© HAK CIPTA MILIK UNIVERSITAS ANDALAS

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH PERENDAMAN MORTAR SEMEN POTRALD TYPE I, TYPE V DAN TYPE PCC DALAM LARUTAN SULFAT DAN AIR LAUT TERHADAP PERUBAHAN PANJANG

SKRIPSI

FITRI RITANTI
07 932 033

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011

ABSTRAK

PENGARUH PERENDAMAN MORTAR SEMEN PORTLAND TYPE I, TYPE V DAN TYPE PCC DALAM LARUTAN SULFAT DAN AIR LAUT TERHADAP PERUBAHAN PANJANG

Oleh :

Fitri Ritanti (07 932 033)

Sarjana Sains (S.Si) dalam Bidang Kimia Fakultas MIPA

Universitas Andalas Padang

Dibimbing oleh : Drs Yulizar Yusuf, MS dan Prof. Dr. Hermansyah Aziz

Telah dilakukan penelitian tentang ketahanan mortar dari beberapa type semen portland (PC) terhadap lingkungan yang mengandung Cl^- (klorida) dan SO_4^{-2} (sulfat). Beberapa type semen portland seperti PC Type I, Type V dan Type PCC (Portland Composite Cement) diperlakukan dengan merendam dalam larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4) dan air laut. Dari perlakuan tersebut diperoleh hasil sebagai perubahan panjang untuk semua jenis mortar yang direndam dalam larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4) dan air laut. Ternyata semen portland type V mengalami perubahan panjang yang relatif lebih kecil serta daya ketahanannya *sesuai dengan persyaratan SNI 15- 2049 dan ASTM C 150 95a yaitu 0,45%.*

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF PORTLAND CEMENT TYPE I,TYPE V AND TYPE PCC MORTARS LENGTHEN UNDER SOAKING IN SULFATE SOLUTION AND SEA WATER

By

Fitri Ritanti (No. Bp 07 932 033)

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of Mathematic and Natural Science

University of Andalas

Advised by Drs. Yulizar Yusuf, MS and Prof. Dr. Hermansyah Aziz

It was investigated the resistance of mortars from some types of Portland Cement (PC) to the environment containing Cl^- (chloride) and SO_4^{-2} (sulfate). Portland Cements of Type I, Type V and Type PCC (Portland Composite Cement) was treated by soaking in sodium sulfate solution (Na_2SO_4) and seawater The change of mortars length was obtained for all types of mortars immersed in Sodium Sulfate solution (Na_2SO_4) and seawater. In fact that Portland Cement type V has a relatively smaller lengthen changement in accordance with the requirements of ISO 15-2049 and ASTM C 150 95a of 0.45%.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, wasyukurillah segala puji hanya bagi Allah atas limpahan rahmat, nikmat, karunia, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **"Pengaruh Perendaman Mortar Semen Portland Type I, Type V dan Type PCC dalam Larutan Sulfat dan Air Laut Terhadap Perubahan Panjang"** sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi kimia pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Skripsi ini merupakan laporan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Aplikasi Semen Biro Jaminan Kualitas dan Perwakilan Manajemen PT. Semen Padang pada bulan Februari-April 2011. Penulisan skripsi ini telah banyak menerima masukan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu mendoakan, melindungi, mengingatkan dan menyayangi tanpa batas waktu dan zaman. Semoga dengan gelar kesarjanaan ini bisa membuat Ayah dan Ibu bangga.
2. Adikku tercinta yang selalu menjadi motivator untuk dapat menyelesaiakan perkuliahan tepat pada waktunya.
3. Bpk Yulizar Yusuf, MS selaku pembimbing I yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bpk Prof. Dr. Hermansyah Aziz selaku pembimbing II yang telah memberikan banyak ilmu, masukan dan nasehat kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Ibu Nelvi Irawati S.Si selaku pembimbing dari PT. Semen Padang yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian di Labor Aplikasi Semen JKPM PT. Semen Padang.
6. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia, fakultas MIPA Universitas Andalas yang telah memberikan dukungan dan kelancaran sampai penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

7. Bapak Dr. Mai Efdi, selaku Koordinator Pendidikan Kimia dan koordinator seminar yang senantiasa memberikan kemudahan bagi penulis dalam hal administrasi dan dalam hal pengaturan jadwal seminar
8. Staf Pengajar di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama mengikuti pendidikan.
9. Bapak/Ibu yang ada di Labor Biro Jaminan Mutu dan Perwakilan Manajemen PT. Semen Padang khususnya bapak-bapak yang ada di Labor kimia fisika. Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
10. Keluarga besar mahasiswa kimia khususnya mahasiswa kimia angkatan 2007. Terima kasih atas dukungan, dan persaingan yang telah diciptakan. Hal tersebut sangat banyak memberi pelajaran dalam hidup.

Tentunya penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mohon maaf bila ada kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Juli 2011

Penulis

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

DAFTAR ISI

HALAMANPENGESAHAN i

ABSTRAK ii

ABSTRACT iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR LAMPIRAN viii

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan Penelitian 2

1.4. Manfaat Penelitian 3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mortar 4

2.2. Daya Serap Air Mortar 5

2.3. Semen Portland 5

2.3.1. Sifat-sifat Semen 8

2.4. Air 13

2.5. Air Laut 14

2.6. Pengaruh Ion Sulfat 14

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian 15

3.2. Bahan dan Alat yang Digunakan 15

3.2.1. Bahan yang Digunakan 15

3.2.2. Peralatan yang Digunakan 15

3.3. Percobaan Penelitian 15

3.3.1. Persiapan Reagen

3.3.1.1. Pembuatan Larutan Na_2SO4 15

3.3.1.2. Pengambilan Sampel Air Laut 15

3.3.2. Pembuatan Sampel 16
3.3.3. Pengukuran Perubahan pH dan Panjang Mortar Dalam Larutan Sulfat dan Air Laut 16

IV. HASIL DAN DISKUSI

4.1. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Air Laut 18
4.2. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Larutan sulfat 19
4.3. Pengaruh waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Sifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam Air Laut 20
4.4. Pengaruh waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Sifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam Larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4) 22

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 24
5.2. Saran 24

DAFTAR KEPUSTAKAAN 25

LAMPIRAN 26

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Air Laut 18

Gambar 2. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Larutan Sulfat 19

Gambar 3. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Sifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam Air Laut 20

Gambar 4. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Sifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4) 22

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Semen Portland 6
Tabel 2. Komposisi Utama Garam dari Laut 14
Tabel 3. Komposisi Perbandingan Mortar 16

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil penelitian.....26
Lampiran 2. Contoh Benda Uji 28
Lampiran 3. Contoh Perhitungan 29
Lampiran 4. Hasil Analisa Kimia dan Fisika Semen Portland.....30
Lampiran 5. Cetakan Prisma 33
Lampiran 6. Mesin Pengaduk.....34
Lampiran 7. Alat Komporator 35
Lampiran 8. Persyaratan Pasir Standar menurut SNI 15-2049-94I.....36

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang perlu memperhatikan secara serius perkembangan kontruksi bangunan yang ada sekarang ini. Mengingat 2/3 wilayahnya terdiri dari lautan dan terletak pada daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi, dimana lingkungan ini banyak mengandung klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}). Sulfat akan bereaksi dengan produk hidrasi yaitu kalsium hidroksida dan kalsium aluminat hidrat untuk membentuk gypsum dan ettringite yang mempunyai volume yang lebih besar dan mengakibatkan terjadinya ekspansi. Hal ini akan dapat merusak lapisan pasir sehingga mengakibatkan keretakan dan kehancuran pada permukaan mortar.[1]

Seperti yang telah kita ketahui bahwa dunia konstruksi sekarang ini sedang mengalami perkembangan yang sangat pesat, dimana kita sering dihadapkan pada masalah-masalah kegagalan struktur. Hal ini disebabkan seringnya terjadi kegagalan pada struktur mortar, baik itu terjadi akibat faktor intern seperti korosi pada tulangan mortar, maupun faktor ekstern seperti gempa bumi. Oleh karena itu, pelaksanaan pembuatan mortar dituntut persyaratan-persyaratan yang ketat agar hasil pembuatan mortar sesuai dengan yang disyaratkan. Perkembangan dunia teknologi mortar saat ini mengarah pada usaha pembuatan mortar yang tahan terhadap lingkungan yang mengandung ion pengganggu, misalnya serangan air laut, larutan sulfat, kelembaban yang tinggi dan lain-lain.[2]

Struktur yang dibangun pada lingkungan yang mengandung klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}), memerlukan perhatian yang sangat serius. Di lingkungan tersebut kekuatan struktur mortar akan mengalami penurunan akibat penetrasi ion klorida dan ion sulfat yang dikandung oleh air laut yang masuk kedalam pori-pori mortar. Hal ini berbahaya karena dapat mengakibatkan terjadinya pengembangan volume pada mortar yang secara langsung akan mengakibatkan melemahnya kekuatan struktur mortar tersebut.[2]

Untuk mengurangi kerugian yang ditimbulkan akibat pengaruh klorida dan sulfat pada mortar, seringkali digunakan mortar dengan mutu tinggi. Hal ini dimaksudkan agar penetrasi air laut kedalam mortar menjadi semakin sulit karena tingkat kepadatan mortar yang tinggi. Sehingga perubahan panjang mortar yang berada dilingkungan yang mengandung klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}) tidak mengalami perubahan panjang yang besar. Sehingga mutu mortar pada daerah pinggir laut yang banyak mengandung klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}) akan sesuai dengan yang diharapkan.

Mortar yang digunakan pada saat ini, masih perlu dikaji perubahan panjang terhadap pengaruh air laut dan air yang mengandung sulfat dalam hal ini dibuat larutan sulfat (Na_2SO_4) yang dapat merusak struktur mortar itu sendiri. Sehingga dapat diketahui seberapa besar perubahan panjang mortar yang digunakan pada daerah yang mengandung klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}) seperti di daerah pinggir pantai.[2]

I.2. Rumusan Masalah

Dari latarbelakang yang dikemukakan di atas, permasalahan yang muncul adalah

1. Apakah air laut dan larutan sulfat dapat mempengaruhi perubahan panjang mortar?
2. Berapa besar perubahan panjang mortar yang terjadi pada perendaman dalam air laut dan larutan sulfat?

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh larutan sulfat dan air laut terhadap perubahan panjang dari mortar.

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh larutan sulfat dan air laut terhadap sifat perubahan panjang mortar dari PC Type I, Type V dan Type PCC.
2. Mengetahui type semen yang resisten terhadap sulfat dan air laut dan memberi informasi kepada masyarakat atau rekayasawan tentang kualitas mortar semen yang baik digunakan untuk di lingkungan disekitar pantai.

I.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan masyarakat atau rekayasawan dapat mengetahui seberapa besar pengaruh lingkungan yang mengandung ion pengganggu terhadap perubahan panjang mortar yang digunakan, khususnya lingkungan seperti di sekitar pantai dan sungai yang mengandung ion klorida dan ion sulfat. Dengan mengetahui seberapa besar pengaruh air laut terhadap perubahan panjang mortar, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menemukan solusi dalam peningkatan mutu dan kualitas mortar.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mortar

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton. Mortar adalah campuran yang terdiri dari bahan ikat, pasir, dengan atau tanpa Pozzoland, dan air dengan komposisi tertentu. Istilah lain dari mortar adalah mortel, adukan, spesi atau perekat.

Mortar disebut juga plesteran. Kegunaan plester adalah melapisi pasangan batu bata, batu kali maupun batu cetak (batako) agar permukaannya tidak mudah rusak dan kelihatan rapi dan bersih. Pekerjaan memplester juga dilakukan pada pasangan pondasi, pasangan tembok dinding rumah, lantai batu bata, beton dan sebagainya.

Menurut sifatnya plesteran dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

1. Plesteran kasar.

   Digunakan untuk melapisi permukaan batu bata atau pasangan batu belah yang tidak terlihat dari luar, misalnya tembok yang diatas rangka plafon.

2. Plesteran setengah halus atau setengah kasar.

   Digunakan untuk permukaan lantai gudang, lantai lapangan olah raga, lantai teras, lantai kamar mandi dan sebagainya.

3. Plesteran halus.

   Digunakan sebagai pelapis tembok-tembok rumah, dalam hal ini langsung berhubungan dengan keindahan dan kerapian pandangan.[3]

Sifat penting dari mortar adalah kuat tekan yang dapat menentukan kualitas mortar, sedangkan kualitas mortar bergantung pada kualitas bahan penyusunnya. Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori-pori berisi udara (air voids) dan berisi air (water filled space) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (porous) yang

besar daya ikat berkurang dan mudah terjadi slip antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang.

Mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Murah.

b. Tahan lama.

c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan).

d. Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.

e. Cepat kering dan mengeras.

f. Tahan terhadap rembesan air.

g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Pemakaian mortar pada kondisi bangunan tertentu disyaratkan untuk memenuhi mutu adukan yang tertentu pula. Sebagai contoh untuk bangunan gedung bertingkat banyak diisyaratkan menggunakan mortar yang kuat tekan minimumnya 3,0 Mpa.[4]

2.2. Daya Serap Air dari Mortar

Daya serap air adalah Persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam dalam air. Pori dalam butir agregat mempunyai ukuran dengan variasi cukup besar. Pori-pori tersebar di seluluh butiran, beberapa bagian merupakan pori-pori yang tertutup dalam materi, beberapa yang lain terbuka terhadap permukaan butiran. Beberapa jenis agregat yang sering dipakai mempunyai volume pori tertutup sekitar 0% sampai 20% dari volume butirnya.

Penyebab semakin meningkatnya daya serap air adalah semakin meningkatnya porositas mortar semen akibat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Air ini akan menguap atau tinggal dalam mortar semen yang akan menyebabkan terjadinya pori-pori (capillary pores) pada pasta semen sehingga akan menghasilkan pasta yang porous, hal ini akan menyebabkan semakin berkurangnya kekedapan air mortar semen.[5]

2.3. Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik, karena semen berfungsi sebagai bahan perekat dan mengikat

butir-butir agregat menjadi suatu massa yang kompak. Menurut (PUBBI) Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 pengertian semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dari proses penghalusan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dengan gypsum sebagai bahan tambah.

Semen Portland diperoleh dengan membakar suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat) dan *algillaceaus* (yang mengandung alumina) dengan suatu perbandingan tertentu serta silikat-silikat kalsium. Bahan-bahan tersebut dibakar dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Kemudian didinginkan dan dihaluskan menjadi bubuk. Pada campuran ini umumnya ditambahkan lagi gypsum atau kalsium sulfat ($CaSO_4$) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu ikat. Bahan-bahan lain juga ditambahkan untuk membuat semen dengan sifat-sifat khusus.[6]

Sifat-sifat semen tergantung dari bahan kimia penyusunnya. Bila ditinjau dari susunan oksida semen portland, maka bahan dasar semen terdiri dari kapur (CaO), silica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3). Karena umumnya bahan dasar semen diambil dari alam (batu kapur dan tanah liat), maka oksida lain yang tidak penting harus dibatasi, sehingga susunan unsur semen yang dihasilkan seperti pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 : Kandungan Semen Portland

Nama Unsur	Rumus Kimia	Jumlah (%)
Kapur	CaO	60-65
Silikat	SiO_2	17-25
Alumina	Al_2O_3	3-8
Besi	Fe_2O_3	0,5-6
Magnesia	MgO	0,5-4
Sulfur	SO_3	1-2
Soda/Potash	$Na_2O + K_2O$	0,5-1

Sumber : Tjokrodimuljo 1996

Oksida-oksida yang tercampur pada tabel diatas tersebut akan berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih komplek selama proses peleburan.

Perbedaan sifat-sifat berbagai semen portland ditentukan oleh proporsi relatif keempat senyawa utama (C_3S, C_2S, C_3A dan C_4AF) yang dikandungnya

dan juga oleh kehalusan butirnya. Bila semen portland dicampur dengan air, trikalsium silikat (C_3S) berhidrasi secara lebih cepat dari pada dikalsium silikat (C_2S) dan karena itu memberi sumbangan yang lebih besar pada umur dini (sebelum mencapai umur 14 hari), panas hidrasi dan kenaikan temperatur yang ditimbulkan juga lebih besar. C_2S bereaksi dengan air lebih lambat, sehingga sumbangan C_2S terhadap kekuatan terjadi setelah berumur 7 hari, dan dapat terus berlanjut sampai 1 tahun. C_2S berhidrasi dengan cepat dan menimbulkan banyak panas dan sumbangannya terhadap kekuatan kecil. C_4AF bersifat tidak aktif dan hanya memberi sumbangan kecil terhadap kekuatan[6].

Proses hidrasi pada semen portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Reaksi hidrasi dari unsur C_3S dan C_2S adalah :

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$$

Hasil utama dari agregat ini adalah trikalsium silikat hidrat ($3CaO.SiO_2.3H_2O$) yang bisa disebut *tobermorite* yang berbentuk gel, yang sifatnya seperti bahan pelekat. Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen itu, dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaian.

Berdasarkan (PUBBI) Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Jenis I, semen portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus. Komposisi kimia terdiri dari C_3S 49 %, C_2S 25 %, C_3A 12 %, C_4AF 8 %. Semen tipe ini dipakai untuk semua macam kontruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti ketahana terhadap sulfat, panas hidrasi atau kekuatan awal yang tinggi. Dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain
2. Jenis II, semen portland komposisi kimia terdiri dari C_3S 46 %, C_2S 29 %, C_3A 6 %, C_4AF 12 %. yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Dapat dipakai untuk kontruksi bangunan yang berada di pingggir laut

3. Jenis III, semen portland komposisi kimia terdiri dari C_3S 56 %, C_2S 15 %, C_3A 12 %, C_4AF 8 %. Semen tipe ini penggunanaannya memerlukan kekutan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Dapat digunakan dalam pembuatan jalan beton dan bangunan bertingkat.
4. Jenis IV, semen Portland komposisi kimia terdiri dari C_3S 6 %, C_2S 49 %, C_3A 5 %, C_4AF 18 %.Semen type ini yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah. Dapat digunakan dalam pembuatan dam, beton musa dan kontruksi daerah panas dan kering.
5. Jenis V, semen portland komposisi kimia terdiri dari C_3S 38 %, C_2S 49 %, C_3A 4 %, C_4AF 9 %. Semen type ini yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat. Dapat digunakan dalam pembuatan kontruksi jembatan, terowongan dan pelabuhan.
6. Super Masonry Cement (SMC)

   Semen type ini dapat digunakan untuk kontruksi perumahan, gedung, jalan dan irigasi.
7. Portland Pozzolan Cement (PPC)

   Semen type jenis ini dapat digunakan untuk kontruksi umum dan tahan terhadap sulfat sedang.
8. Oil Well Cement (OWC)

   OWC merupakan COLOID CEMEN (tanpa agregat) yang umumnya digunakan untuk pembuatan sumur minyak dan gas.

2.3.1. Sifat-Sifat Semen

Sifat fisika dan kimia masing-masing jenis semen memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang harus memenuhi syarat kimia dan fisika. Untuk menjaga tetap terjaminnya mutu semen Portland maka syarat kimia dan fisika harus terus diperhatikan. Syarat mutu tersebut antara lain kandungan senyawa dalam semen Portland, kehalusan semen, residu, hilang pijar dan syarat utama kimia dan fisikanya antara lain sebagai berikut :

A. Sifat-sifat Fisika

a) Pengikatan dan Pengerasan (Setting Time dan Hardening)

Mekanisme terjadinya setting dan hardening yaitu ketika terjadi pencampuran dengan air, maka akan terjadi air dengan C_3A membentuk $3CaO.Al_2O_3.\ 3H_2O$ yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Maka untuk mengatur pengikatan perlu ditambahkan gypsum dan bereaksi dengan $3CaO.Al_2O_3.3H_2O$, membentuk lapisan etteringete yang akan membungkus permukaan senyawa tersebut. Namun karena ada peristiwa osmosis lapisan etteringete akan pecah dan reaksi hidarsi C_3A akan terjadi lagi, namun akan segera terbentuk lapisan etteringete kembali yang akan membungkus $3CaO.Al_2O_3.3H_2O$ kembali sampai gypsum habis. Proses ini akhirnya menghasilkan perpanjangan setting time. Peristiwa diatas mengakibatkan reaksi hidarsi tertahan, periode ini disebut Dormant Periode yang terjadi selama 1-2 jam, dan selama itu pasta masih dalam keadaan plastis dan mudah dibentuk, periode ini berakhir dengan pecahnya coating dan reaksi hidrasi terjadi kembali dan initial set mulai terjadi. Selama periode ini beberapa jam, reaksi dari $3CaO.SiO_2$ terjadi dan menghasilkan C–S–H ($3CaO.SiO_2$) semen dan akan mengisi rongga dan membentuk titik-titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Pada tahap berikutnya terjadi pengikatan konsentrasi C–S–H yang akan menghalangi mobilitas partikel-partikel semen yang akhirnya pasta menjadi kaku dan final setting tercapai, lalu proses pengerasan mulai terjadi.[7]

b) Ketahanan Terhadap Sulfat dan asam

Beton atau mortar dari Portland semen dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam dari sekitarnya, yang umumnya serangan asam tersebut yaitu dengan merubah kontruksi-kontruksi yang tidak larut dalam air. Misalnya, HCl merubah C_4AF menjadi $FeCl_2$. Serangan asam tersebut terjadi karena CO_2 bereaksi dengan $Ca(OH)_2$ dari semen yang terhidrasi membentuk kalsium karbonat yang tidak larut dalam air. Pembentukan kalsium karbonat, sebenarnya tidak menimbulkan kerusakan pada beton tetapi proses berikutnya yaitu CO_2 dalam air akan bereaksi dengan kalsium karbonat yang larut dalam air.

Reaksi :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca\ (HCO_3)_2$$

Berbagai macam sulfat umumnya dapat menyerang beton ataupun mortar. Sulfat bereaksi dengan kalsium hidroksida dan kalsium aluminat hidrat, dan reaksi yang terjadi dapat mengahasilkan pengembangan volume sehingga akan terjadi keretakan pada beton dan mortar.

c) Kehalusan

Kehalusan dapat mewakili sifat-sifat fisika lainnya terutama terhadap kekuatan, bertambahnya kehalusan pada umumnya akan bertambah pula kekuatan, mempercepat reaksi hidarsi begitu pula waktu pengikatannya semakin singkat.

d) Kuat Tekan (Compressive Strength)

Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting bagi mortar ataupun beton. Kuat tekan dimaksud sebagai kemampuan suatu material untuk menahan suatu beban tekan. Kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C_2S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C_2S memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama. C_3A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini semakin kecil.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan antara lain :

1. Kualitas Semen

- Kehalusan semen

  Makin halus semen, kuat tekan makin besar karena makin luas permukaan semen yang bereaksi dengan air dan agregat.

- Komposisi kimia Semen

a. Trikalsium silikat (C_3S) dan dikalsium silikat (C_2S)

   C_3S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kekuatan awal (28 hari). C_2S memberikan kontribusi kekuatan tekan pada umur yang lebih panjang (180 hari).

b. Trikalsium Aluminat (C_3A)

   Mempengaruhi kekuatan tekan sampai pada tingkat tertentu pada umur 28 hari dan pengaruhui ini makin kecil sampai nol pada umur setelah 1 atau 2 tahun.

c. Tetrakalsium aluminoferrat (C_4AF)

   (C_4AF) tidak mempengaruhi kekuatan tekan pada mortar semen.

d. Magnesium oksida (MgO)

MgO tidak memberikan kontribusi yang berarti pada pengembangan kekuatan tekan bahkan mengakibatkan ekspansi yang halus, berupa retak-retak bila kandungan MgO dalam semen cukup tinggi.

e. Kualitas Agregat

Agregrat yang berbentuk sudut (batu pecah) lebih baik dari batu bulat, karena pasta akan berikatan satu sama lain lebih kuat. Pasta akan mengikat agregat yang kecil. Permukaan yang kasar mengikat pasta lebih.

2. Kandungan Air

Kandungan air yang cukup tinggi menghalangi proses pengikat dan kandungan air yang rendah menyebabkan reaksi yang terjadi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan kekuatan beton dan mortar rendah.

e) Panas Hidrasi

Panas hidrasi yaitu panas yang dihasilkan selama semen mengalami reaksi hidrasi. Reaksi hidarsi atau reaksi hidrolisis sendiri adalah reaksi yang terjadi ketika mineral-mineral yang terkandung didalam temperatur, jumlah air yang digunakan dan bahan-bahan lain yang ditambahkan. Hasil reaksi hidrasi, tobermorite gel merupakan jumlah yang terbesar, sekitar 50% Dari jumlah senyawa yang dihasilkan. Reaksi tersebut dapat dikemukakan secara sederhana, sebagai berikut :

$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2$

$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$

$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3 .6H_2O$

$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O + 3CaSO_4.2H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4. 32H_2O$

$4CaO.Al_2O_3 .Fe_2O_3 + 12H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O + 3CaO. Fe_2O_3.6H_2O$

Untuk semen yang lebih banyak mengandung C_3S dan C_3A akan bersifat mempunyai panas hidrasi yang lebih tinggi.[8,9]

B. Sifat-sifat Kimia

a) Lime Saturated Factor (LSF)

Batasan agar semen yang dihasilkan tidak tercampur dengan bahan-bahan alami lainnya.

b) Magnesium Oksida (MgO)

Pada umumnya semua standard semen membatasi kandungan MgO dalam semen Portland, karena MgO akan menimbulkan magnesia expansion pada semen setelah jangka waktu lebih dari pada setahun, berdasarkan persamaan reaksi sebagai berikut :

$$MgO + H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2$$

Reaksi tersebut diakibatkan karena MgO bereaksi dengan H_2O. Menjadi magnesium hidroksida yang mempunyai volume yang lebih besar.

c) Sulfur Trioksida (SO_3)

Kandungan SO_3 dalam semen adalah untuk mengatur/memperbaiki sifat setting time (pengikatan) dari mortar (sebagai retarder) dan juga untuk kuat tekan. Karena kalau pemberian retarder terlalu banyak akan menimbulkan kerugian pada sifat expansive dan dapat menurunkan kekuatan tekan. Sebagai sumber utama SO_3 yang sering banyak digunakan adalah gypsum.

d) Hilang Pijar (Loss On Ignition)

Persyaratan hilang pijar dicantumkan dalam standard adalah untuk mencegah adanya mineral-mineral yang dapat diurai dalam pemijaran. Kristal mineral-mineral tersebut pada umumnya dapat mengalami metamorfosa dalam waktu beberapa tahun, dimana metamorfosa tersebut dapat menimbulkan kerusakan.

e) Residu tak larut

Bagian tak larut dibatasi dalam standard semen. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah dicampurnya semen dengan bahan-bahan alami lain yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika mortar.

f) Alkali (Na_2O dan K_2O)

Kandungan alkali pada semen akan menimbulkan keretakan pada beton maupun pada mortar, apabila dipakai agregat yang mengandung silikat reaktif terhadap alkali. Apabila agregatnya tidak mengandung silikat yang reaktif terhadap alkali, maka kandungan alkali dalam semen tidak menimbulkan kerugian apapun. Oleh karena itu tidak semua standard mensyaratkannya.

g) Mineral compound (C_3S, C_2S, C_3A , C_4AF)

Pada umumnya standard yang ada tidak membatasi besarnya mineral compound tersebut, karena pengukurannya membutuhkan peralatan mikroskopik yang mahal.

Mineral compound tersebut dapat di estimasi melalui perhitungan dngan rumus, meskipun perhitungan tidak teliti. Tetapi ada standard yang mensyaratkan mineral compound ini untuk jenis jenis semen tertentu. misalnya ASTM untuk standard semen type IV dan type V. Salah satu mineral yang penting yaitu C_3A, adanya kandungan C_3A dalam semen pada dasarnya adalah untuk mengontrol sifat plastisitas adonan semen beton. Tetapi karena C_3A bereaksi terhadap sulfat, maka untuk pemakaian di daerah yang mengandung sulfat dibatasi. Karena reaksi antara C_3A dengan sulfat dapat menimbulkan korosi pada beton.[9]

2.4. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen pada proses hidrasi semen, dan juga berfungsi sebagai pelumas agar adukan dapat dikerjakan dan dipadatkan dengan baik. Dalam pemakaian air untuk beton atau mortar, air harus memenuhi syarat-syarat air yang digunakan dalam pengadukan semen sebagai berikut dalam (PUBBI) Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 antara lain :

1. Tidak mengandung Lumpur atau benda terapung lainnya lebih dari 2 gram/ liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 500 ppm.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1000 ppm
5. Tidak mengandung senyawa Fe lebih dari 40000 ppm
6. Tidak mengandung senyawa Na_2CO_3 dan K_2CO_3 lebih dari 1000 ppm
7. Tidak mengandung $CaCO_3$ dan MgO lebih dari 400 ppm

Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan untuk bahan campuran beton seperti air minum (tetapi tidak berarti air pencampuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton/mortar ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton/mortar dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton/mortar yang memakai air suling.[10,11]

2.5. Air Laut

Derajat keasaman air laut pada umumnya berkisar antara 8,2 sampai 8,4. Dilihat secara umum air laut mengandung 3,6 % sampai dengan 4 % garam yang terlarut, dimana garam-garam tersebut terdiri dari 75 % NaCl, 10 % $MgSO_4$, dan 10 % garam sulfat (Magnesium sulfat, Gypsum, dan Kalium sulfat).

Tabel 2 : Komposisi utama garam dari laut

No	Ion	% berat
1	Klorida (Cl^-)	55.04
2	Natrium (Na^+)	33,40
3	Sulfat (SO_4^{2-})	7.68
4	Magnesium (Mg^{2+})	3.69
5	Kalsium (Ca^{2+})	1.16
6	Kalium (K^+)	1.10

NaCl tidak bereaksi dengan hasil hidrasi semen. Namun kristalisai dari garam di dalam pori akan menyebabkan kehancuran pada beton. Hal ini terutama terjadi pada beton yang terletak di antara batas pasang surut.[11]

2.6. Pengaruh Ion Sulfat

Ion sulfat merupakan kelompok ion pengganggu yang dapat mempercepat laju korosi. Bermacam-macam senyawa sulfat umumnya dapat menyerang dapat menyerang beton dengan hebatnya. Masuknya sulfat kedalam matrik beton akan bereaksi dengan kalsium hidroksisa dan juga kalsium aluminat hidrat membentuk gipsum dan ettringgite yang mempunyai volume lebih besar dan mengakibatkan terjadiya ekspansi. Ion-ion sulfat itu akan merusak lapisan pasif dari tulang besi beton sehingga akhirnya mengalami korosi. Akibat dari semua ini beton dan mortar akan retak-retak dan kemudian hancur.

Adapun mekanisme dari serangan sulfat terhadap beton dimulai dengan reaksi antara senyawa sulfat dengan kalsium hidroksida bebas membentuk gipsum

$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.\ 2H_2O + 2NaOH$

Dan gipsum akan bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat membentuk ettringite

$3CaSO_4.\ 2H_2O + 4CaO.Al_2O_3.19H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.31H_2O + Ca(OH)_2.$[12]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jaminan Kualitas dan Pengembangan Produk PT. Semen Padang pada bulan Februari-April 2011.

3.2. Peralataan dan Bahan

3.2.1. Bahan yang digunakan

Semen Portland yang digunakan Type I atau Ordinary Porland Cemen (OPC), Seme Portland tipe V dan Portland Composit Cement (PCC) merek Semen Padang produksi PT.Semen Padang Padang Sumatera Barat, Pasir standar ASTM (Ottawa sand 20-30), air yang digunakan berasal dari jaringan air bersih PT. Semen Padang, larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4), air laut yang digunakan adalah air laut di dermaga Teluk bayur, aquadest sebagai pelarut dan buffer 7 sebagai pengatur pH.

3.2.2. Peralatan yang digunakan

Timbangan Analitik, mixer sesuai dengan persyaratan SNI 15-2049-2004, pisau aduk dan pisau segitiga dengan tepi lurus ukuran (100-150) mm, gelas ukur berkapasitas 200 mL dan 250 mL, komparator, wadah perendaman, cetakan berukuran (25 x 25 x 285) mm, alat pH meter.

3.3. Percobaan penelitian

3.3.1. Persiapan Reagen

3.3.1.1. Pembuatan Larutan Na_2SO_4

Ditiimbang 50 gram Na_2SO_4, lalu masukkan dalam gelas piala dan dilarutkan dengan air destilat sampai volume 1 L. Sebelum digunakan larutan tersebut di simpan pada suhu 23.0 ± 2.0°C. Atur pH antara 6 sampai 8.

3.3.1.2. Pengambilan Sampel Air Laut

Air laut diambil di Dermaga Teluk Bayur dengan cara diambil bagian tepi, bagian tengah dengan jarak ± 5 meter, dimana diambil pada bagian permukaan saja. Air

laut tersebut dihomogenkan dan disaring. Larutan yang homogen tadi siap digunakan untuk perendaman mortar.

3.3.2. Pembuatan Sampel

Mortar dibuat dengan perbandingan komponen seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 : Komposisi perbandingan dalam pembuatan mortar

Jenis	Semen (g)	Air (mL)	Pasir (g)
Mortar	500	242	1375

Dipasang pengaduk dan mangkuk yang kering pada mesin pengaduk. Dimasukkan air pencampuran ke dalam mangkuk lalu ditambahkan semen kedalam air, kemudian dijalankan mesin pengaduk sambil diaduk pada kecepatan rendah (140 ±5) rpm selama 30 detik, setelah itu tambahkan pasir pelan-pelan dalam selang waktu 30 detik, sambil diaduk. Kemudian benda uji dicetak, tidak lebih dari 2 menit setelah pengadukan. Benda uji yang sudah di cetak di simpan di dalam lemari penyimpanan pada suhu (23 ± 2.0)°C selama (22-23) jam, kemudian buka benda uji dari cetakan, lalu di lakukan pengukuran awal terhadap batang uji mortar dan larutan sebelum dilakukan perendaman.[13]

3.3.3. Pengukuran Perubahan pH dan Panjang Mortar Dalam Larutan Sulfat dan Air Laut

Setelah batang benda uji dibuka dari cetakannya dan larutan awal yang digunakan telah diukur, tempatkan secara horizontal benda uji di dalam larutan. Semua benda uji harus terendam larutan. Kemudian tutup wadah tempat perendaman benda uji untuk mencegah penguapan dari larutan dalam wadah. Penyimpanan benda uji selanjutnya pada suhu 23.0 ± 2.0°C. Setelah benda uji mortar tersebut direndam dalam air laut setiap satu kali seminggu selama tujuh minggu dilakukan pengkuran pH terhadap air laut tersebut. Pengkuran pH menggunakan alat pH meter digital. Begitu juga untuk mortar yang direndam dengan larutan sulfat, pengerjaan pengkuran pH-nya sama dengan air laut. Setelah mortar direndam lalu dikeringkan baru dilakukan pengukuaran terhadap perubahan panjang dengan menggunakan alat komparator. Setiap satu kali seminggu selama tujuh minggu terus diukur dan diamati.

Perhitungan perubahan panjang pada setiap umur pengujian setelah pembacaan awal komparator sebagai berikut :

$$\Delta L = \frac{Lx - Li}{Lg} \times 100\ \%$$

Dimana : ΔL = perubahan panjang pada umur x, %

L_x = panjang akhir benda uji

Li = panjang awal benda uji

Lg = jumlah panjang gage = 9,8425 mm

Perhitungan perubahan Panjang nilai untuk masing-masing benda uji dekat 0.001 % dan laporan rata-rata dekat 0.01 %.[14]

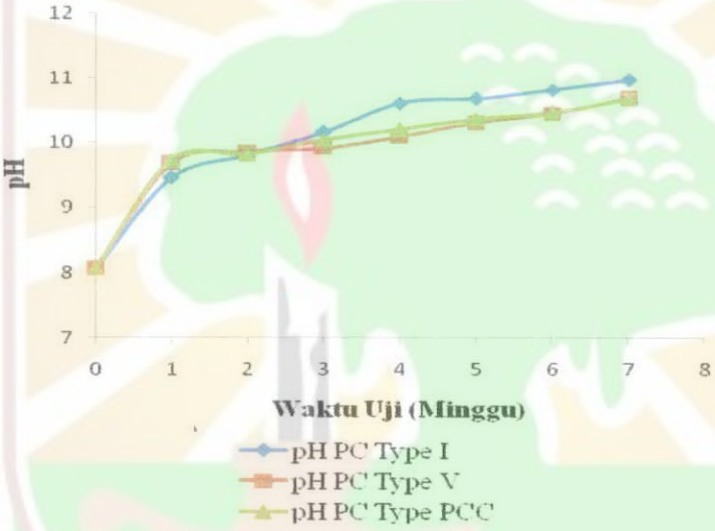
UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

BAB IV

HASIL DAN DISKUSI

4.1. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Air Laut

Pengukuran pH, dan perubahan panjang dilakukan sekali seminggu sampai tujuh minggu berikutnya. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat perubahan pH larutan selama waktu perendaman pada gambar di bawah ini :



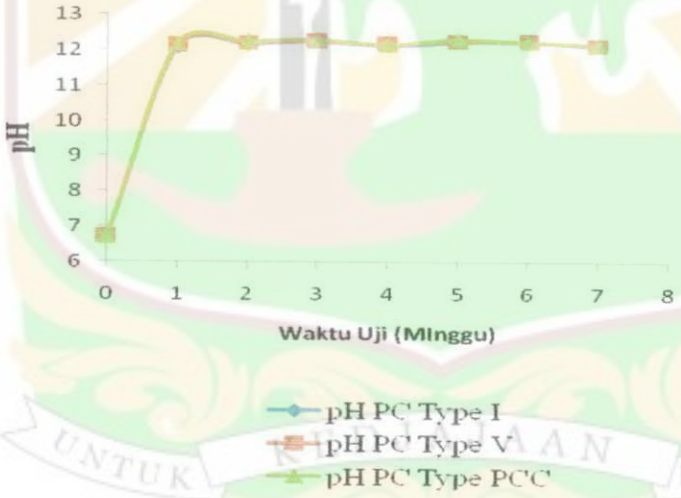
Gambar 1 : Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Air Laut

Gambar 1. (data dapat dilihat pada lampiran 1a, 1b dan 1c) memperlihatkan bahwa pH air laut secara umum untuk ke tiga sampel yang diuji setiap minggu mengalami kenaikan, ini di sebabkan karena Kalsium Oksida (CaO) yang ada dalam semen bereaksi dengan air menghasilkan Kalsium Hidroksida $Ca(OH)_2$. Kalsium Hidroksida yang terdapat dalam mortar akan bereaksi secara berlahan dengan Magnesium Klorida ($MgCl_2$) yang ada dalam air laut sehingga mengahasilkan Magnesium Hidroksida $Mg(OH)_2$ dan Kalsium Klorida ($CaCl_2$)[1]. Semakin lama perendaman mortar dalam air laut tersebut maka air laut bersifat basa sehinga pH meningkat. Hal ini dapat dilihat dari komposisi masing-masing ketiga sampel yang digunakan mengandung komposisi yang berbeda sehingga

kenaikan pH dan ketahanannya dalam setiap lingkungan yang mengandung garam-garam berbeda pula.

Dapat dilihat dari ketiga Type semen tersebut salah satu faktor kenaikan pH tersebut dapat dilihat dari kandungan Trikalsium Aluminat (C_3A) yang dimiliki semen tersebut. C_3A bereaksi dengan air yang jumlahnya sekitar 40 % dari beratnya. Karena persentasinya dalam semen yang kecil (sekitar 10%), maka pengaruhnya pada jumlah air untuk reaksi menjadi kecil. Semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 10 % tidak akan tahan terhadap serangan sulfat. Semen yang tahan sulfat harus memilki kandungan C_3A-nya tidak lebih dari 5 %. Semen yang kandungan C_3A-nya tinggi, jika terkena sulfat yang terdapat pada air atau tanah akan mengeluarkan C_3A yang beraksi dengan sulfat dan mengembang sehingga mengakibatkan retak-retak pada mortarnya[7].

4.2. Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Larutan sulfat



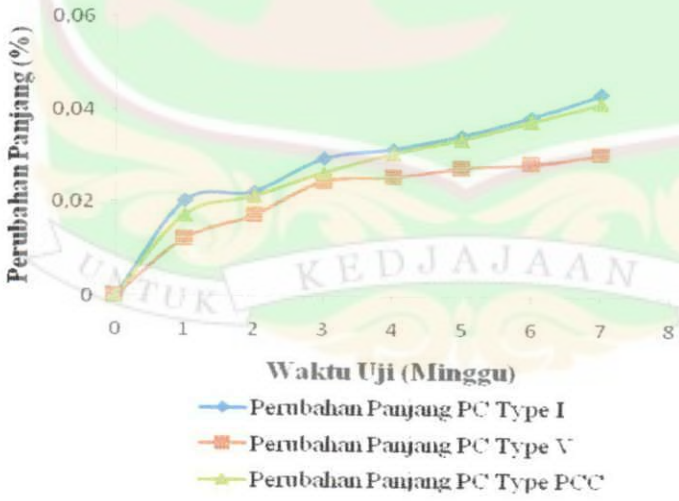
Gambar 2 : Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan pH Larutan Sulfat

Gambar 2. (data dapat dilihat pada lampiran 1a, 1b dan 1c) memperlihatkan bahwa nilai pH larutan sulfat yang digunakan sebagai air perendaman untuk ketiga jenis semen yang digunakan mengalami kenaikan yang drastis pada minggu pertama. Hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi Kalsium Oksida (CaO) yang

dimiliki semen dengan air sehingga membentuk Kalsium Hidroksida $Ca(OH)_2$ sehingga larutan bersifat basa. Untuk minggu kedua dan minggu berikutnya mengalami kenaikan yang tidak begitu drastis dibandingkan minggu pertama.

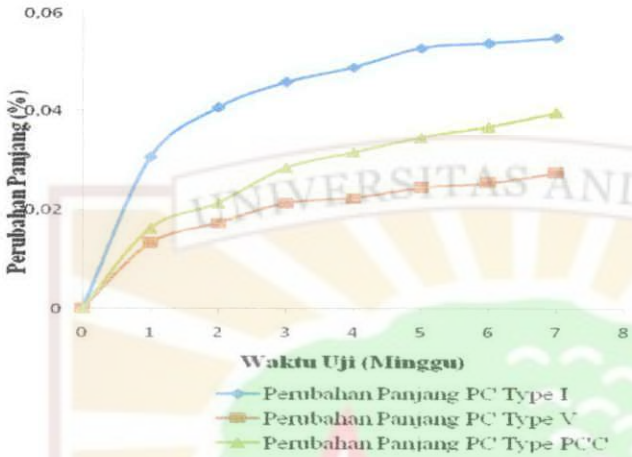
Tetapi pada minggu keempat semua type semen mengalami penurunan, karena dapat disebabkan kandungan CaO yang sudah sedikit berkurang sehingga mempengaruhi nilai pH pada larutan sulfat tersebut. Untuk minggu kelima, keenam dan minggu ketujuh perendaman dapat dilihat mengalami kenaikan lagi, hal ini dapat disebabkan dari reaksi alkali sulfat bereaksi denga kalsium hidroksida membentuk gypsum. Dan gypsum akan bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat membentuk ettringite yang mempunyai volume lebih besar. Reaksi yang terjadi tersebut dapat menghasilkan pengembangan volume dan mengakibatkan terjadinya expansi. Sehingga larutan mortar yang berada dalam larutan tersebut lama kelamaan bersifat basa sehingga ketahanan mortar berkurang.[12]

4.2. Pengaruh waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan Panjang yang di rendam dalam Air Laut



Gambar 3 : Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Perubahan Panjang yang di rendam dalam Air Laut.

4.3. Pengaruh waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCC terhadap Sifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam Larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4)



Gambar 4 : Pengaruh Waktu Perendaman Mortar Semen Type I, V dan PCCSifat Perubahan Panjang yang di rendam dalam larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4)

Gambar 4. (data dapat dilihat pada lampiran 1a, 1b dan 1c) memperlihatkan bahwa reaksi mortar dengan larutan Natrium Sulfat meskipun mortar dapat berperan sebagai lapisan pelindung dari serangan ion-ion pengganggu, tetapi kerusakan pada mortar tetap terjadi karena sulfat akan bereaksi dengan produk hidrasi yaitu kalsium hidroksida dan trikalsium aluminat hidrat untuk membentuk gipsum dan ettringite yang mempunyai volume lebih besar dan mengakibatkan terjadinya ekspansi. Adapun mekanisme dari serangan sulfat terhadap mortar dimulai dengan reaksi antara senyawa sulfat dengan kalsium hidroksida bebas membentuk gipsum

$$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.\ 2H_2O + 2NaOH$$

Dan gipsum akan bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat membentuk ettringite

$$3CaSO_4.\ 2H_2O + 4CaO.Al_2O_3.19H_2O \rightarrow \underbrace{3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.31H_2O + Ca(OH)_2}_{\text{Kalsium Sulfo Aluminat (ettringete)}}$$

Kalsium Sulfo Aluminat (ettringete) inilah yang menyebabkan hard set cement (kekuatan semen) menjadi rusak. Dan dapat juga dilihat dari komposisi

setiap type semen tersebut[1]. Komposisi yang sangat memberi pengaruh ketahanannya terhadap kerusakan adalah besar atau tidaknya kandungan dari C_3A yang dimilki oleh setiap type semen. Dapat dibandingkan dari ketiga type semen tersebut bahwa yang tahan terhadap sulfat adalah PC Type V, jika dibandingkan dengan PC Type PCC dan PC Type I, Semen yang tahan sulfat harus memiliki kandungan C_3A tidak lebih dari 5%. Semen yang kandungan C_3A-nya tinggi, jika terkena sulfat yang terdapat pada air atau tanah akan mengeluarkan C_3A yang bereaksi dengan sulfat dan mengembang sehingga mengakibatkan retak-retak pada betonya.[7]

Dari ketiga semen tersebut dapat dilihat semen yang tahan terhadap garam-garam dan sulfat yaitu Type semen V ini sesuai dengan persyaratan SNI 15-2049-94 dan ASTM C 150 – 95a, karena dapat dilihat dari perubahan panjang yang didapatkan bahwa Type semen V yang perubahan panjangnya yang kecil jika dibandingkan Type PCC dan Type I.[14]

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Air laut dan larutan sulfat dapat mempengaruhi perubahan panjang mortar dari PC Type I, PC Type V dan PC Type PCC (Portland Composit Cement).
2. Semen PC Type V mengalami perubahaan panjang yang relatif kecil dibandingkan PC Type PCC (Portland Composit Cement) dan sesuai dengan persyaratan SNI 15 - 2049 dan ASTM C 150 95a.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan mengenai bagaimana mengatasi serangan klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{-2}) sulfat terhadap mortar yang berada pada daerah di sekitar pantai yang pada umumya hanya menggunakan semen jenis PC Type PCC (Portland Composit Cement) dan PC Type I untuk mendirikan bangunan.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. *Teknologi Semen*. PT. Semen Padang: Padang. 1998. hal 23-24.

2. Anonim. *Korosi Beton*. PT. Petrokimia Gresik (Persero): Jakarta. 1982. hal 11-15.

3. N. Paulus. *Teknologi Beton Bandung*. Teknik Sipil ITB: Bandung.1989. hal 35-37.

4. K. Gideon, *Pedoman pengerjaan beton berdasar SK-SNI T-15-1991-03*. Erlangga: Jakarta. 1993. Hal 38-41.

5. S. Munir. *Kuat Tekan dan Daya Serap Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM: Jogjakarta.1989.hal 16-21.

6. Tjokrodimuljo. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta. 1996. hal 123-135.

7. Anonim. *Pengolahan Klinker*. PT. Semen Padang: Padang. 1996. Hal 24-30.

8. R. Anas. *Analisa Kimia dan Fisika Bahan-bahan yang dipakai dalam Proses Pembuatan Semen Portland*. PT Semen Padang: Padang. 1995. hal 157-167.

9. B. Hasan. *Dasar-dasar Pengontrolan Proporsi Raw Material*. PT. Semen Padang: Padang. 1980. hal 1-18.

10. E. Roekmmini. *Pengertian Umum Semen*. Depertemen Penelitian dan Pengembangan. PT Semen Padang: Padang. 1998. hal 23-30.

11. Anonim. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 (PUBBI-1982)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. Balitbang Dep. PU: Bandung. 1985. hal 23-34.

12. Z. Nurazwar. *Jenis-jenis Semen Produk PT. Semen Padang (Persero) dan Sifat-sifatnya*. PT. Semen Padang: Padang. 1995. hal 87-80.

13. SNI 03-2458. *Metoda Pengujian Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. hal 21-29.

14. ACI Materials Journal, *"Spesification for Apparatus for use in Measurement of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concret."*, Vol. 90 No. 3–5, May – June 1993.United States.

LAMPIRAN I

Data Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Perubahan Panjang dan Perubahan pH Mortar yang direndaman dalam Air Laut dan Larutan Sulfat.

1.a. Untuk Semen Portland Type I

No	Waktu Uji (Minggu)	pH		Panjang (mm)		Perubahan Panjang (%)	
		Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4
1	0	8,05	6,7	0,1919	0,1043	0	0
2	I	9,45	12,10	0,1936	0,1059	0,0203	0,0305
3	II	9,80	12,18	0,1942	0,1064	0,0223	0,0406
4	III	10,15	12,27	0,1947	0,1071	0,0295	0,0457
5	IV	10,60	12,13	0,1953	0,1074	0,0315	0,0488
6	V	10,67	12,24	0,1954	0,1077	0,0345	0,0528
7	VI	10,81	12,24	0,1960	0,1079	0,0386	0,0538
8	VII	10,96	12,14	0,1965	0,1082	0,0436	0,0549

b.Untuk Semen portland Type V

No	Waktu Uji (Minggu)	pH		Panjang (mm)		Perubahan Panjang (%)	
		Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4
1	0	8,05	6,7	0,2300	0,1033	0	0
2	I	9,67	12,13	0,2312	0,1046	0,0122	0,0132
3	II	9,85	12,20	0,2317	0,1050	0,0173	0,0173
4	III	9,90	12,25	0,2324	0,1054	0,0244	0,0213
5	IV	10,08	12,16	0,2325	0,1055	0,0254	0,0223
6	V	10,29	12,26	0,2327	0,1057	0,0274	0,0244
7	VI	10,44	12,25	0,2328	0,1058	0,0284	0,0254
8	VII	10,68	12,15	0,2330	0,1060	0,0305	0,0274

c. Untuk Semen Portland Type PCC

No	Waktu Uji (Minggu)	pH		Panjang (mm)		Perubahan Panjang (%)	
		Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4	Laut	Na_2SO_4
1	0	8,05	6,7	0,1792	0,1691	0	0
2	I	9,72	12,18	0,1812	0,1700	0,0173	0,0162
3	II	9,81	12,24	0,1814	0,1705	0,0213	0,0213
4	III	10,03	12,30	0,1821	0,1708	0,0264	0,0284
5	IV	10,20	12,17	0,1823	0,1712	0,0305	0,0315
6	V	10,35	12,31	0,1825	0,1713	0,0336	0,0345
7	VI	10,46	12,25	0,1828	0,1714	0,0376	0,0366
8	VII	10,67	12,16	0,1831	0,1716	0,0416	0,0396

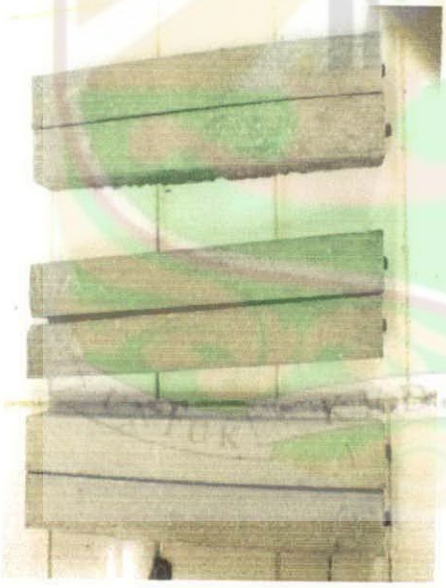
UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

LAMPIRAN II

Contoh Benda Uji

Contoh Benda uji dalam larutan

c. Contoh Benda Uji Setelah Perendaman



Keterangan : A B

A : Mortar dalam air Laut

B : Mortar dalan larutan Na_2SO_4

LAMPIRAN III

Perhitungan perubahan panjang pada setiap umur pengujian setelah pembacaan awal komparator sebagai berikut :

$$\Delta L = \frac{Lx - Li}{Lg} \times 100\ \%$$

Dimana : ΔL = perubahan panjang pada umur x, %

L_x = panjang akhir benda uji

Li = panjang awal benda uji

Lg = panjang standar uji 9,8425 mm

Perhitungan perubahan Panjang nilai untuk masing-masing benda uji dekat *0.001* % dan laporan rata-rata dekat *0.01* %.

Contoh Perhitungan Untuk Air laut :

$$\Delta L = \frac{Lx - Li}{Lg} \times 100\ \%$$

Diketahui : Panjang akhir (Lx) = 0,1936 mm

Panjang awal (Lg) = 0,1919 mm

Panjang standar uji = 9,8425 mm

$$\Delta L = \frac{0{,}1936\ mm - 0{,}1919}{9{,}8425} \times 100\ \%$$

$$= 0{,}0203\ \%$$

LAMPIRAN IV

Tabel Analisa Kimia dan Fisika Sampel Semen Type I

SP 15122010

URAIAN		SP I
ANALISA KIMIA	Satuan	X-RAY
Bag. Tak Larut	%	
SiO_2	%	20,73
Al_2O_3	%	5,27
Fe_2O_3	%	3,55
CaO	%	64,64
MgO	%	0,99
SO_3	%	1,70
Hilang Pijar	%	2,64
CaO Bebas	%	1,10
L.S.F		97,10
S.I.M		2,35
A.L.M		1,48
SENYAWA KIMIA		
C3S	%	55,75
C2S	%	17,42
C3A	%	7,96
C4AF	%	10,80
ANALISA FISIKA		
S diatas ayak 45µ	%	16,85
Blaine	cm^2/g	3412
Waktu Pengikatan :		
Awal	menit	93
Akhir	menit	181
Pengikatan Semu	%	67,86
Konsistensi Normal	%	23,08
Pemuaian Autoclave	mm	
Pengemb. Le-Chatelier		
Kekuatan Tekan :		
3 hari	kg/cm^2	211
7 hari	kg/cm^2	273
28 hari	kg/cm^2	359

Tabel Analisa Kimia dan Fisika Sampel Semen Type V

SP 15122010

URAIAN		SP V
ANALISA KIMIA	Satuan	
Bag. Tak Larut	%	X-RAY
SiO_2	%	21,94
Al_2O_3	%	4,56
Fe_2O_3	%	4,28
CaO	%	65,18
MgO	%	0,40
SO_3	%	1,57
Hilang Pijar	%	1,42
CaO Bebas	%	1,12
L.S.F		93,66
S.I.M		2,48
A.L.M		1,07
SENYAWA KIMIA		
C3S	%	52,77
C2S	%	23,14
C3A	%	4,84
C4AF	%	13,02
ANALISA FISIKA		
S diatas ayak 45μ	%	14,95
Blaine	cm^2/g	3177
Waktu Pengikatan :		
Awal	menit	135
Akhir	menit	221
Pengikatan Semu	%	62,5
Konsistensi Normal	%	22,77
Pemuaian Autoclave	mm	
Pengemb. Le-Chatelier		
Kekuatan Tekan :		
3 hari	kg/cm^2	209
7 hari	kg/cm^2	271
28 hari	kg/cm^2	344

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

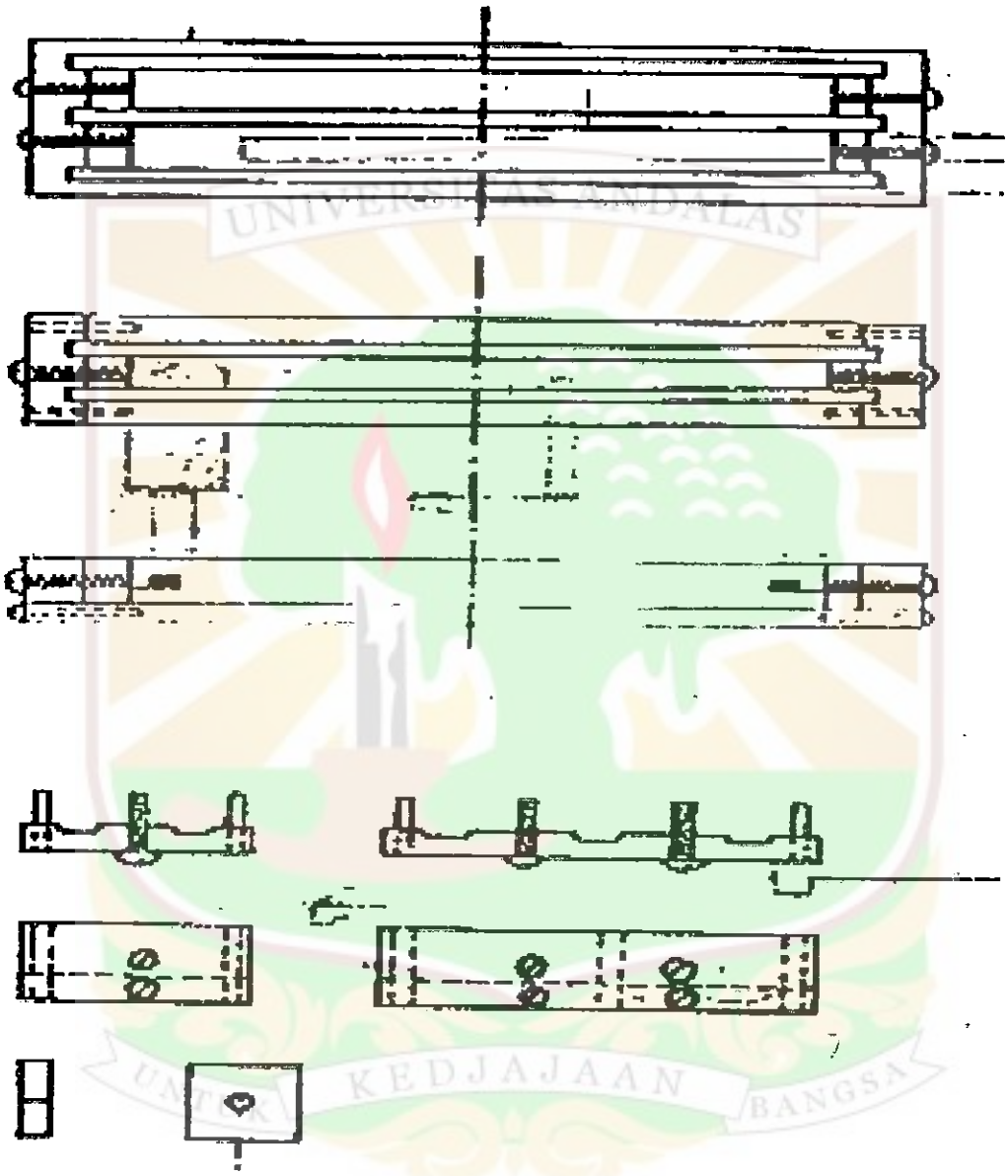
Tabel Analisa Kimia dan Fisika Sampel Semen Type PCC

SP 15122010

URAIAN		SP PCC
ANALISA KIMIA :	Satuan	X-RAY
Bag. Tak Larut	%	
SiO_2	%	26,06
Al_2O_3	%	5,02
Fe_2O_3	%	3,69
CaO	%	59,81
MgO	%	0,55
SO_3	%	1,95
Hilang Pijar	%	2,42
CaO Bebas	%	0,55
L.S.F		73,58
S.I.M		2,99
A.L.M		1,36
SENYAWA KIMIA		
C3S	%	-1,42
C2S	%	75,81
C3A	%	7,06
C4AF	%	11,23
ANALISA FISIKA		
S diatas ayak 45μ	%	14,05
Blaine	cm^2/g	3545
Waktu Pengikatan :		
Awal	menit	140
Akhir	menit	226
Pengikatan Semu	%	70,00
Konsistensi Normal	%	25,08
Pemuaian Autoclave	%	
Penyusutan	%	
Pengemb. Le-Chatelier		
Kekuatan Tekan :		
-3 hari	kg/cm^2	200
7 hari	kg/cm^2	256
28 hari	kg/cm^2	364

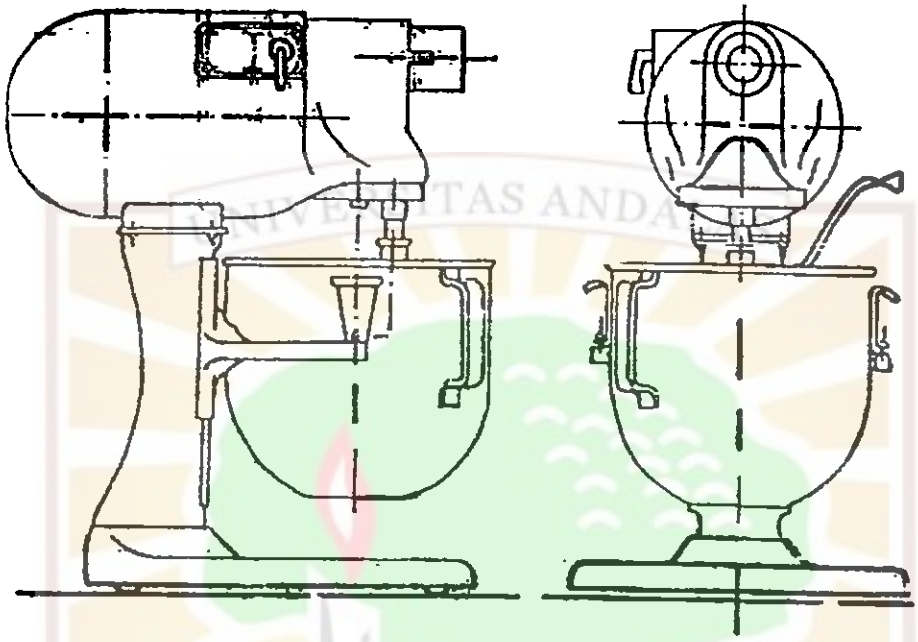
LAMPIRAN V

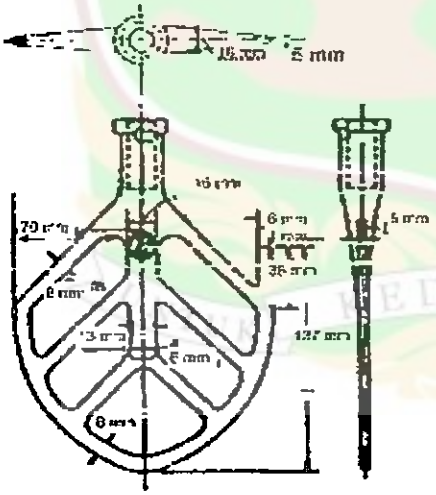
CETAKAN PRISMA



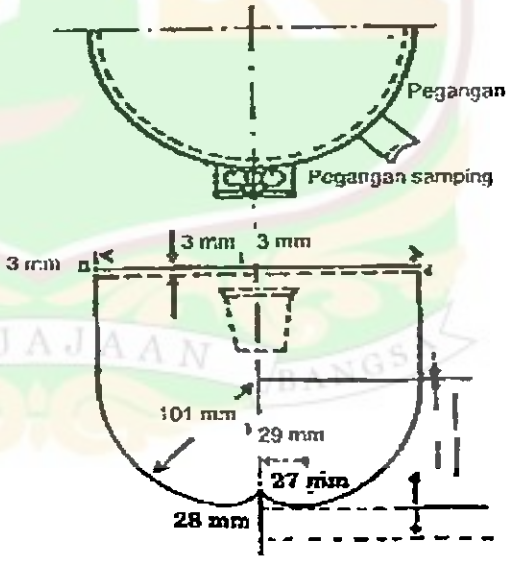
LAMPIRAN VI

MESIN PENGADUK





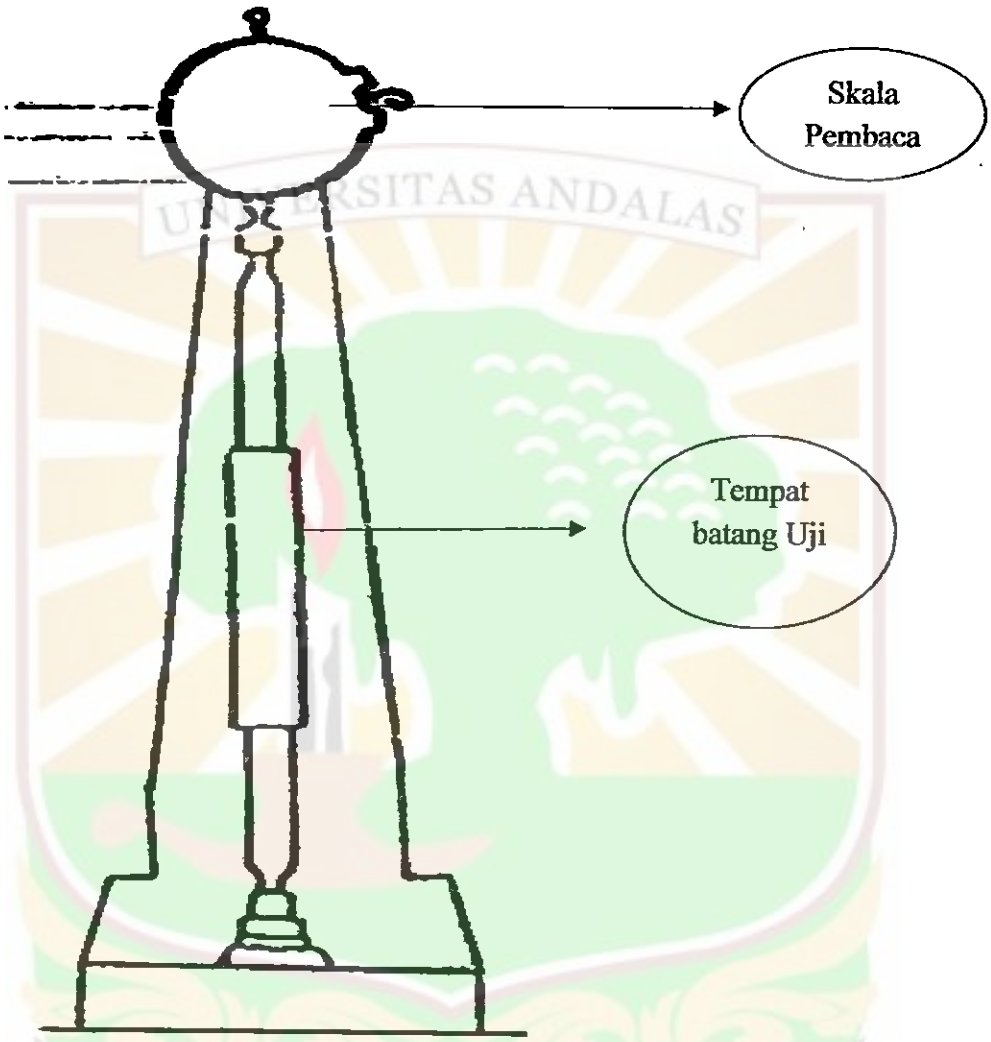
Pengaduk



Mangkok

LAMPIRAN VII

Alat Komparator pengukur perubahan panjang



UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

LAMPIRAN VIII

Persyaratan Pasir Standar menurut SNI 15-2049-94I

Karakteristik		
Penilaian,persentase yang lulus ayakan	Pasir 20-30	Pasir yang dinilai
No 16 (1,18 mm)	*100*	*100*
No 20 (850 μm)	85-100	-
No 30 (600 μm)	0-5	96-100
No 40 (425 μm)	-	65-75
No 50 (300 μm)	-	20-30
No 100 (150 μm)	-	0,4
Perbedaan kandungan udara dari mortar yang dibuat dengan menggunakan pasir yang dicuci dan tidak dicuci, % udara maksimum	2.0	1,5[A]
Sumber pasir	Ottawa, 1 L atau Les Suer,Mn	Ottawa 1 L