



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 PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR SEMEN PCC DENGAN PERENDAMAN DALAM LARUTAN ASAM SULFAT DAN ANALISIS LARUTAN RENDAMAN MORTAR

SKRIPSI



RANTI YULIA KASIH

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR SEMEN PCC DENGAN PERENDAMAN DALAM LARUTAN ASAM SULFAT DAN ANALISIS LARUTAN RENDAMAN MORTAR

Oleh

RANTI YULIA KASIH

Sarjana Sain (S.Si) dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas
Dibimbing oleh Zamzibar Zuki, M.P dan Yulizar Yusuf, M.S

Telah dilakukan penelitian mengenai Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC Dengan Perendaman dalam Larutan Asam Sulfat dan Analisis Larutan Rendaman Mortar. Pada penelitian ini, abu sekam padi hasil pembakaran sekam padi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen PCC, sehingga bisa mengurangi pemakaian klinker. Semen PCC dibuat dengan menambahkan abu sekam padi dengan variasi campuran sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%. Dari semen tersebut dibuat mortar dan direndam dalam akuades dan larutan H_2SO_4 pH 4,5, kemudian diuji kuat tekannya pada hari ke 3, 7 dan 28 hari. Larutan perendaman mortar tersebut diuji pH, TSS, TDS, dan konsentrasi logam Ca, Mg, dan Fe. Kuat tekan mortar dengan penambahan abu sekam padi sampai 4% dalam larutan asam sulfat masih memenuhi standar SNI dengan nilai pH 10,93; TSS 6228 ppm; dan TDS 1212 ppm. Konsentrasi terbesar dari logam terlarut dalam larutan rendaman mortar adalah Ca, yaitu 5,5 ppm pada larutan H_2SO_4 dan 4,57 ppm dalam akuades.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Semen PCC, Mortar, Kuat Tekan, Asam Sulfat.

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

ABSTRACT

INFLUENCE OF ADDITION RICE HUSK ASH FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR CEMENT PCC BY IMMERSION IN SULFURIC ACID SOLUTION AND MORTAR IMMERSION SOLUTION ANALYSIS

By

RANTI YULIA KASIH

Bachelor of Science in Chemistry Faculty Mathematic and Natural Science
University of Andalas
Advised by Zamzibar Zuki, M.P and Yulizar Yusuf, M.S

It had been studied about Influence of Addition Rice Husk Ash for Compressive Strength of Mortar Cement PCC By Immersion In Sulfuric Acid Solution and of Immersion Solution Analysis. In this study, rice husk ash from burning rice husk used as additives in manufacture of cement PCC, so that it can reduce usage of the clinker. Cement PCC is made by adding rice husk ash mixed with the variation 0%, 2%, 4%, and 6%. From that cement is made mortar and immersed in aquadest and H_2SO_4 of pH 4, and then it is tested its compressive strength on day 3, 7, 28. The immersion mortar solution is tested its pH, TSS, TDS, and concentration of Ca, Mg, and Fe metals. Compressive strength of mortar by adding rice husk ash until 4% in sulfuric acid still fills standard of SNI with pH value is 10,93; TSS is 6228 ppm, and TDS is 1212 ppm. The largest concentration of dissolved metals in mortar immersion solution is Ca, namely 4.57 ppm in aquades and 5,5 ppm in H_2SO_4 solution.

Key Word: Rice Husk Ash, Cement PCC, Mortar, Compressive strength, Sulfuric Acid Sulfuric Acid.

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji beserta syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC dengan Perendaman dalam Asam Sulfat dan Analisis Larutan Rendaman Mortar”. Shalawat dan salam senantiasa Penulis sampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, Nabi akhir zaman yang telah bersusah payah membawa umatnya dari zaman kebodohan ke zaman yang terang benderang dengan ilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan sampai saat sekarang ini.

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai syarat untuk menamatkan pendidikan Strata I bagi penulis. Dalam kesempatan kali ini izinkanlah penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Zamzibar Zuki, MP sebagai Pembimbing I dan Bapak Yulizar Yusuf, MS yang telah membimbing dalam segala hal sampai makalah penelitian ini selesai.
2. Pegawai PT.Semen Padang yang telah mengizinkan Penulis untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Biro Jaminan Kualitas dan Pengembangan Produk.
3. Teman-teman d_ChaoS dan senior-senior yang memberikan dukungan dan bimbingan sehingga makalah penelitian ini dapat terselesaikan.

Harapan Penulis, semoga skripsi yang telah penulis susun ini dapat diterima oleh pembaca. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat Penulis butuhkan sebagai bahan perbaikan untuk kedepannya.

Padang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Semen	4
2.2 Bahan Baku Pembuatan Semen	4
2.2.1 Bahan Baku Utama	4
2.2.2 Bahan Aditif	5
2.3 Proses Pembuatan Semen	5
2.4 Sifat-Sifat Kimia Semen	6
2.5 Sifat-Sifat Fisika Semen	7
2.5.1 Sifat Hidrasi Semen	7
2.5.2 Kekuatan Tekan	7
2.5.3 Ketahanan	9
2.6 Mortar	10
2.7 Pozzolan	11
2.8 Sekam Padi	12
2.9 X-Ray Floresensi (XRF)	13
2.9.1 Pengertian XRF	13
2.9.2 Prinsip Kerja XRF	13
2.9.3 Kelebihan dan Kekurangan XRF	14
2.10 Spektroskopi Serapan Atom	14
2.10.1 Pengertian SSA	14
2.10.2 Prinsip Dasar SSA	15

2.10.3 Gangguan dalam Analisis dengan SSA	16
2.11 Total Padatan Terlarut	17
2.12 Total Padatan Terlarut	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat	19
3.2.2 Bahan	19
3.3 Prosedur Percobaan	19
3.3.1 Persiapan Sampel	19
3.3.2 Pembuatan Semen Tipe PCC	21
3.3.3 Pembuatan Mortar	21
3.3.4 Pembuatan larutan H_2SO_4 pH 4,5	22
3.3.5 Perendaman Mortar	22
3.3.6 Pengukuran pH	22
3.3.7 Uji Kuat Tekan Mortar	23
3.3.8 Penentuan Total Zat Padat Tersuspensi (TSS) dalam Larutan Rendaman Mortar	23
3.3.9 Penentuan Total Zat Padat Terlarut (TDS) dalam Larutan Rendaman Mortar	23
3.3.10 Penentuan Logam Terlarut dalam Larutan Rendaman Mortar	24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Sampel	25
4.2 Kuat Tekan Mortar	26
4.3 Penentuan pH Larutan Perendaman Mortar	28
4.4 Penentuan Nilai TSS, TDS, dan Logam Terlarut pada Larutan Perendaman Mortar	29

BAB V PENUTUP

3.1 Kesimpulan-----33

3.2 Saran-----33

DAFTAR PUSTAKA -----35



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Kuat Tekan Mortar Semen PCC dalam SNI	8
Tabel 2. Persentase Material Penyusun Abu Sekam Padi	12
Tabel 3. Komposisi Material Pembuatan Semen PCC	21
Tabel 4. Data Pengujian Sampel Abu Sekam Padi	25
Tabel 5. Data Pengujian Komposisi Abu Sekam Padi dengan X-Ray	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Proses Pembuatan Semen	5
Gambar 2. Diagram Tingkat Energi Elektronik	15
Gambar 3. Skema Spektroskopi Serapan Atom	16
Gambar 4. Bagan Hasil Pengukuran Kuat Tekan (kg/cm^2) terhadap Lama Perendaman	27
Gambar 5. Bagan Hasil Pengukuran pH Larutan Perendaman Mortar terhadap Lama Perendaman	29
Gambar 6. Bagan Hasil Pengukuran TSS Larutan Perendaman Mortar Terhadap Lama Perendaman	30
Gambar 7. Bagan Hasil Pengukuran TDS Larutan Perendaman Mortar Terhadap Lama Perendaman	32
Gambar 8. Bagan Hasil Pengukuran Konsentrasi Ion Fe, Ca, Mg Dalam Larutan Perendaman Mortar terhadap Lama Perendaman	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	36
Lampiran II	37
Lampiran III	39
Lampiran IV	42
Lampiran V	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah pertanian dapat berbentuk bahan buangan atau bahan sisa dari proses pengolahan suatu produk. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah bisa mengganggu lingkungan sekitarnya. Padahal, melalui pendekatan teknologi, limbah pertanian dapat diolah lebih lanjut menjadi hasil samping yang berguna. Salah satu bentuk limbah pertanian adalah sekam yang merupakan bahan buangan pengolahan padi. Limbah sekam padi banyak sekali terdapat di daerah pedesaan, dengan potensi yang melimpah.^{1,2} Ketersediaan sekam padi di Indonesia cukup tinggi, yaitu berkisar 4.8 juta ton per tahun³. Pada setiap penggilingan padi akan selalu kita lihat tumpukan bahkan gunung sekam padi yang semakin lama semakin tinggi. Saat ini pemanfaatan sekam padi tersebut masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan¹.

Sekam padi apabila dibakar pada suhu antara 500 dan 700°C, dalam waktu sekitar 1 sampai 2 jam akan menghasilkan abu yang mengandung banyak silika amorf yang dalam oksidanya dikenal dengan silika dioksida^{4,5}. Abu sekam padi (ASP) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan karena kandungan silika (SiO_2) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen portland, bahan isolasi, *husk-board* dan campuran pada industri bata merah.¹ Sekam padi juga dapat digunakan sebagai pembakaran untuk memasak, sebagai abu gosok, atau bahkan dibuang di kandang hewan⁴.

Abu sekam padi bermanfaat untuk meningkatkan mutu mortar, karena mempunyai sifat pozzolan yaitu silika. Bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi^{6,7}. Seperti penelitian sebelumnya, yaitu pembuatan mortar menggunakan abu sekam padi yang dicampurkan dengan semen dengan variasi 3% ,6% ,9% dan 15%. Lalu dicampur dengan pasir dan air untuk membuat mortar. Semakin tinggi persentase abu sekam padi maka kuat tekan mortar semakin tinggi pula, tetapi di atas 9 % nilai kuat tekan menurun.⁶ Jadi, dalam penelitian ini penulis menambahkan abu sekam padi sebagai bahan

baku pembuatan semen PCC sehingga bisa mengurangi jumlah klinker yang digunakan, maka biaya produksipun akan semakin rendah.

Semen PCC merupakan produksi terbaru bagi pabrik semen yang memiliki sifat khusus dalam penggunaannya, antara lain untuk konstruksi di atas lahan yang mengandung asam. Daya tahan semen terhadap asam pada umumnya sangat lemah, sehingga semen mudah terdekomposisi atau terlarut oleh asam. Tingkat yang dapat merusak adalah dengan pH dibawah 6. Kandungan asam yang tinggi terdapat pada air gambut yaitu pada pH 3,5 sampai 5,5. Jadi uji kuat tekan terhadap asam sulfat ini dimaksudkan untuk bangunan yang berada di atas air gambut, termasuk akibat hujan asam.⁸ Oleh karena itu perlu dilakukan uji TSS, TDS, dan kandungan logam dalam larutan rendaman mortar, sehingga diketahui pengaruh asam sulfat terhadap mortar yang direndam.

Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC dengan Perendaman dalam Asam Sulfat dan Analisis Larutan Rendaman Mortar”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan mortar.
2. Bagaimana pengaruh abu sekam padi dan lama perendaman terhadap nilai pH, TSS, TDS larutan rendaman mortar.
3. Bagaimana kuat tekan mortar yang direndam dalam larutan asam sulfat dibandingkan dengan dalam akuades.
4. Berapa batas maksimum penambahan abu sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan semen PCC, agar kuat tekannya masih dalam standar SNI.
5. Bagaimana konsentrasi logam terlarut dalam larutan asam sulfat dibandingkan dengan akuades.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan mortar.
2. Mempelajari pengaruh abu sekam padi dan lama perendaman terhadap nilai pH, TSS, TDS larutan rendaman mortar.
3. Membandingkan kuat tekan mortar yang direndam dalam larutan asam sulfat dengan dalam akuades.
4. Menentukan batas maksimum penambahan abu sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan semen PCC, agar kuat tekannya masih dalam standar SNI.
5. Mempelajari konsentrasi logam terlarut dalam larutan asam sulfat dibandingkan dengan akuades.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan limbah abu sekam padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen PCC, sehingga bisa mengurangi pemakaian klinker.
2. Penggunaan mortar semen PCC pada kondisi lahan yang bersifat asam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen

Semen adalah bahan-bahan yang memperlihatkan sifat-sifat karakteristik mengenai pengikatan serta pengerasannya jika dicampur dengan air, sehingga terbentuk pasta semen. Semen juga merupakan suatu hasil industri yang dapat menjadi sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda.⁹

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik sector konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabung dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).¹⁰

2.2 Bahan Baku Pembuatan Semen

2.2.1 Bahan Baku Utama

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam proses pembuatan semen adalah:

1. Batu Kapur

Persentase batu kapur yang dibutuhkan untuk pembuatan semen adalah 80%. Batu kapur terdapat di bukit karang putih lebih kurang 2 km dari lokasi pabrik, sebagai sumber CaO (\pm 50-53 %). Kebutuhan akan batu kapur untuk seluruh produksi PT Semen Padang adalah 25.000 ton/hari. (CaO min. 50%, SiO₂ maks. 10%, Al₂O₃ maks. 1%, H₂O maks. 7% dan mengandung MgO serta Fe₂O₃ dalam jumlah sedikit).

2. Batu Silika

Persentase batu silika yang dibutuhkan untuk pembuatan semen adalah 10%. Batu silika terdapat di bukit Ngalau lebih kurang 1 km dari lokasi pabrik, sebagai sumber SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ (Si min. 65%, Al maks. 10%, Fe dan CaO sedikit, H₂O maks. 6%, dan MgO maks. 1 %). Kebutuhan batu silika adalah 4.500 ton/hari.

3. Tanah Merah

Persentase tanah merah yang dibutuhkan untuk pembuatan semen adalah 9%. Tanah merah terdapat di sekitar bukit-bukit lokasi pabrik, sebagai sumber Al_2O_3 (30-38 %) dan Fe_2O_3 (8-16 %). Namun, saat ini jumlah tanah liat yang ada semakin menipis sehingga didatangkan dari PT Igaras dan PT Yasiga Andalas di Gunung Sarik. Kebutuhan tanah liat ini sekitar 1500-1750 ton/hari.

4. Pasir Besi

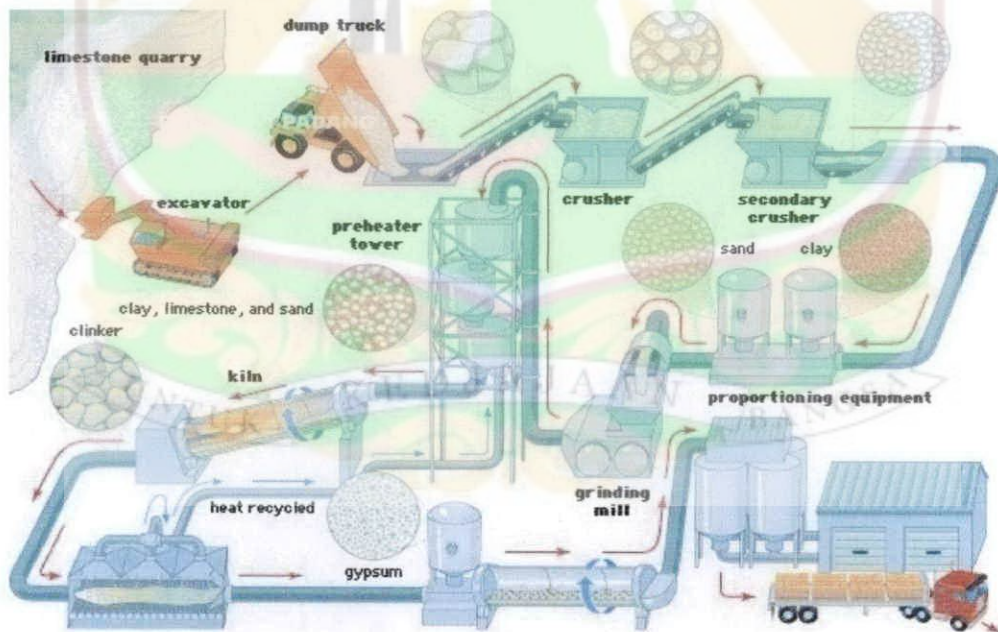
Persentase pasir besi yang dibutuhkan untuk pembuatan semen adalah 1%. Didatangkan dari PT. Aneka Tambang Cilacap, sumber Fe_2O_3 (77-80%).^{10,11}

2.2.2 Bahan Aditif

Bahan Aditif merupakan bahan mentah yang ditambahkan ke dalam *raw mix* atau kiln untuk menghasilkan semen dengan jenis tertentu. Contoh bahan aditif antara lain: pozzolan untuk tipe semen *Pozzolan Portland Cement*, *blast furnace slag*, *fly ash*, dan *lime stone*.¹²

2.3 Proses Pembuatan Semen

Proses pembuatan semen ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: <http://www.PT.Semen Padang.co.id/profil/produksi>

Gambar 1. Alur Proses Pembuatan Semen

Pembuatan semen portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut ;

1. Tahap penambangan bahan mentah (quarry). Bahan dasar semen adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika. Bahan-bahan ini ditambang dengan menggunakan alat-alat berat kemudian dikirim ke pabrik semen. Bahan mentah ini diteliti di laboratorium, kemudian dicampur dengan proporsi yang tepat dan dimulai tahap penggilingan awal bahan mentah dengan mesin penghancur sehingga berbentuk serbuk. Bahan kemudian dipanaskan di preheater.
2. Pemanasan dilanjutkan di dalam kiln sehingga bereaksi membentuk kristal klinker.
3. Klinker ini kemudian didinginkan di cooler dengan bantuan angin. Panas dari proses pendinginan ini dialirkan lagi ke *preheater* untuk menghemat energi
4. Klinker ini kemudian dihaluskan lagi dalam tabung yang berputar yang bersisi bola-bola baja sehingga menjadi serbuk semen yang halus.
5. Klinker yang telah halus ini disimpan dalam silo (tempat penampungan semen mirip tangki minyak pertamina)
6. Dari silo ini semen dipak dan dijual ke konsumen.¹²

2.4 Sifat-sifat Kimia Semen

Apabila dilakukan analisa kimia terhadap suatu jenis semen portland, maka akan diperoleh susunan senyawa-senyawa seperti:

1. Trikalsium silikat (C_3S) $3CaO.SiO_2$

Trikalsium silikat cepat mengeras dan menjadi penyebab bagi semen portland untuk mencapai kekuatan awal yang tinggi.

2. Dikalsium silikat (C_2S) $2CaO.SiO_2$

Dikalsium silikat mengeras perlahan-lahan (lambat) akan tetapi pengaruhnya terhadap penambahan kekuatan pada umur lebih dari satu minggu selanjutnya.

3. Trikalsium aluminat (C_3A) $3CaO.Al_2O_3$

Trikalsium aluminat membebaskan panas yang sangat banyak selama hari-hari pertama dalam mencapai pengerasan.

4. Tetrakalsium Aluminoferrit (C_4AF) $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Dengan terbentuknya tetrakalsium aluminoferrit, maka suhu yang menyebabkan

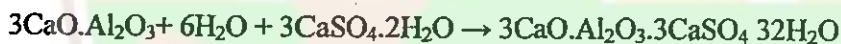
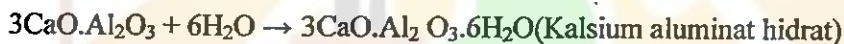
terjadinya klinker menurun, sehingga dengan demikian membantu dalam pembuatan semen portland.

2.5 Sifat-sifat Fisika Semen

2.5.1 Sifat Hidrasi Semen

Hidrasi semen adalah reaksi yang terjadi antara komponen-komponen atau senyawa-senyawa semen dengan air menghasilkan senyawa hidrat. Reaksi semen tersebut akan menghasilkan panas yang akhirnya akan mempengaruhi kualitas (mutu) beton.

Reaksi hidrasi komponen semen dengan air adalah eksotermis dan panas yang dilepaskan persatuan berat disebut dengan panas hidrasi. Panas hidrasi yaitu panas yang dihasilkan selama semen mengalami reaksi hidrasi. Reaksi hidrasi 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 :



(Trikalsium sulfoaluminat)



(Kalsium Aluminoferrite hidrat)

Untuk semen yang lebih banyak mengandung C_3S dan C_3A akan bersifat mempunyai panas hidrasi yang lebih tinggi.¹³

2.5.2 Kekuatan Tekan

Kekuatan Tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan sampai terjadi kegagalan. Nilai kuat tekan mortar didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji sampai hancur. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton atau

mortar. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas.⁶

Kekuatan tekan mortar atau mortar diwakili oleh kuat tekan maksimum f_c dengan satuan N/m^2 atau MPa (Mega Pascal). Sebelum diberlakukannya sistem SI di Indonesia, nilai tegangan menggunakan satuan kgf/cm^2 .¹¹ Kekuatan tekan yang diukur adalah kekuatan tekan pasta, mortar dan beton terhadap beban yang diberikan. Kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C_3S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C_2S memberikan kekuatan serien pada umur yang lebih lama. C_3A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini semakin kecil.⁵

Faktor yang mempengaruhi Kekuatan Tekan yaitu:

1) Kualitas Semen

Meliputi kehalusan dan komposisi semen. Makin halus partikel-partikel semen akan menghasilkan kekuatan tekan makin tinggi.

2) Kualitas Selain Semen

Meliputi kualitas agregat, kekuatan tekan agregat dan pasta, kekerasan permukaan, konsentrasi, ukuran agregat, *water cement ratio*, volume udara, cara pengerjaan seperti pengadukan, *compacting*, juga pengeringan dan umur beton. Perbandingan dari air terhadap semen juga menentukan kekuatan mortar. Semakin rendah perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimia di dalam pengerasan mortar, kelebihan air meningkatkan pengerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan.⁵ Data kuat tekan mortar semen PCC dalam SNI dapat dilihat pada Tabel 1.

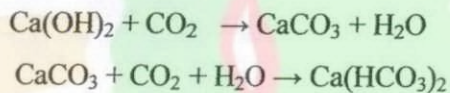
Tabel 1. Data Kuat Tekan Mortar Semen PCC dalam SNI¹⁴

Hari Uji (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)
3	125
7	200
28	280

2.5.3 Ketahanan (*Durability*)

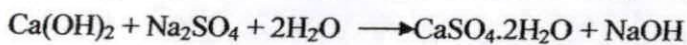
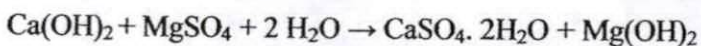
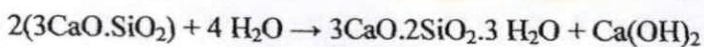
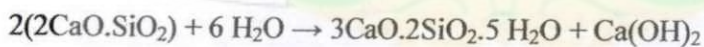
Yaitu ketahanan beton terhadap pengaruh yang merusak oleh kondisi sekitarnya sehingga tidak menimbulkan penurunan kekuatan tekan. Kerusakan beton biasanya dipengaruhi oleh asam, pengaruh sulfat dan adrasi (kikisan).

Beton atau mortar dari portland semen dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam dari sekitarnya, yang umumnya serangan asam tersebut yaitu dengan merubah konstruksi-konstruksi yang tidak larut dalam air. Misalnya, HCl merubah abu sekam padi 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. Seperti yang terlihat pada reaksi berikut:

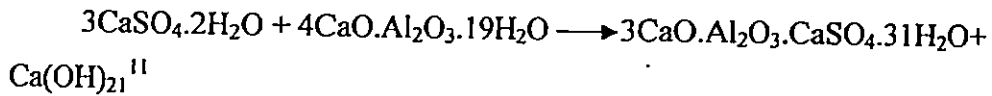


Ion sulfat merupakan kelompok ion pengganggu yang dapat mempercepat laju korosi. Berbagai macam sulfat umumnya dapat menyerang beton ataupun mortar. Masuknya sulfat kedalam matrik beton akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dan juga kalsium aluminat hidrat membentuk gypsum dan ettringite yang mempunyai volume lebih besar dan mengakibatkan terjadinya 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 gypsum:



Dan gipsium akan bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat membentuk ettringite



2.6 Mortar

Berbicara tentang mortar semen portland, kita akan menemukan istilah-istilah berikut:

1. kekuatan tekan mortar semen portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu;
2. gaya maksimum adalah gaya yang bekerja saat benda uji kubus pecah;
3. mortar semen portland adalah campuran antara pasir kwarsa, akuades dan semen portland dengan komposisi tertentu. Variasi porsi campuran mortar akan berpengaruh terhadap mutu mortar yang dihasilkan terutama kuat tekannya.
4. pasir kwarsa adalah pasir yang mengandung mineral sililka lebih dari 90%, serta memenuhi persyaratan standard ASTM No. C 190 yaitu harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran.
5. pasta adalah campuran antara semen dan air pada perbandingan tertentu. Beton adalah campuran semen, air, pasir dan agregat atau kerikil pada perbandingan tertentu, kadang ditambah dengan *additive*.
6. beton mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, dan air.^{14,15,16}

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Perbandingan semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memenuhi syarat adalah 1:2,75:0,5. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standar yang berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi plasteran dinding, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur.¹⁷

Mortar semen digunakan untuk merekatkan bahan bangunan seperti pasangan batu bata, batako pasangan pondasi batu, dinding dengan kusen dengan tembok melalui penjangkaran besi. Mortar juga digunakan untuk tembok, pilar,

kolom atau bagian bangunan lain yang menahan beban, karena mortar semen ini lebih rapat air dibanding dari mortar kapur dan mortar lumpur.^{2,16,18}

2.7 Pozzolan

Pozzolan adalah bahan tambahan yang berasal dari alam atau batuan, yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan alumina yang reaktif. Pozzolan sendiri tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air.⁶

Pozzolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dan mortar (sampai pada batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kekecekan (keenceran), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan yang bersifat agresif.⁶ Pozzolan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Pozzolan alam yaitu bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau larva atau gunung yang megandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengalami sementasi.
2. Pozzolan buatan dimana jenis ini banyak macamnya baik merupakan sisa pembakaran tungku, amupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan proses pembakaran, seperti abu terbang (Fly ash), silika fume, dll.¹¹

Pemakaian bahan pozolan dalam beton akan menghasilkan beton yang lebih kedap air. Silika dalam jumlah tertentu dapat menggantikan semen dan juga berperan seagai pengisi antara partikel-partikel semen, sehingga adanya silikat maka porositas beton akan menjadi lebih kecil dan selanjutnya kedapan beton akan menjadi bertambah sehingga permeabilitas semakin kecil. Bahan ini mereduksi kecepatan pengerasan beton dan ini adalah salah satu dari penggunaannya. Bukti-bukti yang ada menunjukkan bahwa kekuatan batas dengan mengganti sekurang-kurangnya 20% dari semen dengan pozzolan hampir tak berbeda dari semen saja yang digunakan.¹⁹

2.8 Sekam padi

Sekam padi mengandung banyak silika amorf apabila dibakar mencapai suhu 500-700°C dalam waktu sekitar 1-2 jam. Oleh karena itu, dewasa ini mulai dikembangkan pemanfaatan abu sekam padi (sisa pembakaran sekam padi) dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang konstruksi. Reaktivitas antara silika dalam abu sekam padi dengan kalsium hidroksida dalam pasta semen dapat berpengaruh pada peningkatan mutu beton.⁶

Sekam yang dibakar mempunyai sifat pozzolan yang mengandung unsur silikat yang tinggi. Nilai paling umum kandungan silika dari abu sekam adalah 94-96% dan apabila nilainya mendekati atau di bawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi dengan zat lain yang kandungannya rendah. Unsur lain yang terkandung di dalamnya terdiri atas K_2O , CaO , MgO , SO_4 , Al_3O_3 , Fe_2O_3 , dan Na_2O dengan konsentrasi yang semakin rendah. Persentase dari masing-masing unsur dapat dilihat pada Tabel 2.¹⁷

Tabel 2. Persentase Material Penyusun Abu Sekam Padi

Komponen	Persentase Komposisi (%)
SiO_2	94,5
Al_3O_3	1,05
Fe_2O_3	1,05
CaO	0,25
MgO	0,23
SO_4	1,13
Na_2O	0,78
K_2O	1

Silika amorf terbentuk ketika silikon teroksidasi secara termal. Silika amorf terdapat dalam beberapa bentuk yang tersusun dari partikel-partikel kecil yang kemungkinan ikut tergabung. Biasanya silika amorf mempunyai kerapatan 2,21 g/cm³.

Penggunaan silika amorf berlebihan di atas 10% akan membawa dampak negatif yaitu dengan timbulnya reaksi alkali silika. Reaksi alkali silika merupakan

reaksi antara kandungan silika aktif dalam bubuk silika dan alkali dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali-alkali yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan akibatnya pemuaihan terjadilah tegangan internal, yang dapat mengakibatkan retak atau pecahnya pasta semen.⁶

2.9 X-Ray Floresensi (XRF)

2.9.1 Pengertian XRF

XRF (X-ray fluorescence spectrometry) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair. XRF mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga Uranium pada *level trace element*, bahkan dibawah level ppm. Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi flourosensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X.

Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi.²¹

2.9.2 Prinsip kerja XRF

Apabila terjadi eksitasi sinar-X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar-X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material. Proses dimana sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar-X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar-X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar-X dihasilkan dari proses yang disebut X

Ray Fluorescence (XRF). Proses deteksi dan analisa emisi sinar-X disebut analisa XRF. Pada umumnya kulit K dan L terlibat pada deteksi XRF. Sehingga sering terdapat istilah $K\alpha$ dan $K\beta$ serta $L\alpha$ dan $L\beta$ pada XRF. Jenis spektrum X ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda.²¹

2.9.3 Kelebihan dan kekurangan XRF

Adapun beberapa kelebihan dari XRF adalah:

1. Cukup mudah, murah dan analisisnya cepat
2. Jangkauan elemen hasil analisa akurat
3. Membutuhkan sedikit sampel pada tahap preparasinya (untuk Trace elemen)
4. Dapat digunakan untuk analisa elemen mayor (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) maupun trace elemen (>1 ppm; Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr, Zn)

Beberapa kekurangan dari XRF adalah:

1. Tidak cocok untuk analisa element yang ringan seperti H dan He
2. Analisa sampel cair membutuhkan Volume gas helium yang cukup besar
3. Preparasi sampel biasanya membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan perlakuan yang banyak.²¹

2.10 Spektrometri Serapan Atom (SSA)

2.10.1 Pengertian SSA

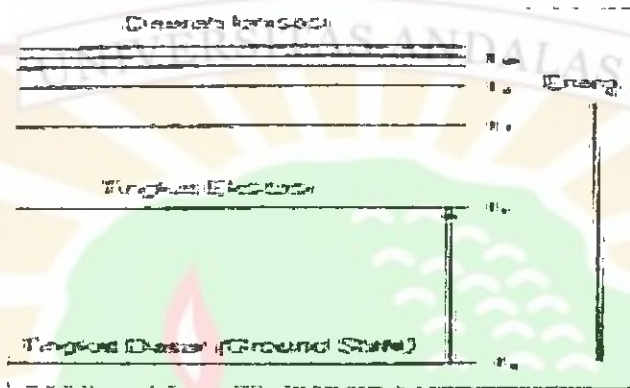
Spektrometri Serapan Atom (SSA) dalam kimia analitik dapat diartikan sebagai suatu teknik untuk menentukan konsentrasi unsur logam tertentu dalam suatu cuplikan. Teknik pengukuran ini dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi lebih dari 62 jenis unsur logam.

Unsur-unsur dalam cuplikan diidentifikasi dengan sensitivitas dan limit deteksi pada teknik pengukuran ini dapat mencapai <1 mg/L (1 ppm) bila menggunakan lampu nyala biasa dan dapat dicapai sampai 0,1 ppm dengan menggunakan prosedur SSA yang lebih canggih.^{22,23}

2.10.2 Prinsip Dasar SSA

Prinsip dasar SSA adalah:

1. Cuplikan atau larutan cuplikan dibakar dalam suatu nyala atau dipanaskan dalam suatu tabung khusus (misal tungku api).
2. Dalam setiap atom tersebut ada sejumlah tingkat energi diskrit yang ditempati oleh elektron. Tingkat energy biasanya dimulai dengan E_0 bila berada pada keadaan dasar (ground state level) sampai E_1 , E_2 sampai E_x .



Sumber: <http://dykuza.wordpress.com/AAS>

Gambar 2. Diagram Tingkat Energi Elektronik

Atom yang tidak tereksitasi, berada dalam keadaan dasar (ground state). Untuk mengeksitasi atom, satu atau lebih elektron harus berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan cara penyerapan energi oleh atom itu. Energi dapat disuplai oleh foton atau dari peristiwa tabrakan yang disebabkan oleh panas. Dengan peristiwa itu, elektron terluar akan menjauhi inti paling tidak adalah ke tingkat energi pertama E_1 . Energi yang dibutuhkan adalah setara dengan selisih dari energi tingkat satu dengan energi dasar.^{22,23}

$$E = E_1 - E_0$$

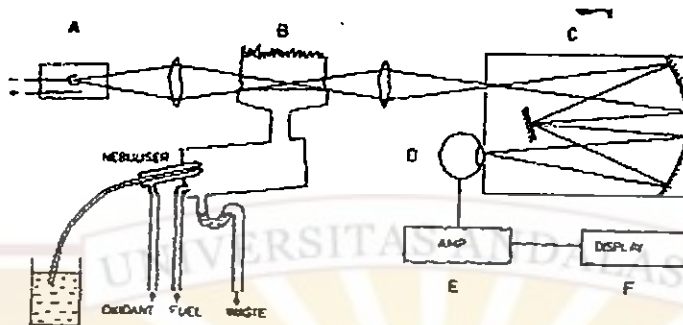
Energi yang dibutuhkan untuk transisi elektron itu dapat dipenuhi oleh foton atau cahaya yang setara dengan:

$$E = hv$$

Dengan h = tetapan Planck dan v = frekuensi

Atom-atom dalam kabut tersebut bergerak dengan kecepatan tinggi dan saling bertabrakan, serta menyerap dalam kisaran λ yang sangat sempit. Oleh

karena energi gap $E_1 - E_0$ sempit ini, walaupun pada proses pembakaran terjadi kabut dari berbagai atom, tapi hanya atom tertentu yang dapat menyerap sumber energi atau foton. Hal ini merupakan sifat selektif yang spesifik dari SSA.



Sumber: <http://dykuza.wordpress.com/AAS>

Gambar 3. Skema Spektrometer Serapan Atom

Keterangan :

- A. Sumber Radiasi
- B. Burner
- C. Monokromator
- D. Detektor
- E. Amplifier
- F. Display (Readout)^{22,23}

2.10.3 Gangguan Dalam Analisis Dengan SSA

1. Gangguan ionisasi

Gangguan ini biasa terjadi pada unsur alkali dan alkali tanah dan beberapa unsur yang lain karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam nyala. Dalam analisis dengan FES dan AAS yang diukur adalah emisi dan serapan atom yang tidak terionisasi. Oleh sebab itu dengan adanya atom-atom yang terionisasi dalam nyala akan mengakibatkan sinyal yang ditangkap detektor menjadi berkurang. Namun demikian gangguan ini bukan gangguan yang sifatnya serius, karena hanya sensitivitas dan linearitasnya saja yang terganggu. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur-unsur yang mudah terionisasi ke dalam sampel sehingga akan menahan proses ionisasi dari unsur yang dianalisis.

2. Gangguan akibat pembentukan senyawa refractory (tahan panas)

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia, biasanya anion yang ada dalam larutan sampel sehingga terbentuk senyawa yang tahan panas (refractory). Sebagai contoh, pospat akan bereaksi dengan kalsium dalam nyala menghasilkan kalsium piropospat (CaP_2O_7). Hal ini menyebabkan absorpsi ataupun emisi atom kalsium dalam nyala menjadi berkurang. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan stronsium klorida atau lantanum nitrat ke dalam tarutan. Kedua logam ini lebih mudah bereaksi dengan pospat dibanding kalsium sehingga reaksi antara kalsium dengan pospat dapat dicegah atau diminimalkan. Gangguan ini juga dapat dihindari dengan menambahkan EDTA berlebihan. EDTA akan membentuk kompleks chelate dengan kalsium, sehingga pembentukan senyawa refraktori dengan pospat dapat dihindarkan.

Selanjutnya kompleks Ca-EDTA akan terdissosiasi dalam nyala menjadi atom netral Ca yang menyerap sinar. Gangguan yang lebih serius terjadi apabila unsur-unsur seperti: Al, Ti, Mo, V dan lain-lain bereaksi dengan O dan OH dalam nyala menghasilkan logam oksida dan hidroksida yang tahan panas. Gangguan ini hanya dapat diatasi dengan menaikkan temperatur nyala., sehingga nyala yang urnum digunakan dalam kasus semacam ini adalah nitrous oksida-asetilen.²³

3. Gangguan fisik alat

Gangguan fisik alat dianggap sebagai gangguan fisik adalah semua parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan sampel sampai ke nyala dan sempurnanya atomisasi. Parameter-parameter tersebut adalah: kecepatan alir gas, berubahnya viskositas sampel akibat temperatur atau solven, kandungan padatan yang tinggi, perubahan temperatur nyala dll. Gangguan ini biasanya dikompensasi dengan lebih sering membuat Kalibrasi (standarisasi).²⁴

2.11 Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan sebagainya.²³

2.12 Total Padatan Terlarut (*Total Dissolve Solid/TDS*)

Padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Misalnya air limbah pabrik gula biasanya mengandung berbagai jenis gula yang larut, sedangkan air industry kimia sering mengandung mineral seperti Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Arsenik (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Nikel (Ni), serta garam Magnesium dan Kalsium yang mempengaruhi kesadahan air.²⁴



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Jaminan Kualitas dan Pengembangan Produk PT Semen Padang dan Laboratorium Air Teknik Lingkungan, dimulai pada bulan Februari sampai Mei 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, oven, cawan porselen dan platina, spatula, *furnace*, peralatan gelas, corong, kertas saring, batang pengaduk, seperangkat alat X-ray, timbangan fisika, *cement mill*, *blaine*, *mixer*, alat pencetak mortar, penumbuk dan perata mortar, spidol, kotak perendaman mortar, labu ukur 1000 mL dan 2000 mL, gelas ukur, pH meter, alat uji kuat tekan (*compressive strength*).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah adalah abu sekam padi yang didapatkan dari Kuranji, klinker dari pabrik PT Semen Padang, H_2SO_4 pekat 18 M, air yang berasal dari jaringan air bersih PT. Semen Padang, akuades, HNO_3 , Pasir Ottawa yang didatangkan dari Kanada, pozzolan dari Lubuk Alung, batu kapur (*Limes Stone*) dari Bukit Karang Putih, gypsum, buffer pH 7.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Abu Sekam Padi

a. Penentuan Kadar Air

Kadar air abu sekam padi ditentukan menggunakan oven. Pertama-tama cawan kosong ditimbang beratnya menggunakan neraca analitik dan dicatat. Dimasukkan sampel, dicatat beratnya. Cawan berisi sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven bersuhu $105^{\circ}C$ selama 1 jam. Setelah 1 jam di dalam oven, sampel tersebut didinginkan di dalam desikator selama 30 menit. Sampel dingin ditimbang dan dicatat beratnya.

b. Penentuan Hilang Pijar (Lost of Ignition) dari sampel

LOI abu sekam padi ditentukan menggunakan *furnace* bersuhu 1000°C. Pertama-tama cawan porselen kosong ditimbang beratnya menggunakan neraca analitik dan dicatat. Dimasukkan sampel 1 gram, dicatat beratnya. Cawan berisi sampel tersebut dimasukkan ke dalam *furnace* selama 1 jam. Setelah 1 jam di dalam *furnace*, sampel tersebut dibiarkan sampai dingin. Sampel dingin ditimbang dan dicatat beratnya.

perhitungan LOI:

$$\% \text{ LOI} = \frac{\text{Berat C.s} - \text{Berat C.k}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.k = berat cawan platina kosong (gram)

C.s = berat cawan platina ditambah sampel setelah *furnace* (gram)

c. Penentuan Bagian Tak Larut (BTL) Sampel

Pertama-tama disiapkan semua alat, seperti corong, diisi dengan kertas saring medium, dan gelas piala. Sampel ditimbang 1 gram di dalam gelas piala, ditambahkan HCl 1:1 10 mL dan 20 mL aquades, diaduk. Larutan tersebut dipanaskan sampai hampir mendidih. Larutan panas tersebut disaring dan dicuci dengan aquades panas. Gelas piala semula dimasukkan NaOH 1% 100 mL. Kertas saring yang berisi endapan dimasukkan ke dalam gelas piala tersebut dan dihancurkan. Larutan tersebut dipanaskan kembali ditambahkan indikator MM dan ditambahkan HCl 1:1 sampai berwarna merah muda. Larutan tersebut kemudian disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan NH_4NO_3 p panas, selanjutnya dicuci pula dengan aquades panas. Kertas saring tersebut di masukkan ke dalam cawan platina dan dimasukkan ke dalam *furnace* selama 1 jam. Setelah 1 jam cawan dibiarkan sampai dingin, dan ditimbang.

perhitungan bagian tak larut :

$$\% \text{ BTL} = \frac{\text{Berat C.s} - \text{Berat C.k}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.k = berat cawan platina kosong (gram)

C.s = berat cawan platina ditambah sampel setelah *furnace* (gram)

d. Penentuan komposisi kimia sampel dengan X-ray

Abu sekam padi ditabletkan dan diuji dengan alat X-ray. Komposisi kimia yang diuji adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , dan MgO .

3.3.2 Pembuatan Semen Tipe PCC

Semen tipe PCC dibuat dengan berbagai komposisi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Material Pembuatan Semen PCC

%ASP	0%	2%	4%	6%
Material (g)				
Abu sekam padi	-	100	200	300
Klinker	4050	3950	3850	3750
Gypsum (4%)	200	200	200	200
Batu kapur (10%)	500	500	500	500
Pozzolan (5%)	250	250	250	250
Total	5000	5000	5000	5000

Dari data tersebut maka jumlah semen yang dibuat adalah sebanyak 4 jenis semen tipe PCC. Langkah pembuatan semen tersebut dimulai dengan mencampurkan semua bahan dan dihaluskan di dalam *raw mill* selama 20 menit. Setelah 20 menit maka semen tersebut ditimbang sebanyak 2,8948 untuk diukur kehalusannya dalam alat *Automatic Blaine*. Jika kehalusannya kurang dari harga tetetapan SNI ($280 \text{ m}^2/\text{kg}$), maka ditambah penghalusan di dalam *raw mill* beberapa detik, dan harga *blaine* diukur kembali.

3.3.3 Pembuatan Mortar

Mortar atau benda uji berbentuk kubus dengan ukuran sisi 5x5x5 cm dibuat dari campuran semen, pasir otawa, dan air suling dengan komposisi tertentu. Untuk pembuatan 6 benda uji diperlukan semen sebanyak 500 gram, 1325 gram pasir Ottawa yang diimpor dari Kanada dan air sebanyak 276 mL. Pasir otawa yang digunakan harus memenuhi persyaratan standar pasir ottawa ASTM No.: C 190.

Mortar dibuat dengan mencampurkan material-material di dalam *mixer*. Pertama air dan semen dicampur dan diadus selama 30 detik. Kemudian ditambahkan pasir dan diaduk lagi dengan kecepatan 1 selama 30 detik. Selanjutnya, kecepatan diubah menjadi kecepatan 2 selama 30 detik. Alat berhenti selama 1,5 menit dan dijalankan lagi selama 60 detik. Adonan tersebut dimasukkan ke dalam cetakan mortar dengan jumlah cetakannya 6. Awalnya dimasukkan adonan setengah volume cetakan, ditumbuk-tumbuk sebanyak 32 kali, depan, kiri, belakang, depan dengan batangan baja, selanjutnya diisi sampai penuh dan ditumbuk-tumbuk lagi sebanyak 32 kali. Selanjutnya permukaan diratakan dengan batang perata. Sisi cetakan dibersihkan sebagian untuk memberikan nomor dari mortar yang dibuat. Cetakan siap dimasukkan ke dalam lemari penyimpanan selama 24 jam. Setelah berumur 24 jam maka mortar yang sudah keras dibuka dari cetakan, dan diberi merek dengan menggunakan spidol.

3.3.4 Pembuatan larutan H_2SO_4 pH 4,5

Larutan H_2SO_4 pH 4,5 dibuat dengan memipet 0,1 mL H_2SO_4 pekat 18 M dan diencerkan pada labu ukur 1000 mL. Larutan tersebut kemudian distirer sampai tercampur sempurna, kemudian diukur pH-nya menggunakan pH meter. Larutan dalam labu tersebut dipipet kembali 17,55 mL dan diencerkan dalam labu 2000 mL dan diukur kembali pH-nya dengan pH meter. Perhitungan pembuatan larutan asam sulfat pH dapat dilihat pada Lampiran I.

3.3.5 Perendaman Mortar

Mortar yang telah berumur 24 jam dalam lemari perendaman dibuka dari cetakannya dan dimasukkan ke dalam kotak yang telah diisi dengan larutan asam sulfat pH 4.5. Mortar tersebut direndam sampai berumur 3, 7, dan 28 Hari.

3.3.6 Pengukuran pH

Pengukurann pH dimulai dari hari ke 0 atau sebelum dimasukkan mortar dan pada hari ke 3, 7, 28 dengan pH meter.

3.3.7 Uji Kuat Tekan Mortar

Setelah mortar beumur 3, 7 dan 28 hari, maka kuat tekan mortar diuji dengan dengan alat uji kuat tekan. Kuat tekan mortar diuji dengan alat *compressive strength*. Sebelum dilakukan pengujian, permukaan benda uji dibersihkan dari butiran-butiran kecilyang menempel pada permukaannya dengan kuas. Nilai yang tercantum pada alat *compressive strength* dalam satuan kiloNewton. Nilai tersebut dikonversi secara digital dengan komputer menjadi kg/cm^2 . Uji kuat tekan dilakukan duplo untuk setiap mortar dengan variasi ASP berbeda-beda.

3.3.8 Penentuan Total Zat Padat Tersuspensi (*Total suspended Solid/TSS*) dalam Larutan Rendaman Mortar

Uji TSS dilakukan dengan motoda gravimetri. Metoda ini dilakukan pada larutan setelah perendaman mortar. Proses dimulai dengan memanaskan kertas saring dalam oven pada suhu $103\text{-}105^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Kertas saring tersebut didinginkan di dalam desikator dan ditimbang. Penimbangan di ulang sampai didapatkan berat yang konstan. Larutan perendaman mortar sambil dikocok dipipet 100 mL kemudian disaring dengan kertas saring yang telah didinginkan dalam desikator. Kertas saring dikeringkan kembali di dalam oven pada suhu $103\text{-}105^\circ\text{C}$ seama 1 jam. Kertas saring didinginkan kembali dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan atau selisih beratnya kurang dari 0,5 mg. Berat TSS dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{B - A}{V.\text{sampel}} \times 1000$$

A = Berat kertas saring awal

B = Berat kertas saring + residu setelah dioven

3.3.9 Penentuan Total Zat Padat Terlarut (*Total Dissolve Solid/TDS*) dalam Larutan Rendaman Mortar

Uji TDS dilakukan dengan motoda gravimetri. Metoda ini dilakukan pada larutan setelah perendaman mortar. Proses dimulai dengan membersihkan cawan penguap dan dipanaskan dalam furnace pada suhu 550°C selama 1 jam, kemudian diturunkan pada suhu 105°C . Cawan penguap tersebut didinginkan di dalam

desikator dan ditimbang. 25 mL larutan perendaman mortar yang lolos kertas saring dan dituang ke dalam cawan. Cawan berisi sampel dipanaskan kembali di dalam oven pada suhu 103–105°C sampai semua air menguap. Cawan penguap didinginkan kembali dalam desikator dan ditimbang kembali sampai berat konstan atau selisih beratnya kurang dari 0,5 mg. Berat TDS dihitung dengan menggunakan rumus:

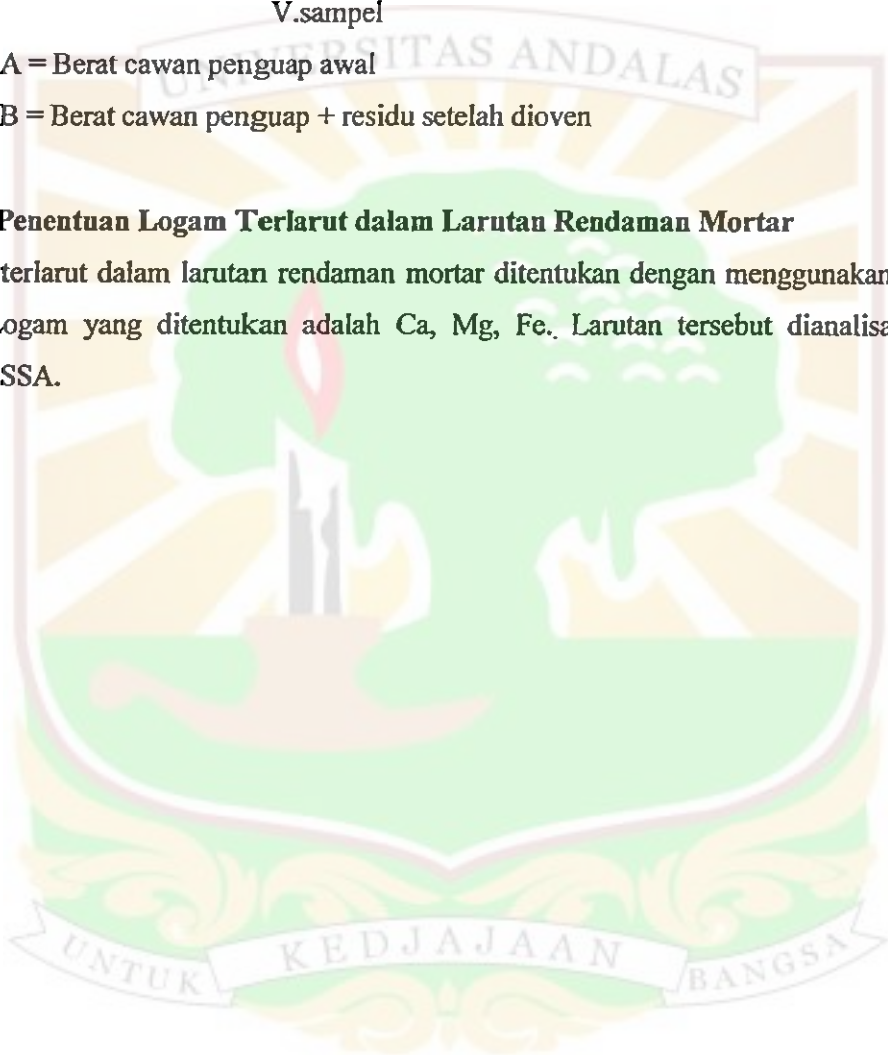
$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{B - A}{V.\text{sampel}} \times 1000$$

A = Berat cawan penguap awal

B = Berat cawan penguap + residu setelah dioven

3.3.10 Penentuan Logam Terlarut dalam Larutan Rendaman Mortar

Logam terlarut dalam larutan rendaman mortar ditentukan dengan menggunakan SSA. Logam yang ditentukan adalah Ca, Mg, Fe. Larutan tersebut dianalisa dengan SSA.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan adalah abu sekam padi yang dibawa dari Kuranji. Sebelum digunakan sebagai bahan pembuatan semen, terlebih dilakukan beberapa pengujian seperti yang di tunjukkan pada Tabel 4 dan 5

Tabel 4. Data Pengujian Sampel Abu Sekam Padi

Parameter	Hasil (%)
Kadar Air	16,17
BTL	96,04
LOI	5,67

Tabel 5. Data Pengujian Komposisi Abu Sekam Padi dengan X-Ray

Parameter	Konsentrasi (%)
SiO ₂	92,31
Al ₂ O ₃	2,31
Fe ₂ O ₃	2,23
CaO	2,40
MgO	0,03

Dari tabel di atas tampak bahwa kadar air abu sekam padi 16.17%, kadar air ini bisa menyebabkan penurunan kualitas semen nantinya jika digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen. Karena semen yang mengandung air bisa menyebabkan rongga pada bagian dalam mortar dan mengurangi kuat tekan mortar, karena kandungan air pada abu sekam padi bias menyebabkan mortar mengalami pengembangan (*expansi*) sehingga mortar menjadi retak dan hancur.¹² BTL sampel sangat tinggi, yaitu 96,04%, ini menandakan bahwa kandungan silika abu sekam padi sangat tinggi. Silika ini bisa menambah jumlah pozzolan pada komposisi semen PCC, sehingga porositas mortar akan semakin kecil, akibatnya rongga pada mortar akan semakin sedikit. Nilai LOI dari abu sekam padi adalah 5.67%, hal ini menunjukkan bahwa terdapat 5.67% zat organik dalam 1 gram abu

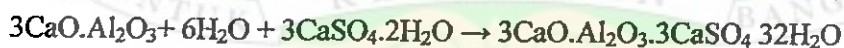
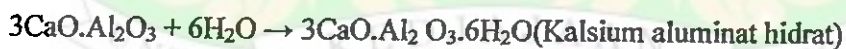
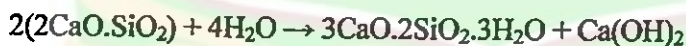
sekam padi. Zat organik ini akan mudah larut nantinya oleh asam sulfat, sehingga bisa menyebabkan rongga pada mortar, akibatnya kekuatan mortar akan semakin berkurang. Oleh karena itu, perlu ditentukan berapa batas optimum pemakaian abu sekam padi dalam pembuatan semen PPC, Perhitungan nilai BTL dan LOI dapat dilihat pada Lampiran II.

Selain LOI dan BTL, juga ditentukan logam-logam yang terdapat pada abu sekam padi. Logam yang paling banyak terdapat pada abu sekam padi adalah SiO₂, dimana telah dibuktikan dengan nilai BTL yang sangat tinggi.

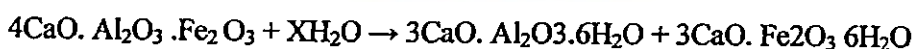
4.2 Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar diuji ketika mortar telah berumur 3, 7 dan 28 hari dengan alat *compressive strength*. Nilai yang tercantum pada alat *compressive strength* dalam satuan kilo Newton. Nilai tersebut dikonversi secara digital dengan computer menjadi kg/cm².

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk menunjukkan apakah abu sekam padi efektif sebagai bahan aditif dalam pembuatan semen PCC atau tidak dan membuktikan bahwa semen PCC memang tahan terhadap sulfat. Dari hasil pengukuran kuat tekan pada mortar yang direndam dalam larutan H₂SO₄ tampak bahwa semakin lama hari perendaman maka nilai kuat tukannya semakin besar. Begitupun dengan mortar yang direndam dalam akuades, hal ini disebabkan karna sifat semen yang hidrolik yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan berikatan dengan air atau yang disebut proses hidrasi yang tetap berlangsung sampai hari ke 100 seperti reaksi berikut:



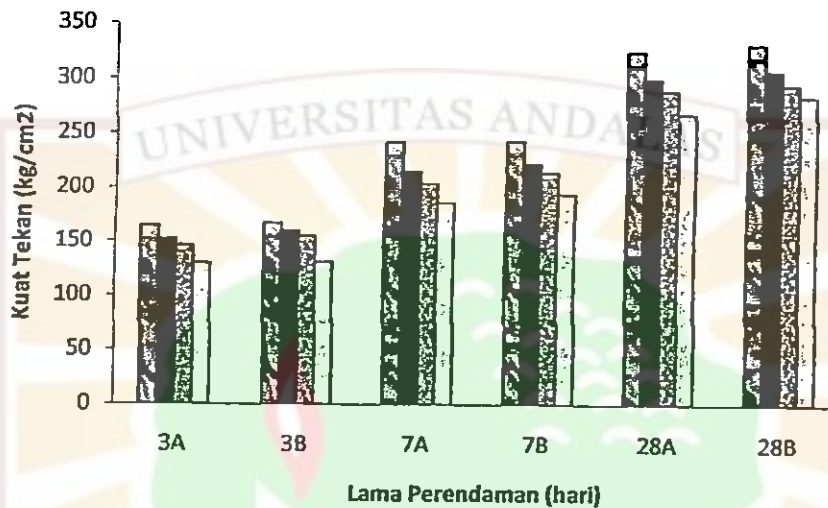
(Trikalsium sulfoaluminat)



(Kalsium Aluminoferrite hidrat).¹²

Nilai kuat tekan mortar semen PCC yang direndam dalam asam sulfat dan akuades tidak terdapat perbedaan yang signifikan, bahkan hamper sama. Hal ini

menunjukkan bahwa semen PCC memang tahan terhadap sulfat. Hal ini disebabkan karena jumlah C_3A semen PCC sedikit, sehingga panas hidrasi dari proses hidrasi semen tidak terlalu besar, sehingga mortar tidak banyak mengembang dan tidak banyak mengalami keretakan. Hasil pengukuran kuat tekan mortar PCC ASP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan hasil pengukuran kuat tekan (kg/cm^2) terhadap lama perendaman. Kondisi pengukuran: A: mortar dalam larutan asam sulfat, B: mortar dalam akuades, penambahan 0% ASP (□), penambahan 2% ASP (■), penambahan 4% ASP (▨), penambahan 6% ASP (▩)

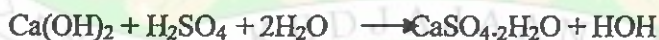
Jika dilihat pada persentase abu sekam padinya, tampak bahwa nilai kuat tekannya semakin berkurang dengan semakin meningkatnya persentase abu sekam padi. Hal ini terjadi baik pada larutan H_2SO_4 maupun aquades. Penurunan kuat tekan tersebut disebabkan karena yang berperan aktif untuk memberikan kuat tekan yang tinggi adalah C_3S dan C_2S . C_3S berperan dalam memberikan kuat tekan awal yang tinggi, sedangkan C_2S memberikan kuat tekan yang tinggi pada saat mortar berumur lebih dari satu minggu¹². Mortar dibuat dari campuran semen PCC yang telah ditambahkan abu sekam padi sebagai bahan aditif. C_3S dan C_2S dominan terdapat pada klinker. Karena dalam pembuatan semen PCC berat klinker dikurangi sebanyak persentase abu sekam padi yang ditambahkan, hal ini membuat persentase dari C_3S dan C_2S berkurang, sehingga nilai kuat tekan berkurang dengan semakin bertambahnya persentase abu sekam padi.

Untuk membuktikan apakah abu sekam padi efektif sebagai bahan aditif dalam pembuatan semen PCC dapat dilihat dari nilai kuat tekannya dan dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar semen PCC secara SNI 15-7064-2004, dimana pada hari ke 3 adalah 125, pada 7 hari adalah 200, dan pada 28 hari adalah 280 (kg/cm²). Kuat tekan mortar semen PCC ASP pada hari ke 3 dan hari ke 7 dalam larutan H₂SO₄ dan akuades masih dalam batas SNI, tetapi pada hari ke 28 kuat tekan mortar semen PCC 6% yang direndam dalam larutan H₂SO₄ sudah tidak memenuhi nilai kuat tekan SNI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, batas optimum penambahan abu sekam padi sebagai bahan aditif dalam pembuatan semen PCC adalah 4%. Data nilai kuat tekan dan statistiknya dapat dilihat pada Lampiran III.

4.3 Penentuan pH Larutan Perendaman Mortar

Dalam penelitian ini diukur nilai pH larutan perendaman mortar untuk mengetahui sejauh mana pengaruh korosif asam terhadap mortar. Nilai pH larutan dapat dilihat pada Gambar 5. Dari gambar tampak bahwa nilai pH semakin meningkat setiap hari uji baik itu pada larutan H₂SO₄ maupun pada akuades. Larutan asam yang digunakan ber-pH 4.5, sedangkan pH akuades adalah 7. Selisih perubahan pH larutan asam lebih besar dari akuades. Dibuktikan misalnya pada hari ke 3, pH akuades berubah 2.13 satuan pH, sedangkan pada asam berubah 3.55 satuan pH. Hal ini disebabkan karena proses hidrasi semen dan reaksi serangan asam yang menyebabkan terbentuknya kalsium hidroksida.

Adapun mekanisme dari serangan sulfat terhadap mortar dimulai dengan reaksi antara senyawa sulfat dengan kalsium aluminat hidroksida bebas membentuk gipsium:

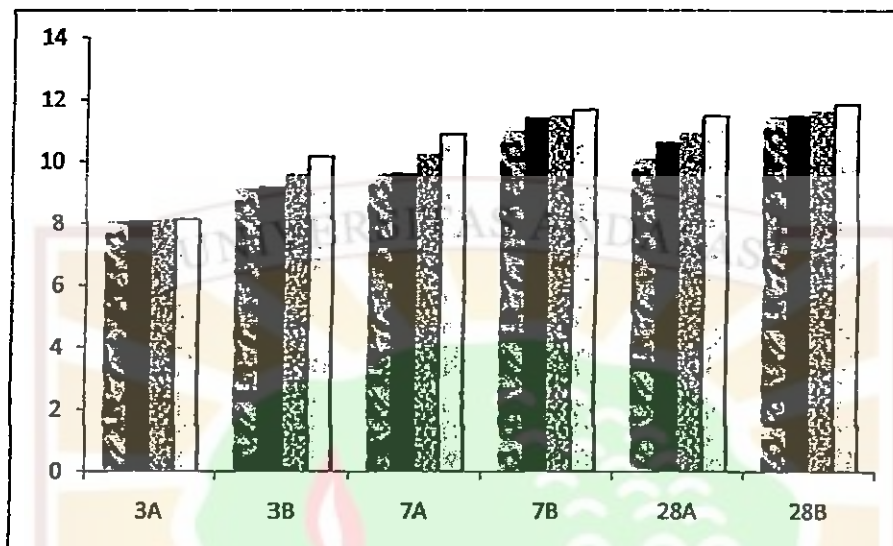


Dan gipsium akan bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat membentuk ettringite

$$3\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2^{12}$$

Ca(OH)₂ dan inilah yang menyebabkan nilai pH semakin besar. Nilai pH larutan ini tidak hanya dipengaruhi oleh ion Ca saja, tetapi juga oleh logam lain penyusun semen yang masih dalam bentuk oksidanya karena tidak sepenuhnya

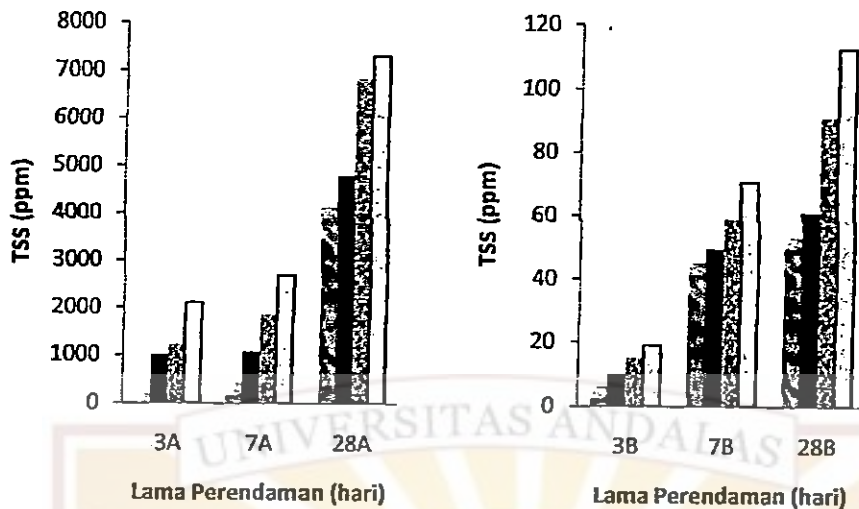
pembentukan kristal C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF pada kiln. Logam-logam tersebut bisa berupa Fe dan Mg, yang nantinya bereaksi dengan asam sulfat dan akhirnya menjadi logam hidroksidanya yang bersifat basa, sehingga menaikkan harga pH. Data penentuan nilai pH dapat dilihat pada Lampiran IV.



Gambar 5. Bagan hasil pengukuran pH larutan perendaman mortar terhadap lama perendaman. Kondisi pengukuran: A: mortar dalam larutan asam sulfat, B: mortar dalam akuades, penambahan 0% ASP (▨), penambahan 2% ASP (■), penambahan 4% ASP (▩), penambahan 6% ASP (◌)

4.4 Penentuan Nilai TSS, TDS, dan Logam Terlarut pada Larutan Perendaman Mortar

Terabsorbsinya sulfat ke dalam matrik mortar mengakibatkan rusaknya lapisan mortar sehingga akhirnya mortar menjadi berongga, retak-retak dan kemudian hancur.¹⁴ Retak-retaknya mortar menyebabkan lepasnya partikel mortar ke dalam larutan sehingga larutan perendaman mortar menjadi keruh. Kekeruhan ini dapat berupa partikel yang besar (*suspended solid*) maupun partikel yang kecil (*dissolved solid*). Partikel tersuspensi akan tinggal pada kertas saring dan yang lewat kertas saring merupakan partikel terlarut. Partikel tersuspensi tersebut bisa berupa partikel organik dari abu sekam padi, dari semen dan juga dari pasir Ottawa yang digunakan dalam pembuatan mortar. Dari hasil LOI memang dibuktikan bahwa nilai LOI abu sekam adalah 5.6%. Nilai TSS dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Bagan hasil pengukuran TSS larutan perendaman mortar terhadap lama perendaman. Kondisi Pengukuran: A: mortar dalam larutan asam sulfat, B: mortar dalam akuades, penambahan 0% ASP (□), penambahan 2% ASP (■), penambahan 4% ASP (▨), penambahan 6% ASP (◊)

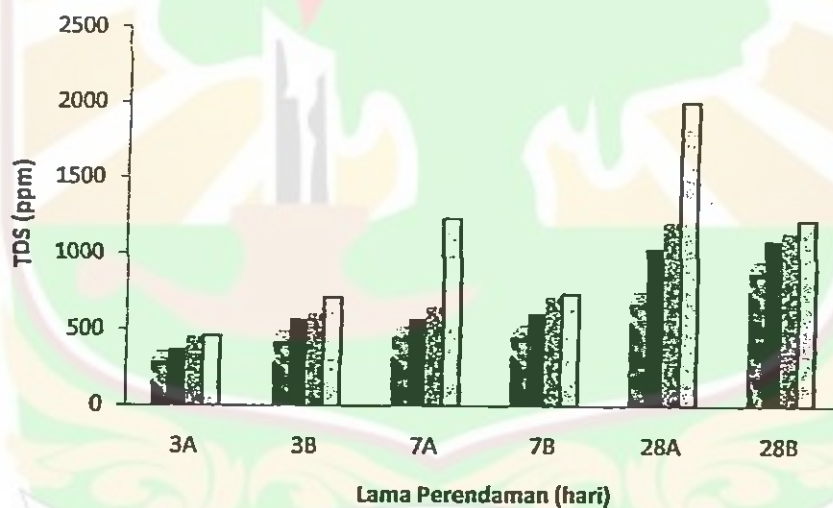
Pada gambar tampak bahwa nilai TSS semakin besar dengan semakin meningkatnya komposisi abu sekam pada semen PCC. Hal ini disebabkan kerana adanya senyawa organik dari abu sekam padi yang semakin besar dengan persentase yang semakin besar pada semen PCC. Senyawa organik ini akan mudah dilarutkan oleh asam sulfat, sehingga terlepas ke dalam larutan rendaman mortar. TSS ini juga bias berasal dari pasir Ottawa yang terkikis oleh asam sulfat, karena persentase pasir otawa lebih besar dari pada semen yang menjadi pengikatnya, sehingga dengan adanya sam sulfat, maka bagian pasir Ottawa yang sedikit mendapat komposisi semen akan mudah terkikis oleh asam.

Hal ini terjadi baik pada larutan asam maupun pada akuades. Tetapi nilai TSS dari larutan asam lebih besar dari pada akuades, hal ini disebabkan karena adanya ion sulfat yang bersifat korosif. Sifat korosif tersebut juga menyebabkan nilai TSS semakin besar seiring dengan semakin lamanya perendaman.

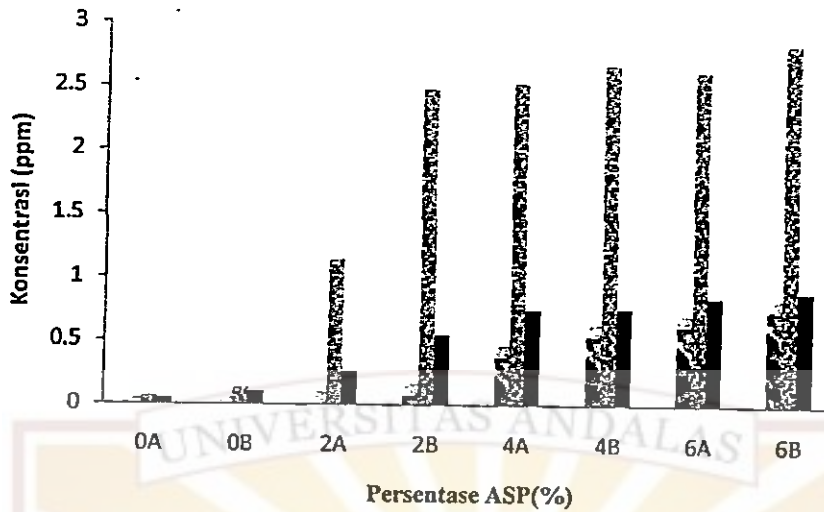
Adanya asam sulfat menyebabkan terlarutnya logam-logam pada semen dan limestone, abu sekam padi kedalam larutan rendaman mortar. Hal ini menyebabkan nilai TDS dan logam terlarut dalam larutan perendaman mortar semakin besar dengan semakin bertambahnya persentase abu sekam padi pada semen PCC. Semakin lama waktu perendaman maka nilai TDS juga semakin

besar karena banyaknya partikel yang lepas oleh asam setiap waktu. Nilai TDS larutan mortar dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari filtrat saringan larutan perendaman mortar, maka filtrat tersebut diuji dengan AAS logam Ca, Fe, dan Mg. Dengan semakin besarnya persentase abu sekam padi ternyata konsentrasi logam-logam terlarutnya juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena abu sekam padi juga memiliki logam-logam oksida dalam keadaan bebas atau tidak berikatan dengan semen, sehingga dilarutkan oleh asam. Logam yang paling besar konsentrasinya adalah logam Ca karena dalam pembuatan semen, material yang paling banyak digunakan adalah batu kapur yaitu CaCO_3 , dimana dalam proses kalsinasi dalam kiln tidak semua Ca menjadi C_2S , C_3S , C_3A , C_4AF sehingga terdapat CaO bebas yang akhirnya bereaksi dengan asam sulfat membentuk Ca(OH)_2 dan ditambah pula dengan Ca(OH)_2 hasil sampingan proses hidrasi semen, dan juga dari oksida logam pada abu sekam padi yang semakin meningkat dengan semakin besarnya persentase abu sekam padi pada semen^{10,12} Nilai logam-logam tersebut dapat dilihat dari Gambar 8.



Gambar 7. Bagan hasil pengukuran TDS larutan perendaman mortar terhadap lama perendaman. Kondisi pengukuran: A: mortar dalam larutan asam sulfat, B: mortar dalam akuades, penambahan 0% ASP (□), penambahan 2% ASP (■), penambahan 4% ASP (▣), penambahan 6% ASP (▤)



Gambar 8. Bagan hasil pengukuran konsentrasi ion Fe(Fe^{2+}), Ca(Ca^{2+}), Mg(Mg^{2+}) dalam perendaman mortar terhadap lama perendaman. Kondisi pengukuran: A: mortar dalam akuades, B: mortar dalam larutan asam sulfat,

Data hasil penentuan TSS, TDS, dan konsentrasi logam-logam terlarut dalam larutan perendaman mortar dapat dilihat pada Lampiran V.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kuat tekan mortar menurun dengan bertambahnya persentase abu sekam padi
2. Nilai pH, TSS, TDS larutan rendaman mortar naik dengan bertambahnya persentase abu sekam padi dan lama perendaman.
3. Nilai kuat tekan mortar dalam larutan asam sulfat tidak jauh berbeda dengan mortar dalam akuades.
4. Kuat tekan mortar dengan penambahan abu sekam padi sampai 4% dalam larutan asam sulfat masih memenuhi persyaratan SNI dengan nilai pH 10,93, TSS 6228 ppm, TDS 1212 ppm.
5. Konsentrasi terbesar dari logam terlarut dalam larutan perendaman mortar adalah Ca, yaitu 5,5 ppm pada larutan H₂SO₄ dan 4,57 dalam akuades.

5.2 Saran

Agar pada penelitian selanjutnya didapatkan hasil yang lebih baik, maka penulis menyarankan untuk:

1. Dalam penggunaan abu sekam padi agar dibakar secara sempurna.
2. Melakukan pengujian pada permukaan mortar dengan menggunakan alat SEM atau TEM.
3. Melakukan uji lebih lanjut terhadap TSS larutan rendaman mortar

DAFTAR PUSTAKA

1. [www.smallCrab.com/Sekam padi](http://www.smallCrab.com/Sekam_padi) sebagai Sumber Energi Alternatif. Badan penelitian dan pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
2. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. **Peluang Agribisnis Arang Sekam.** <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/wr254033.pdf/1/5/2012>.
3. Anonim. **Upaya Peningkatan Mutu dan Daya Guna Limbah Dedak Padi**
4. Admin. 2008. **Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi untuk Meningkatkan Mutu Beton.** Sletingan: SMK 3 Kimia Madiun.
5. Chu-Kia Wang dan Salmon, Charles G. 1994. **Disain Beton Bertulang. Jilid 1. Edisi Keempat. Terjemahan Binsar Hariandja.** Jakarta: Erlangga.
6. Tanti Kartika Sitorus. 2009. **Pengaruh Penambahan Silika Amorf dari Sekam Padi terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Mortar.** Medan: Universitas Sumatera Utara.
7. Bali, Ika., A, Prakoso. Mei 2002. **Beton Abu Sekam Padi Sebagai Alternatif Bahan Konstruksi, Jurnal Sains dan Teknologi EMA** hal 76. Jakarta ;Universitas Kristen Indonesia.
8. Anonim. **Hujan Asam dan Laju Pengasaman Air Sumur di Wilayah Industri.** Institut Teknologi Bandung.
9. Rahayu, Suparni Setyowati, Sari Purnavita. 2008. **Kimia Industri.** Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional. Hal 144-116 dan 124-137
10. Mulyono, Tri. 2004. **Teknologi Beton.** Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
11. Dipohusodo, Istimawan. 1999. **Struktur Beton Bertulang.** Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
12. [http://www.PT.Semen Padang.co.id/profil/produksi/1/3/2012/](http://www.PT.SemenPadang.co.id/profil/produksi/1/3/2012/)
13. <http://www.sementigaroda.com/?module=product/1/3/2012/>
14. SNI 03-6825-2002. **Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil**
15. Nawi, Edward G. 1998. **Beton Bertulang. Terjemahan Bambang Suryoatmono.** Bandung: PT. Refika Aditama.
16. Hadi, Tjokro. 2011. **Peningkatan Nilai Karakteristik Mortar, Teknis Vol.6 No.3.** Semarang: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

17. Anonim. 2003. **Teknologi Beton**. Medan: Laboratorium Bahan Rekayasa Teknik Sipil USU
18. Tjokrodinuljo, K, 1998, **Bahan Bangunan**, Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,
19. Murdock,L.J. dan Brook, K.M. 1991. **Bahan dan Praktek Beton**. Edisi keempat. **Terjemahan Stephanus Hindarko**. Jakarta: Erlangga.
20. <http://materialcerdas.wordpress.com/alat-karakterisasi/xrd-x-ray-diffraction/1/6/2012/>
21. <https://indbongolz.wordpress.com/x-ray-fluoroscence/1/6/2012/>
22. Moelyo. 1996. **Studi Tingkat Pencemaran Sumber Air Berdasarkan Analisis Logam Berat Kelumit secara Spektrofotometri Serapan Atom**. Tesis Departemen Kimia ITB. Bandung.
23. Christina P, Maria.2006. **Instrumentasi Kimia I**. Yogyakarta : STTN-BATAN.
24. Nasution, Muhammad Idris. 2008. **Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi pda Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir**. Medan: USU.



LAMPIRAN I

a. Pembuatan larutan H_2SO_4 induk

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 18 \text{ M}$ (konsentrasi asam sulfat yang tersedia)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$18\text{M} \times 0,1\text{mL} = M_2 \times 1000\text{mL}$$

$$M_2 = 1.8 \times 10^{-3}\text{M} \text{ (pengenceran pertama)}$$

b. Pengenceran Larutan Induk

$$\text{pH} = 4,5$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-4,5} = 3.16 \times 10^{-5}$$

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 1,58 \times 10^{-5} \text{ M}$ (konsentrasi yang diinginkan)

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 1.8 \times 10^{-3}\text{M}$ (konsentrasi pengenceran pertama)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1.8 \times 10^{-3}\text{M} \times V_1 = 1.58 \times 10^{-5}\text{M} \times 2000\text{mL}$$

$$V_1 = 17.55 \text{ mL}$$



LAMPIRAN II

1. Bagian Tak Larut Abu Sekam Padi

Data bagian tak larut abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel

No.	Bagian tak larut (%)
1.	96,77
2.	95,08
3.	96,28
Rata-rata	96,04

Contoh perhitungan bagian tak larut :

$$\% \text{ BTL} = \frac{\text{Berat C.k} - \text{Berat C.s}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.k = berat cawan platina kosong (gram)

C.s = berat cawan platina ditambah sampel setelah furnace (gram)

$$\% \text{ BTL} = \frac{35,9174 \text{ g} - 34,9497 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} \times 100 \% = 96,77 \%$$

2. Hilang pijar abu sekam padi

Data hilang pijar abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel

No.	Hilang pijar (%)
1.	5,30
2.	6,01
3.	5,69
Rata-rata	5,67

Contoh perhitungan hilang pijar (LOI) :

$$\% \text{ LOI} = \frac{\text{Berat C.b} - \text{Berat C.a}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.a = berat cawan platina ditambah sampel sebelum furnace (gram)

C.b = berat cawan platina ditambah sampel setelah furnace (gram)

$$\% \text{ LOI} = \frac{27,2120 \text{ g} - 27,1590 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} \times 100 \% = 5,30 \%$$



LAMPIRAN III

Kuat tekan (PCC + ASP) (Satuan : kg/cm²)

Data Kuat tekan mortar pada perendaman dalam akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	166	168	157	163	154	156	131	131
	167		160		155		131	
7 hari	240	246	215	229	212	216	190	198
	243		222		214		194	
28 hari	330	332	302	312	300	290	284	284
	331		307		295		284	

Data Kuat Tekan Mortar pada Perendaman dalam Asam Sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	165	163	154	150	151	141	129	131
	164		152		146		130	
7 hari	242	242	214	216	204	204	185	187
	242		215		204		186	
28 hari	325	323	299	299	286	292	268	268
	324		299		289		268	

**UJI STATISTIK NILAI KUAT TEKAN DENGAN METODA ANOVA DAN
PERSAMAAN REGRESI**

Kuat Tekan Mortar Dalam Asam Sulfat

Tabel Anova Tanpa Pengulangan

Analisis	3	7	28	Jumlah Baris
0%	164	242	324	730
2%	152	215	299	666
4%	146	204	289	639
6%	130	186	268	584
Σx	JK1=592	JK2=487	JK3=1180	JT=2619
X	148	211,75	295	
S(varian)	200	549,58	540,67	

$$S = \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

$$JKt = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n$$

$$= 47342,25$$

$$JKa = -76588,5$$

$$JKd = 123930,75$$

$$DB JKa = 2$$

$$DB JKd = 12-3=9$$

$$KT = JKa/DB$$

Tabel anova

Sumber	JK	DB	Kt	KDt
Antar kolom	JKa = -76588,5	2	38294,25	$\delta^2 + 4\delta^2 a$
Dalam kolom	JKd = 123930,75	9	13770,08	δ^2
Jumlah	47342,25	11		

$$\text{Variansi dalam kolom} = \delta^2 = s^2 = 13770,08$$

$$SP = \sqrt{s^2} = \sqrt{13770,08} = 117,35$$

$$s^2_p = 33945,25$$

$$\text{variansi antar kolom} = \delta^2 + 4\delta^2 a = 38294,25$$

$$13770,08 + 4(13770,08)a = 38294,25$$

$$a = 0,44 \text{ JK}_a$$

$$F_h = 38294,25 / 13770,08 = 2,78$$

$F_t = 19,4 \rightarrow F_t > F_h \rightarrow$ ke dua rata-rata tidak berbeda nyata.

Persamaan Regresi Kuat Tekan Pada Hari Ke 3 Pada Larutan Asam Sulfat

$y = A + Bx$ — nilai dari statistic

$$A = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$B = \frac{\sum xy - \sum x \cdot \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}$$

$$\sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

Tabel Regresi Nilai Kuat Tekan Mortar pada Hari ke 3

No	X(% ASP)	Y(kuat tekan)	xy	X ²
1	0	164	0	0
2	2	152	304	4
3	4	146	584	16
4	6	130	780	36

$$A = 164,2$$

$$B = -5,4$$

$$Y = A + BX$$

$$y = 164,2 - 5,4x$$

$$r = -0,98 z$$

LAMPIRAN IV

pH (larutan setelah perendaman PCC + ASP)

Data pH akuades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	9,09	9,17	9,20	9,23	9,65	9,60	10,14	10,19
	9,13		9,21		9,62		10,16	
7 hari	11,00	11,00	11,44	11,41	11,48	11,51	11,67	11,68
	11,00		11,42		11,49		11,67	
28 hari	11,46	11,42	11,52	11,49	11,62	11,66	11,87	11,83
	11,44		11,50		11,64		11,85	

Data pH larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	8,04	8,06	8,09	8,08	8,21	8,02	8,13	8,17
	8,05		8,09		8,12		8,15	
7 hari	10,67	856	9,75	9,55	9,45	11,06	11,16	10,58
	9,62		9,65		10,25		10,87	
28 hari	10,11	10,09	10,62	10,64	10,43	11,48	11,40	11,54
	10,10		10,63		10,93		11,47	

LAMPIRAN V

1. TSS (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data TSS akuades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
	3 hari	7	5	10	10	13	17	17
6		10,0		15,0		19,5		
7 hari	48	42	48	51	60	58	69	72
	45		49,5		59,0		70,5	
28 hari	50	56	62	60	89	93	115	110
	53		61,0		91,0		112,5	

Data TSS larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
	3 hari	195	191	1011	1016	2216	1218	1207
193		1013		1217		2112		
7 hari	427	415	1206	944	1859	1865	2680	2698
	421		1075		1862		2689	
28 hari	4100	4124	4780	4800	7678	5977	7221	7389
	4112		4790		6828		7305	

2. TDS (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data TDS akuades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	505	489	600	548	591	630	712	710
	497		574,0		610,5		711,0	
7 hari	528	544	580	640	720	718	726	744
	536		610,0		719,0		735,0	
28 hari	950	964	1123	1069	1119	1173	1250	1201
	957		1096,0		1146,0		1225,5	

Data TDS larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	372	352	336	412	531	381	504	416
	362		374		456		460	
7 hari	660	396	580	568	632	672	1272	1192
	528		576		652		1232	
28 hari	532	976	1056	1032	1236	1188	2032	1984
	754		1044		1212		2008	

3. Konsentrasi ion Fe dalam larutan perendaman mortar semen PCC + ASP)
(satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Fe dalam larutan akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.051	0.055	0.260	0.266	0.4731	0.4749	0.7100	0.7110
	0.053		0.263		0.4735		0.7105	
7 hari	0.099	0.111	0.642	0.656	0.781	0.797	0.9466	0.9484
	0.105		0.649		0.789		0.9475	
28 hari	0.589	0.569	1.064	1.042	1.432	1.410	1.591	1.567
	0.579		1.053		1.421		1.579	

Data konsentrasi ion Fe dalam larutan asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.104	0.106	0.316	0.789	0.630	0.634	0.632	1.053
	0.105		0.5525		0.632		0.8425	
7 hari	0.211	0.263	0.632	0.789	0.892	0.898	1.2104	1,2109
	0.237		0.7105		0.895		1.2105	
28 hari	0.737	0.789	1.311	1.321	1.506	1,494	1.7112	1.7098
	0.763		1.316		1.500		1.7105	

4. Konsentrasi ion Ca dalam larutan perendaman mortar semen PCC + ASP)
(satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Ca dalam larutan asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.057	0.059	2.048	2.905	2.665	2.669	2.714	2.952
	0.058		2.4765		2.667		2.833	
7 hari	2.092	2.098	3.147	3.139	3.238	3.333	4.19	4.333
	2.095		3.143		3.2855		4.2617	
28 hari	3.662	3.572	4.661	4.674	4.913	4.897	5.143	5.857
	3.667		4.667		4.905		5.5	

Data konsentrasi Ion Ca dalam aquades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.047	0.049	0.141	0.145	2.333	2.714	2.476	2.762
	0.048		0.143		2.5235		2.619	
7 hari	0.092	0.908	2.762	2.857	2.952	3.048	3.19	3.238
	0.095		2.8095		3		3.214	
28 hari	3.147	3.139	3.143	3.333	3.857	3.952	3.238	4.905
	3.143		3.238		3.9045		4.5715	

5. Penentuan Mg (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Mg dalam asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.132	0.134	0.165	0.169	0.770	0.764	0.933	0.867
	0.133		0.167		0.767		0.900	
7 hari	0.804	0.796	1.033	1.100	1.100	1.200	1.533	1.600
	0.800		1.0665		1.1500		1.5665	
28 hari	1.205	1.195	1.706	1.694	1.833	2.100	1.974	1.960
	1.2000		1.7000		1.9655		1.9670	

Data konsentrasi ion Mg dalam akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.068	0.066	0.102	0.098	0.733	0.767	0.900	0.810
	0.067		0.100		0.750		0.855	
7 hari	0.100	0.133	0.967	0.900	0.900	1.033	0.900	1.167
	0.1165		0.9335		0.9665		1.0335	
28 hari	1.164	1.171	1.367	1.433	1.400	1.467	1.600	1.833
	1.167		1.400		1.4335		1.7165	

LAMPIRAN I

a. Pembuatan larutan H_2SO_4 induk

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 18 \text{ M}$ (konsentrasi asam sulfat yang tersedia)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$18\text{M} \times 0,1\text{mL} = M_2 \times 1000\text{mL}$$

$$M_2 = 1.8 \times 10^{-3}\text{M} \text{ (pengenceran pertama)}$$

b. Pengenceran Larutan Induk

$$\text{pH} = 4,5$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-4.5} = 3.16 \times 10^{-5}$$

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 1,58 \times 10^{-5} \text{ M}$ (konsentrasi yang diinginkan)

$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 1.8 \times 10^{-3}\text{M}$ (konsentrasi pengenceran pertama)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1.8 \times 10^{-3}\text{M} \times V_1 = 1.58 \times 10^{-5}\text{M} \times 2000\text{mL}$$

$$V_1 = 17.55 \text{ mL}$$



LAMPIRAN II

1. Bagian Tak Larut Abu Sekam Padi

Data bagian tak larut abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel

No.	Bagian tak larut (%)
1.	96,77
2.	95,08
3.	96,28
Rata-rata	96,04

Contoh perhitungan bagian tak larut :

$$\% \text{ BTL} = \frac{\text{Berat C.k} - \text{Berat C.s}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.k = berat cawan platina kosong (gram)

C.s = berat cawan platina ditambah sampel setelah furnace (gram)

$$\% \text{ BTL} = \frac{35,9174 \text{ g} - 34,9497 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} \times 100 \% = 96,77 \%$$

2. Hilang pijar abu sekam padi

Data hilang pijar abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel

No.	Hilang pijar (%)
1.	5,30
2.	6,01
3.	5,69
Rata-rata	5,67

Contoh perhitungan hilang pijar (LOI) :

$$\% \text{ LOI} = \frac{\text{Berat C.b} - \text{Berat C.a}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \%$$

Dimana : C.a = berat cawan platina ditambah sampel sebelum furnace (gram)

C.b = berat cawan platina ditambah sampel setelah furnace (gram)

$$\% \text{ LOI} = \frac{27,2120 \text{ g} - 27,1590 \text{ g}}{1,000 \text{ g}} \times 100 \% = 5,30 \%$$



LAMPIRAN III

Kuat tekan (PCC + ASP) (Satuan : kg/cm²)

Data Kuat tekan mortar pada perendaman dalam akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	166	168	157	163	154	156	131	131
	167		160		155		131	
7 hari	240	246	215	229	212	216	190	198
	243		222		214		194	
28 hari	330	332	302	312	300	290	284	284
	331		307		295		284	

Data Kuat Tekan Mortar pada Perendaman dalam Asam Sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	165	163	154	150	151	141	129	131
	164		152		146		130	
7 hari	242	242	214	216	204	204	185	187
	242		215		204		186	
28 hari	325	323	299	299	286	292	268	268
	324		299		289		268	

**UJI STATISTIK NILAI KUAT TEKAN DENGAN METODA ANOVA DAN
PERSAMAAN REGRESI**

Kuat Tekan Mortar Dalam Asam Sulfat

Tabel Anova Tanpa Pengulangan

Analisis	3	7	28	Jumlah Baris
0%	164	242	324	730
2%	152	215	299	666
4%	146	204	289	639
6%	130	186	268	584
Σx	JK1=592	JK2=487	JK3=1180	JT=2619
X	148	211,75	295	
S(varian)	200	549,58	540,67	

$$S = \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

$$JKt = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n = 47342,25$$

$$Jka = -76588,5$$

$$Jkd = 123930,75$$

$$DB Jka = 2$$

$$DB Jkd = 12-3=9$$

$$KT = Jka/DB$$

Tabel anova

Sumber	JK	DB	Kt	KDt
Antar kolom	Jka = -76588,5	2	38294,25	$\delta^2 + 4\delta^2 a$
Dalam kolom	Jkd = 123930,75	9	13770,08	δ^2
Jumlah	47342,25	11		

$$\text{Variansi dalam kolom} = \delta^2 = s^2 = 13770,08$$

$$SP = \sqrt{s^2} = \sqrt{13770,08} = 117,35$$

$$s^2_p = 33945,25$$

$$\text{variansi antar kolom} = \delta^2 + 4\delta^2 a = 38294,25$$

$$13770,08 + 4(13770,08)a = 38294,25$$

$$a = 0,44 \text{ JK}_a$$

$$F_h = 38294,25 / 13770,08 = 2,78$$

$F_t = 19,4 \rightarrow F_t > F_h \rightarrow$ ke dua rata-rata tidak berbeda nyata.

Persamaan Regresi Kuat Tekan Pada Hari Ke 3 Pada Larutan Asam Sulfat

$y = A + Bx$ --- nilai dari statistic

$$A = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$B = \frac{\sum xy - \sum x \cdot \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}$$

$$\sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

Tabel Regresi Nilai Kuat Tekan Mortar pada Hari ke 3

No	X(% ASP)	Y(kuat tekan)	xy	X ²
1	0	164	0	0
2	2	152	304	4
3	4	146	584	16
4	6	130	780	36

$$A = 164,2$$

$$B = -5,4$$

$$Y = A + BX$$

$$y = 164,2 - 5,4x$$

$$r = -0,98 z$$

LAMPIRAN IV

pH (larutan setelah perendaman PCC + ASP)

Data pH akuades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	9,09	9,17	9,20	9,23	9,65	9,60	10,14	10,19
	9,13		9,21		9,62		10,16	
7 hari	11,00	11,00	11,44	11,41	11,48	11,51	11,67	11,68
	11,00		11,42		11,49		11,67	
28 hari	11,46	11,42	11,52	11,49	11,62	11,66	11,87	11,83
	11,44		11,50		11,64		11,85	

Data pH larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	8,04	8,06	8,09	8,08	8,21	8,02	8,13	8,17
	8,05		8,09		8,12		8,15	
7 hari	10,67	856	9,75	9,55	9,45	11,06	11,16	10,58
	9,62		9,65		10,25		10,87	
28 hari	10,11	10,09	10,62	10,64	10,43	11,48	11,40	11,54
	10,10		10,63		10,93		11,47	

LAMPIRAN V

1. TSS (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data TSS akuades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
	3 hari	7	5	10	10	13	17	17
6		10,0		15,0		19,5		
7 hari	48	42	48	51	60	58	69	72
	45		49,5		59,0		70,5	
28 hari	50	56	62	60	89	93	115	110
	53		61,0		91,0		112,5	

Data TSS larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
	3 hari	195	191	1011	1016	2216	1218	1207
193		1013		1217		2112		
7 hari	427	415	1206	944	1859	1865	2680	2698
	421		1075		1862		2689	
28 hari	4100	4124	4780	4800	7678	5977	7221	7389
	4112		4790		6828		7305	

2. TDS (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data TDS akyaades setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	505	489	600	548	591	630	712	710
	497		574,0		610,5		711,0	
7 hari	528	544	580	640	720	718	726	744
	536		610,0		719,0		735,0	
28 hari	950	964	1123	1069	1119	1173	1250	1201
	957		1096,0		1146,0		1225,5	

Data TDS larutan asam sulfat setelah direndam mortar

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	372	352	336	412	531	381	504	416
	362		374		456		460	
7 hari	660	396	580	568	632	672	1272	1192
	528		576		652		1232	
28 hari	532	976	1056	1032	1236	1188	2032	1984
	754		1044		1212		2008	

3. Konsentrasi ion Fe dalam larutan perendaman mortar semen PCC + ASP)

(satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Fe dalam larutan akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.051	0.055	0.260	0.266	0.4731	0.4749	0.7100	0.7110
	0.053		0.263		0.4735		0.7105	
7 hari	0.099	0.111	0.642	0.656	0.781	0.797	0.9466	0.9484
	0.105		0.649		0.789		0.9475	
28 hari	0.589	0.569	1.064	1.042	1.432	1.410	1.591	1.567
	0.579		1.053		1.421		1.579	

Data konsentrasi ion Fe dalam larutan asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.104	0.106	0.316	0.789	0.630	0.634	0.632	1.053
	0.105		0.5525		0.632		0.8425	
7 hari	0.211	0.263	0.632	0.789	0.892	0.898	1.2104	1,2109
	0.237		0.7105		0.895		1.2105	
28 hari	0.737	0.789	1.311	1.321	1.506	1,494	1.7112	1.7098
	0.763		1.316		1.500		1.7105	

4. Konsentrasi ion Ca dalam larutan perendaman mortar semen PCC + ASP)
(satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Ca dalam larutan asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.057	0.059	2.048	2.905	2.665	2.669	2.714	2.952
	0.058		2.4765		2.667		2.833	
7 hari	2.092	2.098	3.147	3.139	3.238	3.333	4.19	4.333
	2.095		3.143		3.2855		4.2617	
28 hari	3.662	3.572	4.661	4.674	4.913	4.897	5.143	5.857
	3.667		4.667		4.905		5.5	

Data konsentrasi Ion Ca dalam aquades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.047	0.049	0.141	0.145	2.333	2.714	2.476	2.762
	0.048		0.143		2.5235		2.619	
7 hari	0.092	0.908	2.762	2.857	2.952	3.048	3.19	3.238
	0.095		2.8095		3		3.214	
28 hari	3.147	3.139	3.143	3.333	3.857	3.952	3.238	4.905
	3.143		3.238		3.9045		4.5715	

5. Penentuan Mg (larutan setelah perendaman PCC + ASP) (satuan : ppm)

Data konsentrasi ion Mg dalam asam sulfat

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.132	0.134	0.165	0.169	0.770	0.764	0.933	0.867
	0.133		0.167		0.767		0.900	
7 hari	0.804	0.796	1.033	1.100	1.100	1.200	1.533	1.600
	0.800		1.0665		1.1500		1.5665	
28 hari	1.205	1.195	1.706	1.694	1.833	2.100	1.974	1.960
	1.2000		1.7000		1.9655		1.9670	

Data konsentrasi ion Mg dalam akuades

Uraian	BLANKO		ASP 2 %		ASP 4 %		ASP 6 %	
3 hari	0.068	0.066	0.102	0.098	0.733	0.767	0.900	0.810
	0.067		0.100		0.750		0.855	
7 hari	0.100	0.133	0.967	0.900	0.900	1.033	0.900	1.167
	0.1165		0.9335		0.9665		1.0335	
28 hari	1.164	1.171	1.367	1.433	1.400	1.467	1.600	1.833
	1.167		1.400		1.4335		1.7165	