjalan terlalu cepat sehingga panas hidrasi sedang. Tipe semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan yang tahan dengan serangan sulfat atau untuk bangunan di tepi pantai, di laut dan lokasi beton dimana kadar garam dalam tanah sedang.

- c. Tipe III : Kekuatan awal yang tinggi.

Kadar  $C_3A$  yang cukup tinggi membuat kekuatan awal cepat terbentuk, digunakan untuk konstruksi yang membutuhkan kekuatan awal yang tinggi seperti pondasi dan jembatan.

- d. Tipe IV : Panas hidrasi rendah.

Kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  rendah dengan  $C_2S$  dominan membuat reaksi berjalan lambat sehingga panas hidrasi rendah. Tipe semen ini digunakan untuk bangunan raksasa seperti dam dan bendungan.

- e. Tipe V : Ketahanan Sulfat tinggi.

Kadar  $C_3A$  dan  $C_4AF$  yang rendah membuat semen menjadi tahan terhadap serangan sulfat. Tipe semen ini digunakan untuk konstruksi beton di pantai atau di laut, dimana kadar garam sulfatnya tinggi.



## II.2.a Sifat Kimia Semen Portland

Sifat kimia semen Portland sangat rumit dan belum dimengerti sepenuhnya. Perkiraan terhadap komposisi semen Portland dapat dilihat pada tabel 2.1. Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat – sifat semen. Zat kapur yang berlebih akan menimbulkan perpecahan semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tapi tidak berlebih cenderung memperlambat pengikatan tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Sebaliknya kekurangan kapur dengan pembakaran yang kurang sempurna akan menyebabkan pengikatan cepat.<sup>(3)</sup>

Silika membentuk seperlima sedangkan alumina hanya sekitar seper duabelas dalam semen. Silika dalam kadar tinggi, biasanya disertai alumina kadar rendah menghasilkan pengikatan lambat pada semen, kekuatan tinggi dan meningkatkan ketahanan terhadap zat kimia yang tinggi. Sebaliknya alumina kadar tinggi dan silika kadar rendah menghasilkan pengikatan cepat dan kekuatan tinggi. Besi akan memberikan warna abu – abu pada semen, dan berlaku sama seperti alumina.<sup>(3)</sup>

Ketika Semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara campurannya dengan air. Reaksi – reaksi ini ini menghasilkan bermacam – macam senyawa kimia. Ada empat macam senyawa kimia potensial yang paling penting dihasilkan oleh reaksi – reaksi kimia tersebut, yaitu:<sup>(3,4)</sup>

1. Tricalcium Aluminate ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) disingkat  $\text{C}_3\text{A}$ , senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas dan menyebabkan pengikatan awal.

2. Tricalcium Silikat ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) disingkat  $\text{C}_3\text{S}$ , senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari pertama.
3. Dicalcium Silikat ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) disingkat  $\text{C}_2\text{S}$ , formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Perkembangan kekuatan akibat senyawa ini berlangsung dari umur 14 hari sampai 28 hari, dan seterusnya. Semen yang mempunyai dicalcium silikat yang banyak mempunyai ketahanan terhadap zat kimia yang tinggi.
4. Tetracalcium Aluminoferrite ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) disingkat  $\text{C}_4\text{AF}$ , senyawa ini kurang penting karena tidak tampak berpengaruh terhadap sifat – sifat semen lainnya hanya berpengaruh pada warna semen.

**Tabel 2.1 Persentase Komposisi kimia Semen Portland <sup>(3)</sup>**

Uraian	Biasa (%)	Pengerasan cepat (%)	Panas rendah (%)	Tahan sulfat (%)
Analisa				
a. Kapur	63.1	64.5	60.0	64.0
b. Silikat	20.6	20.7	22.5	24.4
c. Alumina	6.3	5.2	5.2	3.7
d. Besi Oksida	3.6	2.9	4.6	3.0
Senyawa kimia				
a. Tri-kalsium Silikat (C <sub>3</sub> S)	40.0	50.0	25.0	40.0
b. Di-Kalsium Silikat (C <sub>2</sub> S)	30.0	21.0	45.0	40.0
c. Tri-kalsium Alumina (C <sub>3</sub> A)	11.0	9.0	6.0	2.0
d. Senyawa Besi (C <sub>4</sub> AF)	11.0	9.0	14.0	9.0

### II.2.b Pengujian semen Portland

Perincian cara pengujian semen diberikan dalam peraturan Inggris dan ASTM. Pengujian adalah syarat yang paling utama pada pembuatan semen, agar diperoleh hasil yang memuaskan dan memenuhi standar yang telah ditentukan (Tabel 2.2). Pada umumnya pengujian semen disarankan kepada seorang operator yang berpengalaman di laboratorium yang lengkap dimana suhu dan kelembaban ruangan dikontrol.

Pengujian semen yang dilakukan antara lain: <sup>(3,4)</sup>

a. Kehalusan.

Kehalusan merupakan faktor yang sangat berpengaruh tersifat-sifat semen setelah komposisi kimia. Penggilingan yang lebih halus akan mempercepat reaksi hydrasi bahan-bahan pembentuk semen, kekuatan dari pasta semen semakin bertambah, dan akan memperbesar kesempatan retak serta meningkatkan penyusutan pada beton. Kehalusan penggilingan juga penting dalam pengerjaan adukan beton, mengurangi perbandingan air – semen untuk mencapai konsistensi tertentu.

Pengujian kehalusan semen menggunakan dua metode:

1. Menentukan luas permukaan total dari partikel semen (*specific surface*) adalah suatu cara pengujian untuk menentukan luas spesifik semen (jika disebar dalam 1 lapis) yang dinyatakan sebagai jumlah luas permukaan permukaan semen dalam  $m^2 / kg$  atau  $cm^2 / gram$ . Pengujian luas permukaan menggunakan alat *blaine* yaitu *Blaine Air Permeability Apparatus*. Alat Blaine pada dasarnya terdiri dari sejumlah alat yang dapat menarik sejumlah udara melalui suatu alas semen yang mempunyai porositas tertentu. Besar dan jumlah pori-porinya merupakan fungsi dari ukuran butiran semen serta menentukan kecepatan aliran udara pada tabung alat *blaine*. Nilai kehalusan dihitung dari permeabilitas udara terhadap sampel yang dipadatkan pada kondisi tertentu (hambatan udara terhadap kecepatan aliran udara pada sampel semen yang dipadatkan).

## 2. Metode Ayakan (*sieving*)/ Metode Residu

Metode ini adalah salah satu cara pengujian menentukan berat sampel semen yang tersisah diatas ayakan tertentu. Semakin besar persentase residu dari semen hal tersebut mengidentifikasi bahwa ukuran partikel semen semakin besar.

Pengujian residu pada semen ada dua cara yaitu metode basah dengan menggunakan ayakan berukuran  $90\ \mu\text{m}$ ,  $150\ \mu\text{m}$ , dan  $212\ \mu\text{m}$  serta seprotan air bertekanan dan metode kering menggunakan *Air Jet Sieve* dan ayakan berukuran  $45\ \mu\text{m}$ .

### b. Kebutuhan air semen (*Normal consistency*)

*Consistency* adalah suatu mobilitas relatif (sifat dapat bergerak) dari campuran atau kemampuan mengalir (*flow*). *Normal consistency (NC)* adalah suatu nilai perbandingan antara massa air yang digunakan dan massa semen yang dinyatakan dengan persen.

Kebutuhan air terutama dipengaruhi oleh kandungan aluminat dan untuk pengujian sifat fisis semen, jumlah air campuran yang digunakan mengacu pada kondisi normal konsistensi. Jumlah air yang digunakan sangat berpengaruh pada sifat fisis semen, antara lain :

1. Kuat tekan.
2. Waktu pengikatan.

Kebutuhan air yang diperlukan untuk pembuatan pasta semen Portland ditentukan dengan menggunakan alat *vicat*. Pasta dikatakan telah memenuhi

*Normal Consistency (NC)* apabila batang peluncur alat *vicat* terpenetrasi /menembus pasta sedalam  $10 \pm 1$  mm dari permukaan. Dalam proses pencarian jumlah air yang dibutuhkan untuk membuat pasta semen yang plastis (*workable*) dicari dengan cara *Trial & error* atau coba-coba sampai didapatkan jumlah yang tepat dan apabila belum memenuhi standar maka untuk penentuan kembali harus menggunakan sampel yang baru.

c. Waktu Pengikatan Semen (*Setting time*)

Pengikatan pada semen disebabkan oleh timbulnya reaksi antara senyawa *anhydrous* semen dan air. Dalam semen diketahui terdapat 4 mineral potensial antara lain:  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ , dan  $C_4AF$ . Reaksi ini akan segera terjadi sewaktu semen bertemu dengan air. Air akan segera melarutkan senyawa sulfat dan bereaksi dengan aluminat membentuk senyawa – senyawa potensial yang terjadi kira-kira satu jam setelah pencampuran. Waktu pengikatan mengidentifikasi bahwa pasta semen mengalami reaksi atau tidak mengalami reaksi. Hal-hal yang mempengaruhi waktu pengikatan antara lain:

1. Kandungan mineral potensial  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ , dan  $C_4AF$ .
2. Kandungan  $SO_3$  (Gypsum) dalam semen.
3. Kehalusan semen.
4. Perbandingan komposisi semen dan air yang digunakan.

Selain hal – hal diatas waktu pengikatan juga sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara. Semakin tinggi suhu maka waktu pengikatan semen yang dicapai akan semakin singkat. Waktu pengikatan terbagi dua:<sup>(4)</sup>

1. Pengikatan awal (*Initial Set*).

Pengikatan awal dapat diartikan sebagai waktu mulai adonan terjadi sampai mulai terjadi kekakuan/ adonan mulai tidak plastis. Pengikatan awal dicapai apabila jarum terpenetrasi sedalam 25 mm dari permukaan pasta dimana campuran air dan gypsum masih bersifat plastis dan dapat dikerjakan.

2. Pengikatan akhir (*Final Set*).

Pengikatan akhir adalah waktu yang berlaku saat jarum tidak dapat mempenetrasi lebih jauh kedalam pasta/ adonan sudah tidak dapat dikerjakan. Pengikatan akhir dicapai apabila jarum berbekas tapi tidak nampak terbenam pada permukaan benda uji.

e. Cepat kaku semen (*Early Stiffening*)

Cepat kaku merupakan perkembangan menjadi kaku yang terjadi lebih awal dalam karakteristik kerja pasta semen Portland, mortar, atau beton. Cepat kaku bertujuan untuk menentukan tingkat perkembangan pasta semen atau menetapkan semen tersebut memenuhi batas spesifikasi cepat kaku. Metode pengujian cepat kaku pada semen menggunakan alat *vicat*. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu ditentukan jumlah air yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji (pasta semen). Penetrasi pasta semen untuk pengujian cepat kaku dilakukan dua kali dalam rentang waktu yang sudah ditentukan, yaitu:<sup>(4)</sup>

a. Penetrasi awal

Penetrasi awal ditentukan dengan menggunakan sejumlah air yang cukup untuk mendapatkan penetrasi  $32 \pm 4$  mm dalam jumlah waktu tertentu setelah waktu pencampuran.

b. Penetrasi akhir

Penetrasi akhir ditentukan 5 menit setelah proses pengadukan pasta semen.

Selain penetrasi awal dan penetrasi akhir dapat juga ditentukan *Final Penetrasi* pada semen. *Final Penetrasi* adalah persentase perbandingan antara penetrasi akhir dan penetrasi awal dikalikan dengan 100%.

Pada reaksi semen dengan air dalam pasta semen kadang – kadang terjadi dua hal yaitu:<sup>(4)</sup>

1. Pengikatan semu/ palsu (*False set*), adalah kehilangan secara cepat sifat plastis pasta semen, mortar, atau beton. Kekakuan akibat pengikatan semu tidak dapat dihilangkan dan plastisitasnya diperoleh kembali dengan cara pengadukan lebih lama tanpa penambahan air. pengikatan semu terjadi karena terhidrasinya *gypsum* pada saat penggilingan *clinker* dan *gypsum* pada temperatur operasi yang tinggi.

Pengikatan semu yang terlalu cepat pada semen dapat menimbulkan kesulitan pada penanganan dan pengecoran. Untuk menghindari pengikatan semu yang terlalu cepat pengadukan lebih lama dari pada biasanya. Semen dengan pengikatan semu yang sangat cepat biasanya memerlukan air lebih banyak untuk menghasilkan konsistensi yang



sama, dan dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dan memperbesar penyusutan.

2. Pengikatan cepat (*Flash set/ Quick set*), adalah perkembangan menjadi kaku pada karakteristik kerja pasta semen, mortar, atau beton yang terjadi lebih awal dengan evolusi panas yang agak besar. Kekakuan akibat *Flash set* tidak dapat diperoleh kembali meskipun dilakukan pengadukan dan plastisitasnya dapat diperoleh kembali dengan penambahan air. *Flash set* disebabkan oleh tingginya kandungan mineral  $C_3A$  dalam *clinker* relatif terhadap gypsum. Gejala ini dapat pula disebabkan oleh partikel semen yang terlalu halus dan tingginya kadar  $C_3S$ .

**Tabel 2.2 Syarat Mutu Pengujian Fisika Semen Portland<sup>(4)</sup>**

No.	Uraian	Satuan	Standar Menurut ASTM C150 - 97	Standar Menurut SNI 15-2094 -94
1.	Kehalusan ( dengan Blaine Air Permeability)	m <sup>2</sup> /kg	min. 280	min. 280
2.	Pemuaian dengan Autoclave		-	-
3.	Kuat Tekan	kg/cm <sup>2</sup> (psi)		
	a. 3 hari		Min. 1740	min. 125
	b. 7 hari		min. 2760	min. 250
	c. 28 hari		Min. 4060	min. 280
4.	Waktu pengikatan dengan vicat	menit		
	a. Initial set		min. 45	min. 45
	b. Final set		max. 375	max. 375
5.	Pengikatan semu penetrasi akhir	%	min. 50	min. 50
6.	Kandungan udara dari mortar	%	max. 9	-

### II.2.c Semen Portland Campuran

Semen Portland campuran adalah suatu bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama antara terak semen Portland dan gibs dengan salah satu bahan organik yang bersifat tidak bereaksi. Semen portland campuran dapat digunakan untuk berbagai tujuan salah satunya adalah pembuatan adukan semen dan beton untuk konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus.<sup>(5)</sup>

Ditinjau dari defenisi diatas ekosemen yang dibuat dari campuran antara abu sekam padi dan semen Portland biasa termasuk dalam kategori semen Portland campuran, sehingga standar pengujian kualitas ekosemen dapat merujuk kepada syarat mutu semen Portland Campuran (Tabel 2.3).

**Tabel 2.3 Syarat Mutu Semen Portland Campuran (SNI-15-3500-2004)<sup>(5)</sup>**

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan Sisa di atas ayakan 45 $\mu\text{m}$	%	maks. 24
2.	kekekalan bentuk dengan <i>autoclave</i> a. pemuaian b. penyusutan	% %	maks. 0,8 maks. 0,2
3.	waktu pengikatan dengan vikat a. pengikatan awal b. pengikatan akhir	menit menit	min. 24 max. 375
4.	kuat tekan a. umur 3 hari b. umur 7 hari c. umur 28 hari	MPa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) MPa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) MPa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	min. 10 (100) min. 15 (150) min. 20 (200)
5.	pengikatan semu penetrasi akhir	%	min. 50

### II. 3 Sekam Padi

Sekam merupakan lapisan keras yang membungkus kariopsis butir gabah, terdiri atas dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan padi akan dihasilkan 16,3 - 28 % sekam. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak, dan energi.<sup>(6)</sup>

Sekam padi pada umumnya hanya digunakan sebagai bahan bakar utama atau tambahan pada industri pembuatan batu bata, bahan dekorasi media tumbuh tanaman hias, atau bahkan dibuang di kandang hewan. Telah diketahui bahwa sekam padi mengandung banyak silika amorf apabila dibakar mencapai suhu 500 sampai 700°C dalam waktu sekitar 1 sampai 2 jam. Oleh karena itu, saat ini mulai dikembangkan pemanfaatan abu sekam padi dalam berbagai bidang, salah satunya adalah dalam bidang konstruksi.<sup>(7)</sup>

Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa reaktivitas antara silika dalam abu sekam padi dengan kalsium hidrosida dalam pasta semen dapat berpengaruh pada peningkatan mutu semen atau beton. Kadar silika pada abu sekam dapat mengikat kapur bebas sehingga meningkatkan kuat tekannya. Pada penambahan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti sebagian semen pada mortar berdasarkan persentase penambahan bervariasi dari 0% sampai 30% dengan interval 5%. Kemudian karakterisasi campuran mortar dibandingkan dengan mortar standar (tanpa campuran ASP), menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan kadar ASP sebesar 5% menggantikan berat semen memiliki kekuatan tekan rata-rata yang paling tinggi.<sup>(7)</sup>

**Tabel 2.4 Komposisi kimia Sekam Padi (menurut DTC- IPB)<sup>(6)</sup>**

Komponen	Kandungan (%)
Karbon (zat arang)	1,33
Hidrogen	1,54
Oksigen	33,64
Silika (SiO <sub>2</sub> )	16,98

Ditinjau dari komposisi kimianya sekam mengandung beberapa unsur penting, sehingga dapat dimanfaatkan antara lain:<sup>(8)</sup>

1. Sebagai bahan baku untuk industri kimia.
2. Abu sekam.

Abu sekam adalah hasil dari pembakaran sekam padi. Manfaat dari abu sekam padi antara lain:

1. Bahan baku industri bahan bangunan, terutama kandungan silikat (SiO<sub>2</sub>) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen portland.

2. Bila abu sekam dicampur (digiling) dengan 20-30 % kapur dapat dibuat batu bata yang mempunyai kekuatan tinggi. bata ini mempunyai sifat tahan asam.

3. Semen Portland hitam.

Semen ini dipakai untuk dinding dan sebagainya, dibuat dengan menambah 10 % pigmen karbon black atau besi oksida ( $Fe_2O_3$ ). warnanya tidak tahan lama karena pengaruh pemucatan pada proses pengeringan. Pencampuran 10-20 % abu sekam berwarna hitam (mengandung karbon) seperti yang dihasilkan pada pembakaran terbuka, akan dapat memperbaiki warna semen tersebut.

3. Papan sekam.

Sekam dapat digunakan untuk membuat papan sekam, dengan dicampur berbagai macam bahan perekat. Penggunaan perekat Resin Phenol Formaldehyde pada sekam dapat dibuat menjadi hard board.

4. Sumber energi panas karena kadar selulosanya yang cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil.

#### **II.4 Ekosemen**

Terminologi ekosemen dibentuk dari kata " ekologi" dan " semen". Diawali dari penelitian di tahun 1992, para peneliti Jepang telah mempelajari kemungkinan memproses abu dari hasil pembakaran sampah untuk dijadikan bahan pembuatan semen. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa abu hasil dari pembakaran sampah mengandung unsur yang sama dengan bahan dasar semen pada umumnya, yaitu senyawa-senyawa oksida Seperti  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$ . Oleh karena

itu abu pembakaran ini dapat berfungsi sebagai pengganti clay (tanah liat) yang digunakan pada pembuatan semen biasa.<sup>(9)</sup>

**Tabel 2.5 Perbandingan komposisi Kimia Abu Insenerasi dengan Semen Portland.<sup>(9)</sup>**

Material	CaO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Cl (ppm)
semen portland	62 - 63	20 - 25	3 - 4	3 - 4	2 - 3	50 - 100
abu insenerasi	12 - 31	23 - 29	4 - 7	4 - 7	1 - 4	150.000

Kendala yang paling besar pada proses pembuatan ekosemen dari abu insenerasi adalah kandungan Cl yang begitu tinggi dan logam berat yang masih terkandung yang dapat mengakibatkan masalah pada sistem operasi dan mengurangi kualitas dan tingkat keamanan penggunaan semen tersebut.

Berdasarkan permasalahan itu maka pada penelitian ini mencoba menggunakan abu pembakaran dari limbah organik yang mengandung banyak unsur silika dan tidak mengandung Cl yaitu limbah sekam padi.

#### **II.4.a Proses Pembuatan Ekosemen**

Secara umum proses pembuatan ekosemen pada prinsipnya sama dengan proses pembuatan semen Portland biasa. Perbedaannya terletak pada abu insenerasi, dan limbah lainnya yang digunakan sebagai pengganti *clay* dan sebagian *limestone*.

Adapun proses pembuatan ekosemen antara lain sebagai berikut:<sup>(9)</sup>

#### 1. Persiapan

Bahan baku (abu insenerasi, endapan air kotor rumah tangga, dan residu abu industri) diproses dahulu melalui pengeringan, penghancuran, dan pemisahan logam yang masih terkandung pada bahan baku.

#### 2. Penghancuran

Setelah dikeringkan, bahan baku tersebut kemudian dihancurkan pada *raw grinder* atau *drying mill* bersamaan dengan batu kapur.

#### 3. Pencampuran

Setelah dikeringkan dan dihancurkan, umpan dimasukkan ke dalam *homogenizing tank* bersamaan dengan abu yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga batu bara (*fly ash*) dan limbah yang dihasilkan industri besi (*blast furnace slag*). Penempatan dua *homogenizing tank* yang dimaksudkan untuk pencampuran semua secara merata sehingga dapat menghasilkan komposisi yang diinginkan.

#### 4. Pembakaran

Berbeda dengan produksi semen konvensional dimana bahan baku dibakar pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$ , pada proses pembuatan ekosemen, bahan baku dimasukkan ke dalam *rotary klin* dan dibakar pada suhu di atas  $1350^{\circ}\text{C}$ . Dalam alat ini, dioksin dan senyawa berbahaya lainnya yang terkandung pada abu insenerasi akan terurai menjadi air dan gas klor sehingga aman bagi lingkungan. Gas yang keluar dari *rotary klin* kemudian didinginkan secara cepat hingga suhu  $200^{\circ}\text{C}$  untuk mencegah terbentuknya kembali dioksin. Pada proses ini, logam berat yang masih terkandung dipisahkan dan dikumpulkan ke dalam *bag filter*

sebagai debu yang masih mengandung klor. Debu ini kemudian dialirkan ke *heavy metal recovery process*. Klor yang masih tersisa akan dihilangkan dan menghasilkan sebuah *artificial ore* seperti tembaga dan timbal yang kemurniannya mencapai 35% atau lebih. Proses pembakaran akan menghasilkan *clinker (intermediate stage)* pada industri semen yang kemudian di kirim ke *clinker tank*.

#### 5. Penghancuran Produk

Campuran *gypsum* dan *clinker* dihancurkan dalam *finish mill* kemudian akan dihasilkan ekosemen.

#### II.4.b Kualitas Ekosemen

Hingga saat ini terdapat dua macam tipe ekosemen (berdasarkan penambahan alkali dan kandungan klor) yaitu *tipe biasa* dan *tipe fast hardening*. Ekosemen tipe biasa mempunyai kualitas sama baiknya dengan semen Portland biasa. Tipe ekosemen ini digunakan sebagai *ready mixed concrete* sedangkan tipe *fast hardening* memiliki kekuatan konkrit serta pengerasan yang lebih cepat dibandingkan semen portland tipe *high-early strength*. Ekosemen tipe *fast hardening* digunakan pada blok arsitektur, bahan genteng, pemecah ombak, dan lain sebagainya. Ekosemen tipe *fast hardening* telah melewati standardisasi JIS (*Japanese Industrial Standar*).<sup>(9)</sup>



# BAB III METODOLOGI

## BAB III METODOLOGI

### III.1 Persiapan Bahan

Bahan terdiri dari dari abu sekam padi yang berasal dari salah satu pabrik penggilingan gabah milik Bapak H. Calu' di dusun Mannuruki desa Minasa Baji kabupaten Maros, dan semen Portland yang berasal dari PT. Semen Bosowa Maros.

### III.2 Alat Dan Bahan

#### III.2.a Alat

Alat-alat yang digunakan pada pembuatan Ekosemen:

1. *Mixer*, dengan kapasitas yang besar untuk menghomogenkan atau mencampur bahan yang digunakan untuk pembuatan Ekosemen.
2. *Spektrometer pendar flor Sinar-x*, untuk menentukan kandungan bahan.
3. Neraca, untuk menimbang bahan yang digunakan.
4. Stopwatch untuk menentukan waktu pengujian.
5. Pengaduk mekanik/ *mixer* dan mangkok aduk dengan tenaga listrik untuk mencampur bahan pasta semen.
6. Alat *vicat*, digunakan untuk penetrasi (penembakan) pada pasta semen.
7. Cincin *vicat* dan *plat kaca*, tempat mencetak pasta semen untuk penetrasi.
8. Pisau segitiga, sarung tangan karet dan penggaruk karet digunakan untuk pembuatan pasta semen.

9. Labu seprot dan gelas ukur untuk menentukan jumlah air pada pembuatan pasta semen.
10. Ruang lembab (*wet box*), untuk menyimpan sampel selama pengujian.
11. Seperangkat *Blaine Air Permeability Apparatus*, untuk menentukan kehalusan semen.
12. Ayakan berukuran  $90\ \mu\text{m}$ ,  $150\ \mu\text{m}$ , dan  $212\ \mu\text{m}$  untuk mengukur residu material dengan cara basah.
13. Oven untuk mengeringkan sampel.
14. Grinding digunakan untuk menghaluskan sampel.
15. Seperangkat *Air Jet Sieve*, Alat untuk mengukur Residu semen dengan cara kering.

### **III.2.b Bahan**

Bahan dasar yang digunakan pada pembuatan Ekosemen:

- a. Abu sekam padi.
- b. Semen Portland tipe - I
- c. Air bersih.

### III.3 Prosedur Kerja

#### III.3.a Pembuatan Ekosemen

Abu sekam padi berwarna putih yang diambil pada lumbung sekam dan telah mengalami pembakaran dihaluskan dan dihomogenkan dengan manual komposit, kemudian dicampur dengan Semen Portland yang telah dihomogenkan dengan menggunakan mixer dengan perbandingan Semen Portland : Abu Sekam Padi (ASP) yaitu, 95 % : 5 %, 90 % : 10 %, 85 % : 15 %, dan 80 % : 20 %. Masing-masing campuran tersebut dihomogenkan dengan menggunakan mixer bertenaga listrik. Dari pencampuran ini dihasilkan 4 macam ekosemen yaitu ekosemen 5% ASP, ekosemen 10%ASP, Ekosemen 15% ASP. dan ekosemen 20% ASP.

#### III.3.b Uji Komposisi Kimia

Abu sekam padi, semen Portland dan keempat macam ekosemen yang telah dihomogenkan dilakukan uji komposisi kimia dengan menggunakan *Spektrometer pendar flour sinar - x*. Prosedur pengujian komposisi kimia adalah : <sup>(3)</sup>

1. Sampel berupa Abu sekam padi, semen Portland dan ekosemen ditimbang masing - masing 25 gram dan ditambahkan 25 ml propanol. Masing - masing sampel yang telah ditambahkan propanol kemudian dimasukkan ke dalam mesin grinding selama satu menit.
2. Setelah dihaluskan kemudian masing - masing sampel dibakar sampai apinya padam untuk menghilangkan propanolnya. Bila apinya telah padam sampel

tersebut dimasukkan ke dalam tablet *press* kemudian dipadatkan dengan alat press sampai tekanan 60 kNewton sampai sampel berbentuk pellet.

3. Padatan sampel dalam bentuk pellet yang telah dibuat kemudian dimasukkan ke dalam *Spektrometer* dan dianalisa komposisi kimianya sedangkan hasil analisisnya dapat dilihat pada layar monitor.

### III.3.c Uji Kehalusan dengan *Blaine*

Prosedur Pengujian kehalusan semen Portland dan ekosemen dengan alat *Blaine* adalah :<sup>(3)</sup>

1. Meletakkan dua buah kertas filter ke dalam sel *permeability* dan memasukkan semen 3,1010 gram ke dalam sel.
2. Meletakkan 1 lembar kertas filter diatas permukaan semen lalu lapisan semen ditekan dengan *plunger* sampai leher *plunger* menyentuh permukaan atas sel.
3. Menarik perlahan – lahan *plunger* kemudian putar 90° lalu menekan kembali lapisan semen kemudian menarik keluar *plunger*.
4. Meletakkan *plunger* + sel ke dalam lubang bagian atas pipa manometer.
5. Memompa dikaki kanan manometer sampai air raksa naik ke atas (batas 1) kemudian menutup keran.
6. Menekan stop watch setelah air raksa di kaki kanan manometer turun (sampai batas 2) lalu mematikan stop watch saat air raksa tepat melewati batas 3.
7. Mencatat penunjukkan stop watch sebagai waktu alir.
8. Menentukan nilai *specific surface* dengan menggunakan persamaan :<sup>(3)</sup>

$$Blaine = \sqrt{T} \times f \quad (\text{cm}^2/\text{gram}) \quad (3.1)$$

- Dengan: Blaine = *specific surface* (cm<sup>2</sup>/gram)  
*f* = faktor koreksi (360, 67)  
*T* = waktu alir cairan manometer (detik)

### III.3.d Uji Kehalusan dengan Metode Ayakan (sieving)/ Metode Residu

Prosedur pengujian residu semen adalah :<sup>(3)</sup>

#### a. Cara kering

Pengujian residu dengan cara kering dilakukan pada sampel Abu Sekam Padi, semen Portland dan ekosemen menggunakan *Air Jet Sieve* dengan menimbang 25 gram masing-masing sampel, kemudian dimasukkan ke dalam *Air Jet Sieve* selama 2 × 4 menit. Pada 4 menit pertama *Air Jet Sieve* dihentikan dan residu dikumpulkan, kemudian setelah 4 menit selanjutnya residu kemudian ditimbang. Penentuan Residu semen menggunakan persamaan :<sup>(3)</sup>

$$Residu = \frac{\text{berat residu}(\text{gram})}{\text{berat sampel semen}(\text{gram})} \times 100\% \quad (3.2)$$

#### b. Cara Basah

Pengujian residu dengan cara basah dilakukan pada sampel Abu Sekam Padi. Prosedur pengujian cara basah adalah:<sup>(3)</sup>

1. Menimbang 25 gram Abu Sekam Padi, kemudian memasukkan dalam ayakan 90 μ m.
2. Membasahi sampel dengan aliran kecil sampai tidak ada yang lolos, kemudian sampel yang tidak lolos dikeringkan dalam oven. Menimbang

sampel setelah kering dan dilanjutkan pengayakan dengan ayakan  $150 \mu m$  dan selanjutnya ayakan  $212 \mu m$ .

3. Menimbang masing – masing residu dari ayakan tersebut sebagai berat residu. Menentukan residu dengan menggunakan persamaan (3.2).

### III.3.e Uji Kebutuhan Air Semen

Semen Portland dan keempat ekosemen yang telah dibuat masing-masing dilakukan uji kebutuhan air semen. Prosedur pengujian kebutuhan air semen adalah: <sup>(3)</sup>

#### a. Pembuatan Pasta semen.

1. Menimbang semen 650 gram.
2. Menyiapkan air dalam gelas ukuran dan mencatat jumlah airnya.
3. Memasukkan air dalam mangkok kemudian menambahkan semen dan mendinginkan selama 30 detik.
4. Menjalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah selama 30 detik.
5. Menghentikan pengadukan selama 15 detik sambil mengumpulkan pasta.
6. Menjalankan mesin pengaduk pada kecepatan sedang dan mencampurkan selama 1 menit.

#### b. Pencetakan Benda Uji.

1. Membentuk pasta semen yang terjadi menjadi bola dengan kedua tangan (memakai sarung tangan karet).
2. Melemparkan 6 kali bola pasta dari tangan yang satu ke tangan yang lainnya dengan jarak kira-kira 15 cm.

3. Menekan bola pasta dalam cincin vicat dengan satu telapak tangan melalui diameter yang besar.
4. Mengumpulkan kelebihan pasta pada diameter lubang yang besar dengan sekali gerakan menggunakan tepi pisau aduk segitiga.
5. Meletakkan cincin vicat yang mengandung pasta pada plat kaca.
6. Memotong pasta pada lubang cincin vicat yang kecil dan menghaluskan permukaan. Menghindarkan tekanan pada pasta selama pemotongan dan penghalusan pasta semen.

c. Penentuan *Normal Consistency*.

1. Menempatkan batang peluncur pada tengah – tengah cincin vicat dan melepaskan batang peluncur (paling lama 30 menit setelah pembuatan pasta).
2. Konsistensi normal tercapai apabila batang peluncur menembus batas  $10 \pm 1$  mm dibawah permukaan pasta dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan.
3. Melakukan percobaan pasta – pasta dengan berbagai kadar air sampai konsistensi normal tercapai.
4. Menggunakan Semen Baru setiap percobaan dan alat harus bebas getaran selama pengujian.

Penentuan kebutuhan air semen menggunakan persamaan berikut: <sup>(3)</sup>

$$NC = \frac{\text{air(gram)}}{\text{semen(gram)}} \times 100 \quad (3.3)$$

Dengan : NC = Normal Consistency/ Kebutuhan air semen (%)



### III.3.f Uji Waktu Pengikatan Semen

Semen Portland dan keempat macam ekosemen yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian waktu pengikatan, prosedur pengujian waktu pengikatan adalah: <sup>(3)</sup>

a. Persiapan Pasta semen

Persiapan pasta semen untuk pengujian waktu pengikatan sama dengan prosedur pengujian kebutuhan air/ konsistensi normal. Atau pasta penentuan konsistensi normal dapat dilanjutkan untuk pengujian waktu pengikatan.

b. Pencetakan Benda uji sama dengan pencetakan benda uji pada penentuan konsistensi normal.

c. Penentuan waktu pengikatan.

1. Meletakkan benda uji dalam *wet box* segera setelah pencetakan dan mengeluarkan benda uji hanya pada saat dilakukan penembakan.
2. Membiarkan waktu pengikatan selama 30 menit kemudian melakukan penembakan dengan jarum *vicat* 1 mm selama 30 detik pada setiap rentang waktu 15 menit.
3. Mencatat hasil pengujian waktu pengikatan dengan interpolasi untuk penentuan pengikatan awal yaitu diperoleh penetrasi 25 mm.

$$T_{25} = T_1 + \frac{(X_1 - 25) \times (T_2 - T_1)}{(X_1 - X_2)} \quad (3.4)$$

Dengan :  $T_{25}$  = Waktu pengikatan awal (menit)  
 $T_1$  = Waktu penetrasi awal (menit)

$T_2$  = Waktu penetrasi akhir (menit)

$X_1$  = Penetrasi awal (mm)

$X_2$  = Penetrasi akhir (mm)

4. Penentuan waktu pengikatan akhir dengan menggunakan jarum *vicat* bertopi dan tercapai ketika jarum vikat tidak nampak terbenam dalam pasta.

### III.3.g Uji Cepat Kaku Semen

Prosedur pengujian cepat kaku pada sampel semen adalah: <sup>(3)</sup>

#### a. Pembuatan Pasta semen.

1. Menimbang semen 500 gram. Dan air secukupnya sampai didapatkan penetrasi  $32 \pm 4$  mm.
2. Memasukkan air dalam mangkok kering kemudian menambahkan semen dan mendinginkan selama 30 detik.
3. Menjalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah selama 30 detik.
4. Menghentikan pengadukan selama 15 detik sambil mengumpulkan pasta.
5. Menjalankan mesin pengaduk pada kecepatan sedang selama 2,5 menit.

#### b. Pencetakan Benda Uji.

1. Membentuk pasta semen yang menjadi bola dengan kedua tangan (memakai sarung tangan karet).
2. Melemparkan 6 kali bola pasta dari tangan yang satu ke tangan yang lainnya dengan jarak kira-kira 15 cm.
3. Menekan bola pasta dalam cicin vikat dengan satu telapak tangan melalui diameter yang besar.

4. Mengumpulkan kelebihan pasta pada diameter lubang yang besar dengan sekali gerakan menggunakan tepi pisau aduk segitiga.
5. Meletakkan cincin vicat yang mengandung pasta pada plat kaca.
6. Memotong pasta pada lubang cincin vicat yang kecil dan menghaluskan permukaan. Menghindarkan tekanan pada pasta selama pemotongan dan penghalusan pasta semen.

c. Penentuan Penetrasi

1. Menempelkan batang peluncur pada permukaan pasta, kemudian melepaskan batang peluncur saat 20 detik setelah selesai pengadukan.
2. Penetrasi awal tercapai bila batang peluncur menembus sampai  $32 \pm 4$  mm di bawah permukaan pasta selama 30 detik.
3. Setelah selesai pembacaan penetrasi awal batang peluncur diangkat dari pasta, dan digeser pada posisi lain.
4. Melakukan Penetrasi akhir 5 menit setelah selesai pengadukan selama 30 detik.

d. Penentuan Pengikatan semu Penetrasi Akhir

Pengikatan semu penentarsi akhir ditentukan dengan menggunakan persamaan:<sup>(3)</sup>

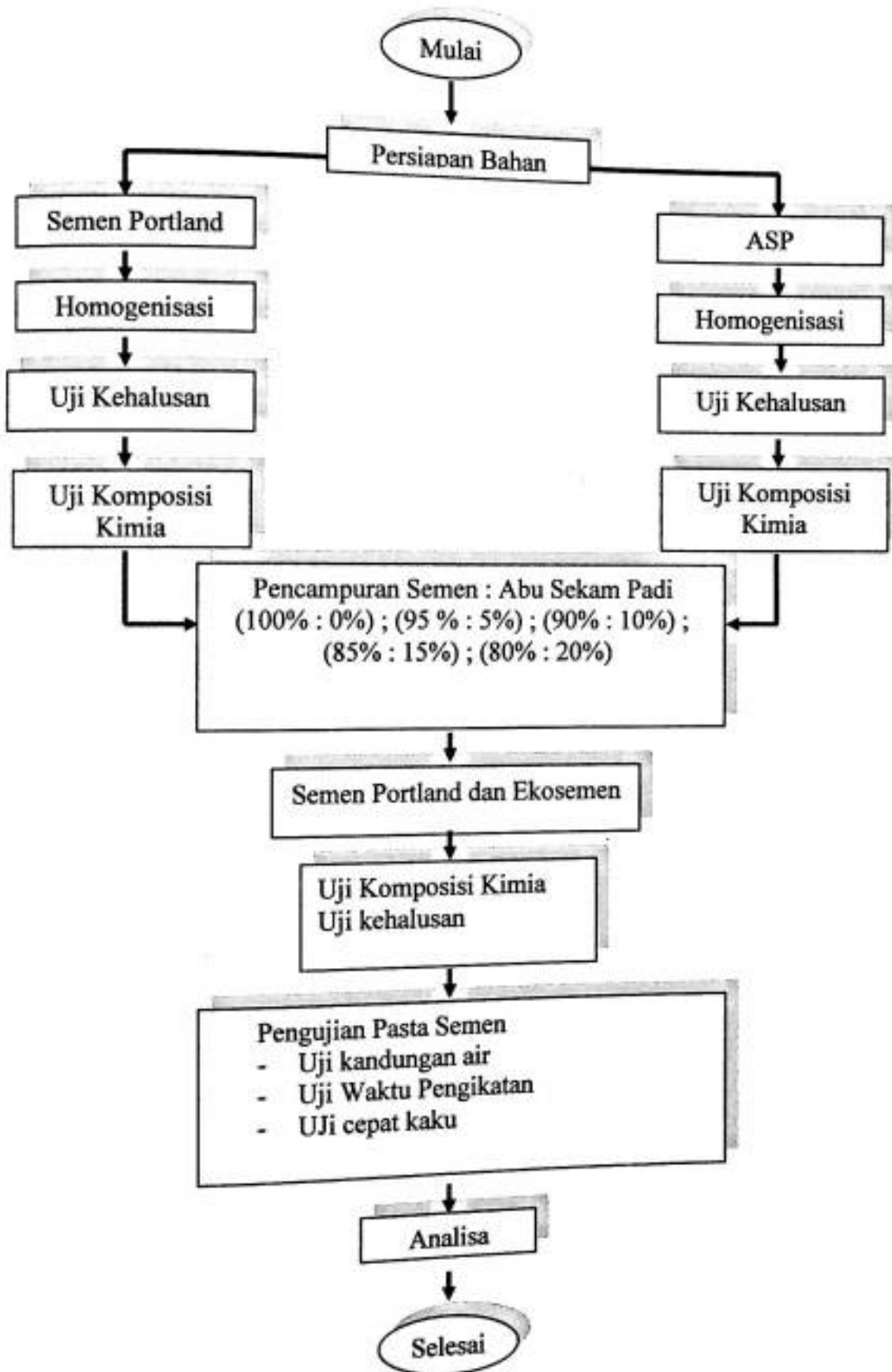
$$\%PF = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \quad (3.5)$$

Dengan :     % PF = Pengikatan semu penetrasi akhir (%)

$P_1$  = Penetrasi akhir (mm)

$P_2$  = Penetrasi awal (mm)

### III. 4 Bagan Alir Penelitian



# BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Hasil Uji Komposisi Kimia Bahan

Hasil uji untuk mengetahui komposisi kimia bahan semen Portland dan Abu Sekam Padi (ASP) disajikan pada tabel 4.1. ASP yang diuji merupakan abu sekam padi berwarna putih, Semen Portland tipe-1 (0% ASP), dan 4 macam ekosemen masing-masing dengan persentase penambahan ASP 5 %, 10 %, 15 % dan 20 %.

**Tabel 4.1 Persentase Komposisi Kimia Bahan dengan X-Ray**

No.	Karakteristik (%)	ASP	Semen Biasa 0% ASP	Ekosemen			
				5% ASP	10% ASP	15% ASP	20% ASP
1.	SiO <sub>2</sub>	99.88	20.16	24.11	28.08	32.59	37.11
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.38	5.59	5.40	5.24	4.97	4.73
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	3.50	3.45	3.44	3.43	3.47
4.	CaO	0.56	64.45	60.77	57.08	52.99	48.86
5.	MgO	0.61	2.89	2.85	2.82	2.62	2.50
6.	Na <sub>2</sub> O	0.01	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17
7.	K <sub>2</sub> O	0.44	0.82	0.85	0.89	0.93	0.97
8.	SO <sub>3</sub>	-	2.04	1.98	1.89	1.86	1.76
9.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
10.	TiO <sub>2</sub>	-	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34

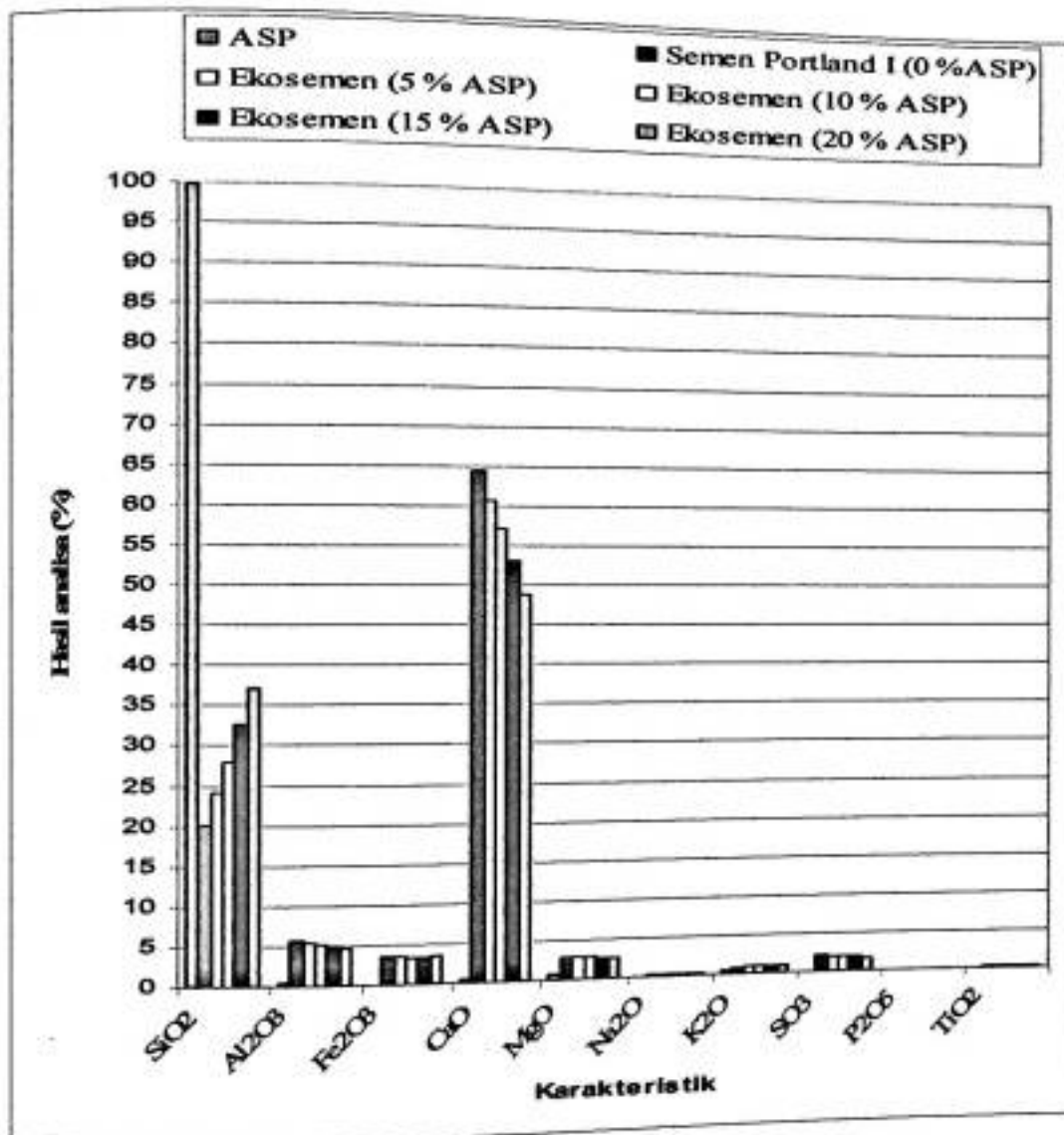
Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa ASP memiliki silika (SiO<sub>2</sub>) sebagai kandung kimia yang dominan yakni sebesar 99.88 %. Reaktifitas antara silika dalam ASP dengan kalsium hidroksida dalam pasta semen dapat berpengaruh pada peningkatan mutu semen Portland. Silika ASP dapat mengikat kapur sehingga jika dijadikan bahan pembentuk semen bersama-sama material semen

lain serta air akan bereaksi hidrasi membentuk suatu massa padat.<sup>(7)</sup> Selain silika Asp juga mengandung material semen lain yaitu oksida alumina ( $Al_2O_3$ ), oksida kapur ( $CaO$ ), oksida magnesium ( $MgO$ ), oksida natrium ( $Na_2O$ ), dan oksida kalium ( $K_2O$ ) meskipun dalam jumlah kecil.

Semen biasa/ semen portland I (0 % ASP) komponen utama yaitu  $CaO$  64,15 % dari konsentrasi keseluruhan, kemudian  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$ . Keempat material utama ini jika dicampur dengan air akan membentuk senyawa potensial semen yaitu  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ , dan  $C_4AF$ . Semen biasa (0 % ASP) mengandung mineral ikutan (*minor element*) terbesar yaitu  $MgO$  sebesar 2.89 % kemudian  $TiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ , dan terkecil adalah  $P_2O_5$ . Mineral ikutan adalah senyawa yang tidak diinginkan dalam semen, jumlahnya harus dibatasi karena jika berlebih akan terjadi pemekaran serta resiko rusak karena reaksi agregat dengan alkali.<sup>(2)</sup> Senyawa aditif pada semen adalah gypsum ( $SO_3$ ), gypsum merupakan senyawa aditif yang ditambahkan pada penggilingan klinker untuk mengatur waktu pengikatan semen. Kandungan gypsum dalam semen harus dibatasi karena jumlah berlebih akan menyebabkan keretakan pada proses pengerasan.<sup>(3)</sup> Semen biasa (0 % ASP) mengandung gypsum sebesar 2,04 %.

Pada umumnya keempat ekosemen yang dihasilkan mengandung komponen utama pembentuk semen terbesar sampai terkecil sama seperti semen portland I terbesar  $CaO$  dan terkecil  $Fe_2O_3$ . Hal yang membedakan ekosemen dari Semen portland I yaitu pada ekosemen terjadi peningkatan silika dan penurunan  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$ . Hal ini terjadi karena adanya kontribusi ASP sebagai bahan aditif yang mengganti sebagian berat semen.

Kandungan mineral ikutan pada pada ekosemen juga mengalami penurunan kecuali alkali  $K_2O$ .  $K_2O$  mengalami peningkatan jika dibandingkan semen portland I karena ASP memiliki  $K_2O$  yang cukup besar yakni sekitar 0.44 %.



Gambar 4.1 Grafik Analisa Komposisi Kimia Bahan

Berdasarkan gambar diatas semakin besar penambahan ASP pada semen menyebabkan meningkatnya  $SiO_2$  dan  $K_2O$  serta menurunnya kandungan  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  dan  $Fe_2O_3$ .



## IV.2 Kehalusan Abu Sekam Padi

Kehalusan ASP tidak bisa ditentukan dengan alat blaine hal ini karena untuk berat sampel pengujian dengan alat blaine ASP memiliki volume yang terlalu besar sehingga torak blaine tidak bisa digunakan. Sehingga untuk identifikasi kehalusannya dengan cara mengukur residu dari ASP tersebut. Residu ASP disajikan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Residu Abu Sekam Padi**

No.	sieve	Berat Residu (gram)	Persen Residu (%)
1.	sieve 212 um	5.1095	20.44
2.	sieve 90 um	15.9138	63.66
3.	sieve 45 um	19.9845	79.94

Berdasarkan tabel di atas terlihat residu ASP relatif besar. Hal ini mengidentifikasikan ASP masih kasar dan mengakibatkan kebutuhan air semen akan besar dan mempengaruhi pengikatan pada semen.

### IV.3 Hasil Uji Sifat –Sifat Fisis Semen

#### a. Kehalusan Semen

Pengujian kehalusan semen menggunakan dua cara yaitu dengan alat Blaine dan dengan Residu 45  $\mu m$ . Hasil uji untuk mengetahui kehalusan ekosemen dengan alat Blaine yang dibuat dari campuran abu sekam padi dan semen Portland dibandingkan dengan semen Portland I tanpa penambahan abu sekam padi disajikan pada tabel 4.3.

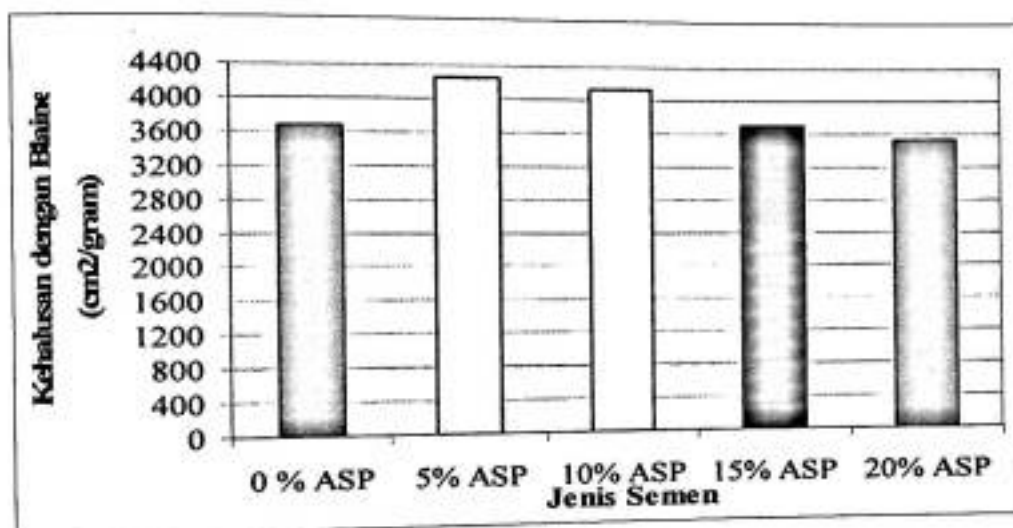
Tabel 4.3 Perbandingan Blaine Semen Portland dan Ekosemen

No.	Jenis semen	Waktu alir cairan		Blaine		
		cairan T (detik)		(cm <sup>2</sup> /gram)		
		T1	T2	Blaine1	Blaine2	rata-rata
1.	Semen Portland I 0 % ASP	103.2	104.1	3663	3679	3671
2.	Ekosemen 5 % ASP	141.4	135.7	4288	4202	4245
3.	Ekosemen 10 % ASP	139.5	121.9	4259	3982	4121
4.	Ekosemen 15 % ASP	104.3	107.5	3683	3737	3710
5.	Ekosemen 20 % ASP	96.6	94.6	3545	3507	3526

Terlihat bahwa hasil uji kehalusan dengan Blaine Semen Portland memiliki nilai blaine yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan ekosemen (5 % ASP), ekosemen (10 % ASP), dan ekosemen (15 % ASP). Sedangkan ekosemen (20 % ASP) blainenya lebih kecil daripada semen Portland I.

Kemungkinan ini terjadi karena volume sampel ekosemen (20% ASP) terlalu besar sehingga pada saat pemadatan sampel torak tidak dapat tertutup rapat. Nilai blaine ekosemen yang dihasilkan masih memenuhi standar ASTM C-150-97, SNI 49-2004, yaitu minimum  $2800 \text{ cm}^2/\text{gram}$ .

Berdasarkan gambar 4.2 terlihat bahwa semakin besar penambahan ASP menyebabkan blaine ekosemen semakin kecil.



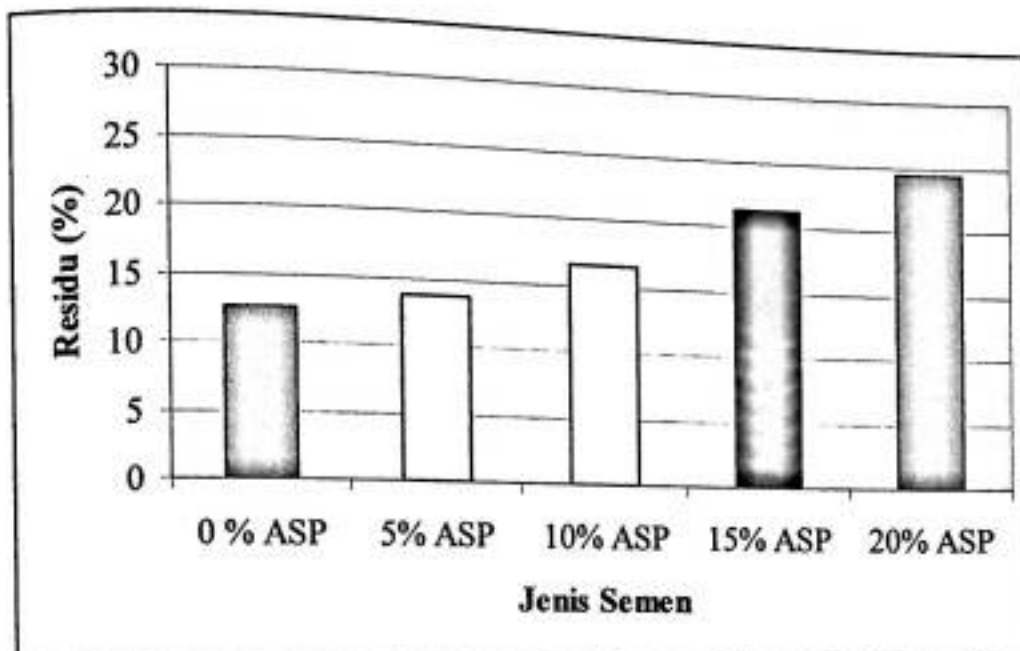
Gambar 4.2 Perbandingan Kehalusan Semen dengan Blaine

Sedangkan hasil uji kehalusan dengan residu  $45 \mu\text{m}$  pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa ekosemen dari ASP memiliki residu yang lebih besar jika dibandingkan dengan residu semen Portland sendiri. Tiap penambahan ASP pada semen residunya mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa kehalusan semen Portland lebih besar jika dibandingkan dengan ekosemen dari campuran ASP.

**Tabel 4.4 Perbandingan Residu Semen**

No.	Jenis semen	Berat Residu (gram)	Persen Residu (%)
1	Semen Portland I (0 % ASP)	3.15	12.6
2	Ekosemen (5 % ASP)	3.44	13.76
3	Ekosemen (10 % ASP)	4.15	16.6
4	Ekosemen (15 % ASP)	5.33	21.32
5	Ekosemen (20 % ASP)	6.09	24.36

Berdasarkan gambar 4.3 terlihat bahwa semakin besar penambahan ASP mengganti berat semen mengakibatkan residu semen semakin besar. Jika dilihat dari standar mutu ekosemen dengan persentase ASP 5 %, ASP 10 % dan ASP 15 % memenuhi standar SNI- 15-3500-2004 dan SNI 49-2004 yaitu residu maksimum 24 %, Sedangkan untuk ekosemen dengan ASP 20 persen tidak memenuhi standar karena nilai residunya diatas 24 persen yaitu sebesar 24,36 persen.



Gambar 4.3 Perbandingan Kehalusan Semen dengan Residu

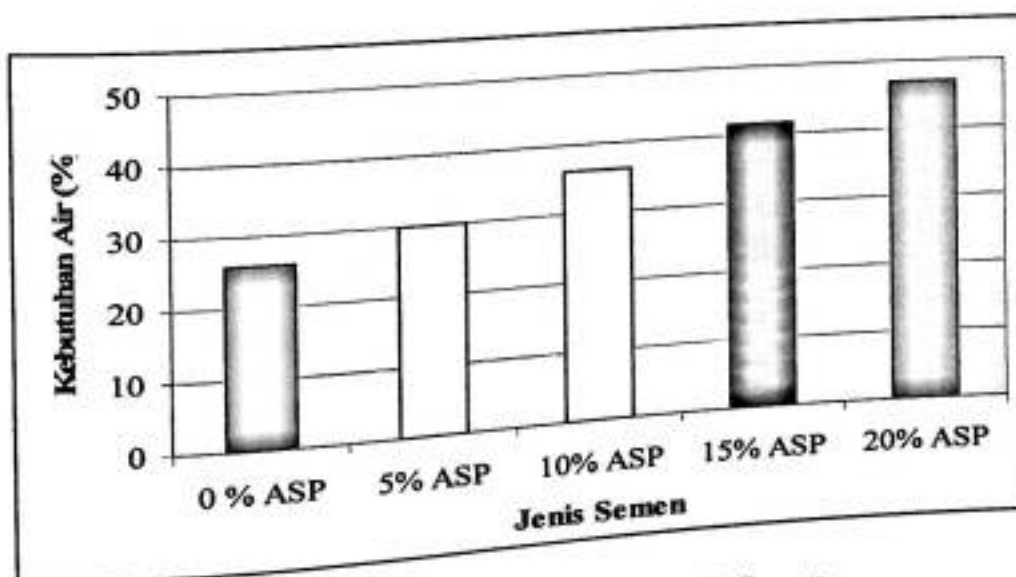
**b. Kebutuhan Air Semen**

Pengujian kebutuhan air semen mengacu pada konsistensi normal (NC) disajikan pada tabel 4.5. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai NC dari ekosemen lebih besar jika dibandingkan semen Portland. Berdasarkan gambar 4.4 terlihat bahwa semakin besar persentase penambahan ASP mengganti berat semen keseluruhan maka nilai nilai konsistensi normal semen semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan air ekosemen meningkat seiring dengan penambahan ASP.

**Tabel 4.5 Perbandingan Kebutuhan Air Semen**

No.	Jenis semen	Jumlah air (ml)	Penetrasi (mm)	NC (%)
1	Semen Portland I (0 % ASP)	168	9	25.85
2	Ekosemen (5 % ASP)	195	9	30.00
3	Ekosemen (10 % ASP)	235	11	36.15
4	Ekosemen (15 % ASP)	270	11	41.54
5	Ekosemen (20 % ASP)	305	9	46.92

Ekosemen memiliki kebutuhan air yang lebih besar karena tingkat kekasaran butiran ekosemen lebih tinggi daripada semen Portland. Tingkat kekasaran butiran semen dilihat pada tabel residu semen (tabel 4.4 ). Ini berarti ekosemen memiliki pori-pori lebih banyak dan besar daripada semen Portland. Selain itu untuk massa yang sama volume ASP lebih besar daripada semen Portland sehingga ekosemen lebih menyerap air.



**Gambar 4.4 Perbandingan Kebutuhan Air Semen**

**c. Pengikatan Semu Penetrasi Akhir**

Pengikatan semu penetrasi akhir (*Final Penetration* atau FP) merupakan persentase perbandingan antara penetrasi akhir dengan penetrasi awal semen. FP mengidentifikasi tingkat perkembangan cepat kaku dari pasta semen lima menit setelah mengalami proses pengadukan. Semakin besar FP maka tingkat perkembangan pasta semen semakin baik. <sup>(3)</sup>

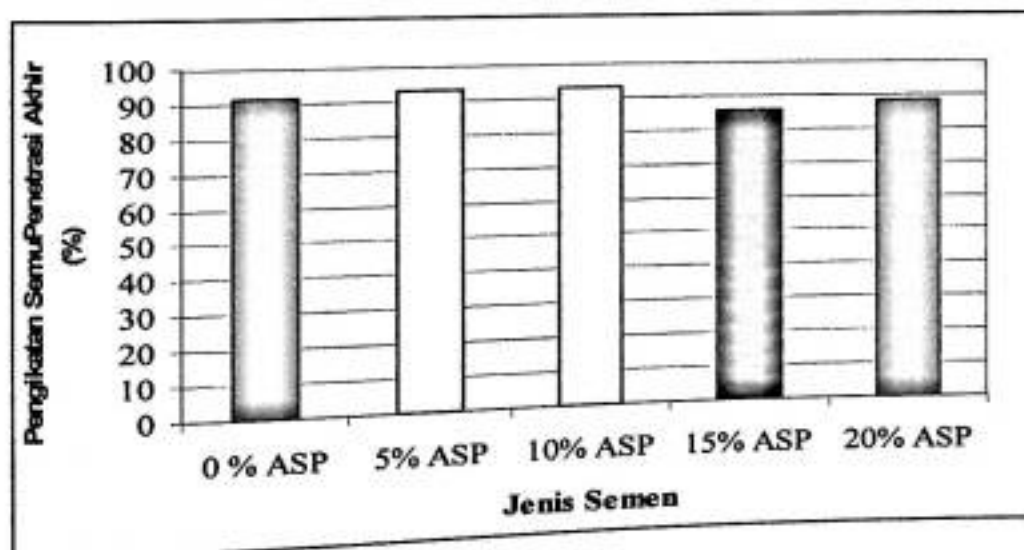
Hasil uji perkembangan cepat kaku pasta semen pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa ekosemen dengan persentase penambahan ASP 5 persen dan 10 persen memiliki nilai Pengikatan semu penetrasi akhir (FP) lebih besar daripada semen Portland, akan tetapi ekosemen dengan persentase penambahan ASP 15 persen dan 20 persen nilai FPnya lebih kecil daripada semen Portland. Jika dilihat dari tingkat perkembangan pasta ekosemen (5 % ASP) dan ekosemen (10 % ASP) lebih baik daripada ekosemen (15 % ASP) dan ekosemen ekosemen (20 % ASP).

Berdasarkan standar mutu, FP untuk semua tipe ekosemen dari ASP memenuhi standar ASTM C- 150-97, SNI-15-3500-2004 dan SNI 49-2004. Disyaratkan nilai FP lebih besar dari 50 persen.

**Tabel 4.6 Perbandingan Pengikatan Semu Penetrasi akhir (FP) Semen**

No.	Jenis semen	Penetrasi Awal (mm)	Penetrasi Akhir (mm)	FP (%)
1	Semen Portland I (0 % ASP)	36	33	91.67
2	Ekosemen (5 % ASP)	35.5	33	92.96
3	Ekosemen (10 % ASP)	30	28	93.33
4	Ekosemen (15 % ASP)	32	27.5	85.94
5	Ekosemen (20 % ASP)	34	30	88.24

Berdasarkan gambar 4.5 terlihat bahwa semakin besar persentase penambahan ASP mengganti berat semen keseluruhan maka persentase pengikatan semu final penetrasi akhir /final penetrasi (FP) semen menurun.



**Gambar 4.5 Perbandingan Pengikatan semu Penetrasi Akhir Semen**



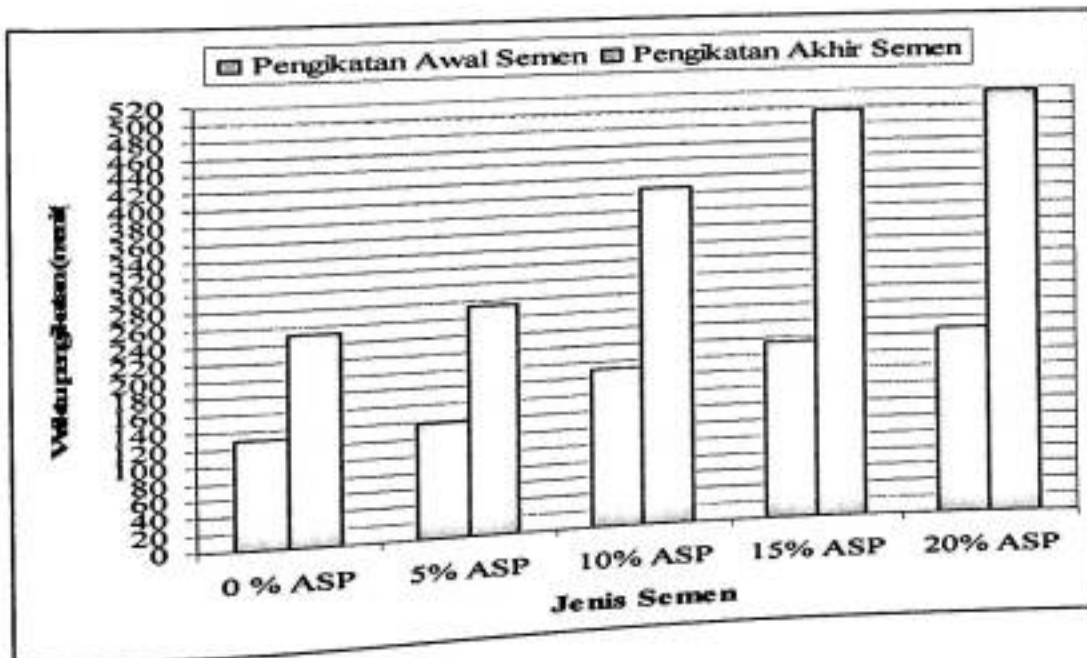
**d. Waktu pengikatan semen**

Hasil uji untuk mengetahui pengikatan semen disajikan pada tabel 4.7 berikut:

**Tabel 4.7 Perbandingan Waktu Pengikatan Semen**

No.	Uraian	Jenis Semen				
		Semen Portland I (0% ASP)	Ekosemen (5% ASP)	Ekosemen (10% ASP)	Ekosemen (15% ASP)	Ekosemen (20% ASP)
1.	Start mix	Pukul 10.03	Pukul 10.15	Pukul 10.13	Pukul 10.18	Pukul 09.04
2.	Penetrasi awal (X <sub>1</sub> )	30 mm	35 mm	36 mm	37 mm	39 mm
3.	Penetrasi akhir (X <sub>2</sub> )	17 mm	23 mm	25 mm	18 mm	25 mm
4.	waktu penetrasi awal (T <sub>1</sub> )	Pukul 12.08 (125 menit)	Pukul 12.23 (128 menit)	Pukul 13.12 (179 menit)	Pukul 13.33 (195 menit)	Pukul 12.05 (181 menit)
5.	waktu penetrasi akhir (T <sub>2</sub> )	Pukul 12.22 (139 menit)	Pukul 12.36 (141 menit)	Pukul 13.23 (190 menit)	Pukul 14.03 (225 menit)	Pukul 12.50 (226 menit)
6.	Pengikatan awal	130 menit	139 menit	190 menit	214 menit	226 menit
7.	Waktu Pengikatan akhir	Pukul 14.14 (251 menit)	Pukul 14.51 (276 menit)	Pukul 17.00 (407 menit)	Pukul 17.30 (423 menit)	Pukul 16.41 (457 menit)

Waktu pengikatan semen ada dua yaitu waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir. Penentuan waktu pengikatan awal menggunakan persamaan (3.4) sesuai dengan pustaka (3), sedangkan pengikatan akhir dihitung dari selisih antara waktu pengikatan akhir terbentuk dan waktu awal pencampuran (*start mix*). Berdasarkan tabel (4.7) terlihat bahwa waktu pengikatan ekosemen cenderung lebih lama. Pengikatan awal ekosemen terbentuk antara 2 jam sampai 3.5 jam, sedangkan pengikatan akhir ekosemen terbentuk antara 4.5 jam sampai 7.5 jam. Waktu pengikatan ekosemen lebih lama karena kandungan air ekosemen lebih besar dan kandungan silika ekosemen lebih tinggi daripada semen Portland. Menurut Murdock, dkk (ref:2) kandungan silika yang menonjol pada semen cenderung memperlambat pengikatan semen akan tetapi memperbaiki/meningkatkan perkembangan kuat tekan pada umur yang relatif lama dan menyebabkan ekosemen lebih tahan zat asam.



Gambar 4.6 Perbandingan Waktu Pengikatan Semen

Gambar 4.6 memperlihatkan hubungan antara penambahan Abu Sekam Padi (ASP) dan waktu pengikatan semen. Berdasarkan gambar terlihat bahwa semakin besar persentase penambahan ASP mengganti berat semen keseluruhan maka waktu pengikatan semen semakin lama.

# BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V. 1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Komposisi kimia Abu Sekam Padi (ASP) terdiri dari oksida  $\text{SiO}_2$  yang dominan,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oksida – oksida tersebut merupakan bahan dasar semen konvensional. Berdasarkan hasil uji kehalusan persentase residu ASP yang digunakan sebagai bahan aditif pada ekosemen masih sanga besar, hal tersebut berpengaruh pada mutu ekosemen yang dihasilkan.
2. Berdasarkan hasil uji kehalusan semen Portland memiliki residu sebesar 12.6 persen atau sebesar  $3671 \text{ cm}^2/\text{gram}$  menurut uji kehalusan dengan *blaine*, memiliki kebutuhan air sebesar 25.85 persen dengan waktu pengikatan 251 menit dan persentase perkembangan cepat kaku (persentase *final penetrasi*) sebesar 91.67 persen. Kehalusan material pembentuk semen sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air semen dan waktu pengikatan. Semakin rendah kehalusan material pembentuk semen maka kebutuhan air meningkat, waktu pengikatan semen semakin lama.
3. Ekosemen dari bahan ASP dan semen Portland memiliki kebutuhan air yang lebih besar dan waktu pengikatan yang lebih lama dari pada semen Portland. Untuk ekosemen dengan persentase penambahan ASP 5% waktu pengikatannya telah memenuhi standar ASTM C- 150-97, SNI 15-49-2004 dan SNI-15-3500-2004, sedangkan perkembangan cepat kaku ekosemen

dengan persentase ASP 5 % dan 10 % lebih baik daripada semen Portland dan secara keseluruhan telah memenuhi standar ASTM C - 150 - 97, SNI 15 - 49-2004 dan SNI-15-3500-2004 .

## **V. 2 Saran**

1. Ekosemen dari bahan ASP dan semen Portland dapat dijadikan semen alternatif, lebih ekonomis dan akan mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah sekam padi.
2. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya penambahan ASP pada semen Portland tidak mengurangi berat semen keseluruhan atau berat semen dikurangi tetapi perlu ada penambahan kapur karena mengingat kandungan kapur ASP sebagai komponen pengikat utama silika pada reaksi hidrasi sangat rendah. Dengan harapan akan dihasilkan waktu pengikatan yang relatif cepat dan kuat tekan yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. .... *Laporan Percobaan Pemamfaatan Bahan galian Tras untuk Pembuatan Semen Pozolan Kapur Di Kabupaten Tanah Toraja.* Makassar : Seksi Litbang Tekmira SubDinas Pelatihan dan Pengembangan Dinas Pertambangan dan Energi Prop.Sulawesi Selatan; 2005.
2. Murdock, L.J dkk. *Bahan dan Praktek Beton Edisi ke - 4.* Jakarta: Erlangga; 1999.
3. Rudianto. *Pengujian Fisika Semen Bosowa.* Quality Assurance And Control Departement Physical Laboratory ; 2007.
4. .... *Standar Nasional Indonesia Semen Portland Campuran.* Available from: [http// www. bsn.or.id/files/sni/SNI % 2015-3500-2004.pdf](http://www.bsn.or.id/files/sni/SNI%2015-3500-2004.pdf). Diakses Tanggal 28 Maret 2008.
5. .... *Peluang Agribisnis Arang Sekam.* Available from: URL: [http//www. pustaka deptan.go.id/publikasi/ ur 2540033.pdf](http://www.pustaka.deptan.go.id/publikasi/ur2540033.pdf). Diakses Tanggal 14 Maret 2008.
6. Fitriadi, Remi dkk. *Kajian Pemamfaatan abu Sekam Padi Sebagai Bahan Campuran Mortar Pasangan Bata.* Available from: URL:[http://www. diplomasipil.its.ac.id/ kegiatan.phd-40k](http://www.diplomasipil.its.ac.id/kegiatan.phd-40k). 16 Maret 2005. Diakses Tanggal 28 Maret 2008.
7. Rizal.AM. *Pemamfaatan Limbah Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Industri Pedesaan.* Makassar : Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin; 2002.
8. Shimoda, T., (1999), *Semen Dari Sampah,* Kontribusi Prasetya, Dedi Eka. Available from: URL:[http://www. pmij.org/](http://www.pmij.org/). 3 Februari 2007. Diakses Tanggal 14 Maret 2008.

# LAMPIRAN



LAMPIRAN A

KOMPOSISI CAMPURAN UNTUK SATU KALI PENGUJIAN

No.	Pengujian	Komposisi Bahan (gram)									
		Semen Portland					Abu Sekam Padi (ASP)				
		0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%
1.	Normal Consistency	650	617.5	585	552.5	535	0	32.5	65	97.5	130
2.	Setting time	650	617.5	585	552.5	535	0	32.5	65	97.5	130
3.	Cepat Kaku	500	475	450	425	400	0	25	50	75	100
4.	TOTAL	Semen Portland = 11460 gram					Abu Sekam Padi (ASP) = 1270 gram				

## LAMPIRAN B

### PENENTUAN VOLUME AIR UNTUK MENDAPATKAN SEMEN YANG PLASTIS (MEMENUHI KONSISTENSI NORMAL)

<b>Semen Portland (0 % ASP)</b>		
Volume air (ml)	Penetrasi (mm)	waktu penetrasi
164	8	9.53
166	8	9.59
168	9	10.03
<b>Ekosemen (5 % ASP)</b>		
Volume air (ml)	Penetrasi (mm)	waktu penetrasi
175	7	10.06
180	8	10.11
195	9	10.15
<b>Ekosemen (10 % ASP)</b>		
Volume air (ml)	Penetrasi (mm)	waktu penetrasi
210	8	9.55
220	8	10.05
235	11	10.13
<b>Ekosemen (15 % ASP)</b>		
Volume air (ml)	Penetrasi (mm)	waktu penetrasi
255	7	10.02
260	8	10.11
270	11	10.18
<b>Ekosemen (15 % ASP)</b>		
Volume air (ml)	Penetrasi (mm)	waktu penetrasi
270	7	8.57
280	8	9.00
305	9	9.04

\* Memenuhi konsistensi jika pasta terpenetrasi sedalam  $10 \pm 1$  mm

LAMPIRAN C

Penentuan Waktu Pengikatan

Semen Portland (0 % ASP)	Start mix 10.03	Pengikatan Semen	Penetrasi(mm)	Waktu	Durasi(menit)
			30	12.08	125
			17	12.22	139
			tampak terbenam	12.53	170
			tampak terbenam	13.09	186
			tampak terbenam	13.25	202
			tampak terbenam	13.41	218
			tampak terbenam	13.57	234
			tidak terbenam	14.14	251
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			35	12.23	128
			23	12.36	141
			tampak terbenam	13.08	173
			tampak terbenam	13.40	205
			tampak terbenam	14.12	237
			tampak terbenam	14.28	253
			tampak terbenam	14.35	260
			tidak terbenam	14.51	276
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			36	13.12	179
			25	13.23	190
			tampak terbenam	13.54	221
			tampak terbenam	14.42	269
			tampak terbenam	15.30	317
			tampak terbenam	15.46	333
			tampak terbenam	16.28	375
			tampak terbenam	16.44	391
			tidak terbenam	17.00	407
Semen Portland (5 % ASP)	Start mix 10.15	Pengikatan Semen			
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			35	12.05	181
			35	12.20	196
			32	12.35	211
			25	12.50	226
			tampak terbenam	13.21	257
			tampak terbenam	14.09	305
			tampak terbenam	14.57	353
			tampak terbenam	15.30	386
			tampak terbenam	15.46	402
			tampak terbenam	16.11	427
			tampak terbenam	16.26	442
			tidak terbenam	16.41	457
Semen Portland (10 % ASP)	Start mix 10.13	Pengikatan Semen			
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			37	13.33	195
			30	13.48	210
			18	14.03	225
			tampak terbenam	14.33	255
			tampak terbenam	15.21	303
			tampak terbenam	15.53	335
			tampak terbenam	16.41	383
			tampak terbenam	16.57	399
			tampak terbenam	17.13	415
			tidak terbenam	17.30	432
Semen Portland (15 % ASP)	Start mix 10.18	Pengikatan Semen			
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			39	12.05	181
			35	12.20	196
			32	12.35	211
			25	12.50	226
			tampak terbenam	13.21	257
			tampak terbenam	14.09	305
			tampak terbenam	14.57	353
			tampak terbenam	15.30	386
			tampak terbenam	15.46	402
			tampak terbenam	16.11	427
			tampak terbenam	16.26	442
			tidak terbenam	16.41	457
Semen Portland (20 % ASP)	Start mix 09.04	Pengikatan Semen			
			<b>Penetrasi(mm)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Durasi(menit)</b>
			37	13.33	195
			30	13.48	210
			18	14.03	225
			tampak terbenam	14.33	255
			tampak terbenam	15.21	303
			tampak terbenam	15.53	335
			tampak terbenam	16.41	383
			tampak terbenam	16.57	399
			tampak terbenam	17.13	415
			tidak terbenam	17.30	432

## LAMPIRAN D

### Pengolahan Data Waktu Pengikatan Semen

A. Penentuan Waktu Pengikatan Awal Semen ( tabel 4.7 dan lampiran 3)

a. Pengikatan awal semen Portland (0 % ASP)

$$\begin{aligned}T_{25} &= T_1 + \frac{(X_1 - 25) \times (T_2 - T_1)}{(X_1 - X_2)} \\T_{25} &= 125 + \frac{(30 - 25) \times (139 - 125)}{(30 - 17)} \\&= 125 + \frac{(5) \times (14)}{(13)} \\&= 125 + \frac{70}{13} \\&= 125 + 5.38 \\&= 130 \text{ menit}\end{aligned}$$

b. Pengikatan awal ekosemen (5 % ASP)

$$\begin{aligned}T_{25} &= 128 + \frac{(35 - 25) \times (141 - 128)}{(35 - 23)} \\&= 128 + \frac{(10) \times (13)}{(12)} \\&= 128 + \frac{130}{12} \\&= 128 + 10.8 \\&= 139 \text{ menit}\end{aligned}$$

c. Pengikatan awal ekosemen (10 % ASP)

$$\begin{aligned}
 T_{25} &= \text{waktu penetrasi 25 mm - start mix} \\
 &= \text{Pukul 13.23 - pukul 10.13} \\
 &= 190 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- d. Pengikatan awal ekosemen (15 % ASP)

$$\begin{aligned}
 T_{25} &= 195 + \frac{(37 - 25) \times (225 - 195)}{(37 - 18)} \\
 &= 195 + \frac{(12) \times (30)}{(19)} \\
 &= 195 + \frac{360}{19} \\
 &= 195 + 18.94 \\
 &= 214 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- e. Pengikatan awal ekosemen (20 % ASP)

$$\begin{aligned}
 T_{25} &= \text{waktu penetrasi 25 mm - start mix} \\
 &= \text{Pukul 1.50 - pukul 09.04} \\
 &= 226 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- B. Penentuan Waktu Pengikatan Akhir Semen (tabel 4.7 dan lampiran 3)

- a. Pengikatan akhir semen Portland (0 % ASP)

$$\begin{aligned}
 T_{Fs} &= \text{waktu penetrasi tidak terbenam - start mix} \\
 &= \text{Pukul 14.14 - pukul 10.03} \\
 &= 251 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- b. Pengikatan akhir ekosemen (5 % ASP)

$$\begin{aligned}
 T_{Fs} &= \text{waktu penetrasi tidak terbenam - start mix} \\
 &= \text{Pukul 14.51 - pukul 10.15} \\
 &= 276 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

c. Pengikatan akhir ekosemen (10 % ASP)

$$\begin{aligned} T_{Fs} &= \text{waktu penetrasi tidak terbenam} - \text{start mix} \\ &= \text{Pukul 17.00} - \text{pukul 10.13} \\ &= 407 \text{ menit} \end{aligned}$$

d. Pengikatan akhir ekosemen (15 % ASP)

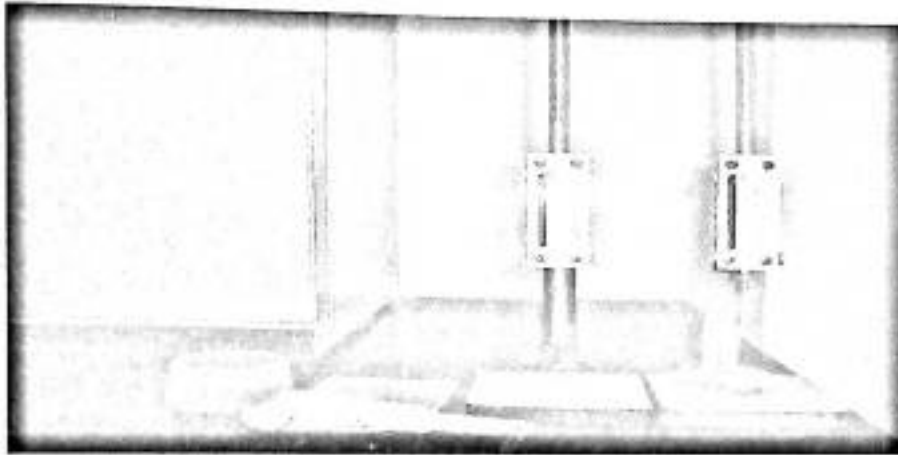
$$\begin{aligned} T_{Fs} &= \text{waktu penetrasi tidak terbenam} - \text{start mix} \\ &= \text{Pukul 17.30} - \text{pukul 10.18} \\ &= 423 \text{ menit} \end{aligned}$$

e. Pengikatan akhir ekosemen (20 % ASP)

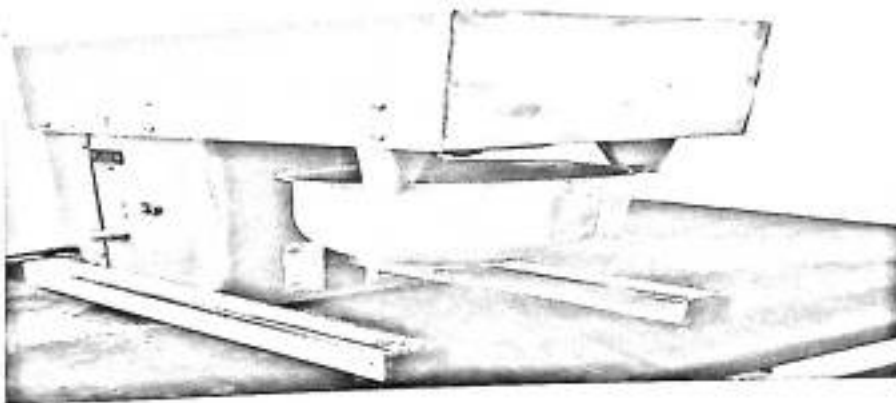
$$\begin{aligned} T_{Fs} &= \text{waktu penetrasi tidak terbenam} - \text{start mix} \\ &= \text{Pukul 16.41} - \text{pukul 09.04} \\ &= 457 \text{ menit} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN E

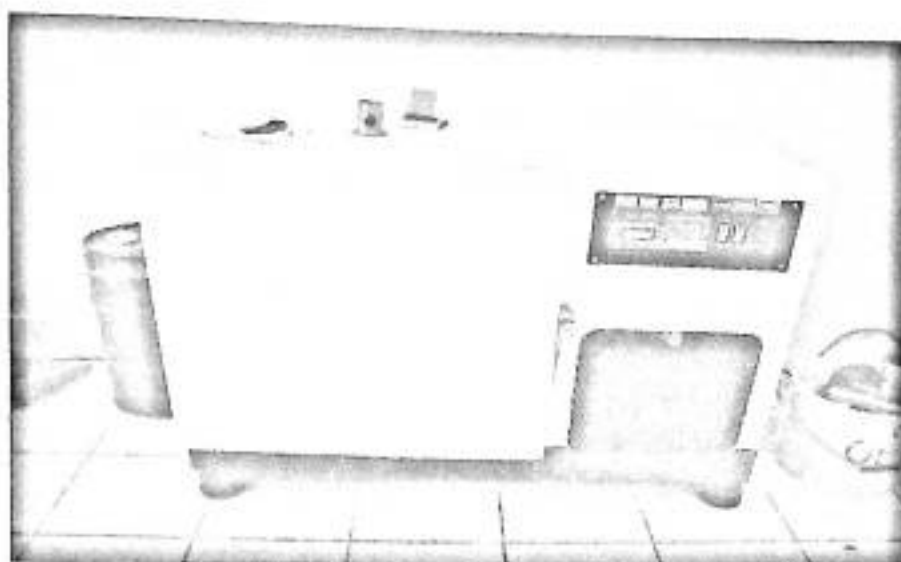
### Gambar Alat – alat Pengujian Semen



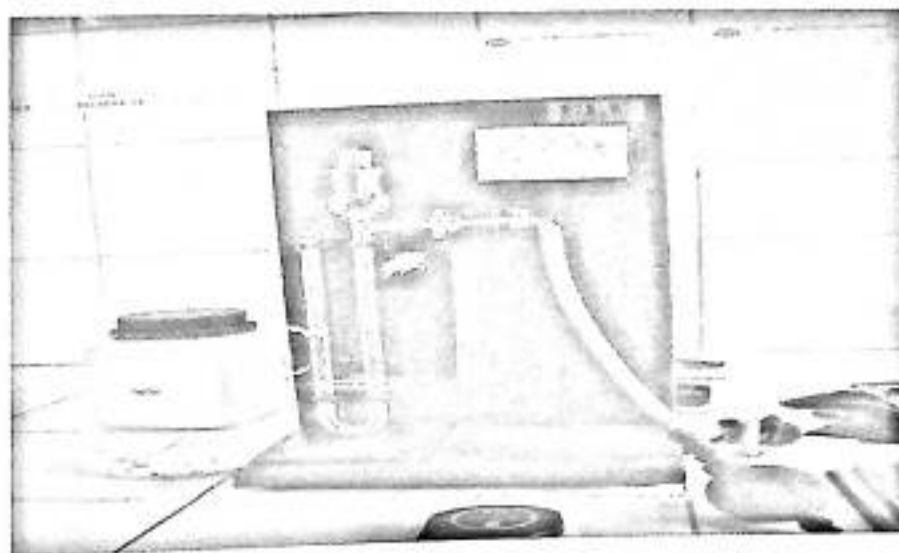
Alat Vicat



mixer

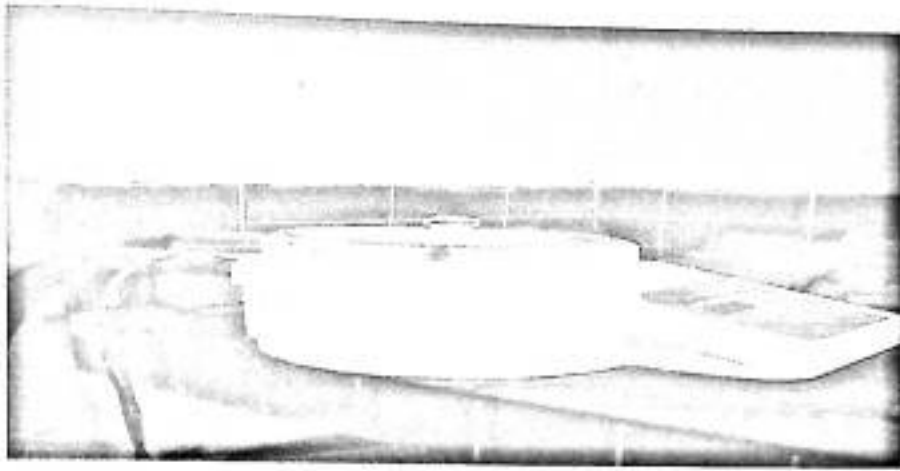


wet box



Blaine Air Permeability Apparatus





**Air Jet Sieve**



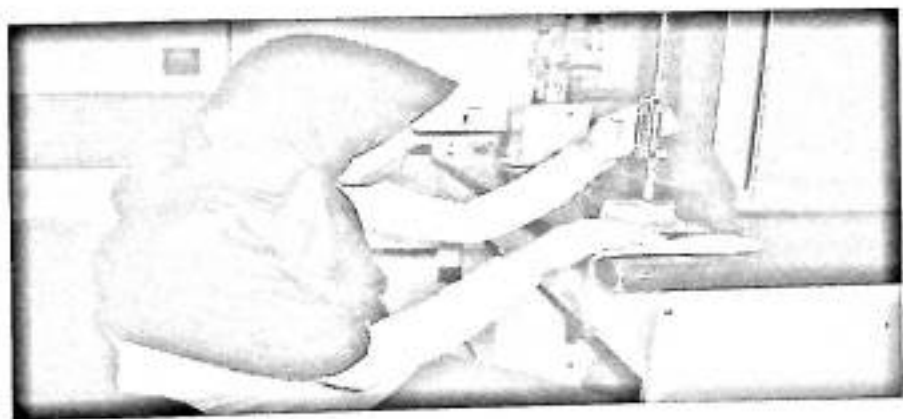
**Spektrometer Pendar Flour Sinar-X**

**LAMPIRAN F**

**Gambar Proses Pengujian Semen**



**Pembuatan Benda Uji**



**Penetrasi Pada Pasta Semen**