



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 AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT
KIMIA AIR RENDAMAN (pH, TDS DAN KESADAHAN TOTAL)
DAN SIFAT KUAT TEKAN MORTAR SEMEN PCC PADA
PERENDAMAN AIR LAUT**

SKRIPSI



**PEPI RAHMI SARI JASLIA
0810413090**

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

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT
KIMIA AIR RENDAMAN (pH, TDS DAN KESADAHAN TOTAL) DAN
SIFAT KUAT TEKAN MORTAR SEMEN PCC PADA PERENDAMAN
AIR LAUT**

Oleh

PEPI RAHMI SARI JASLIA

0810413090

Skripsi diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

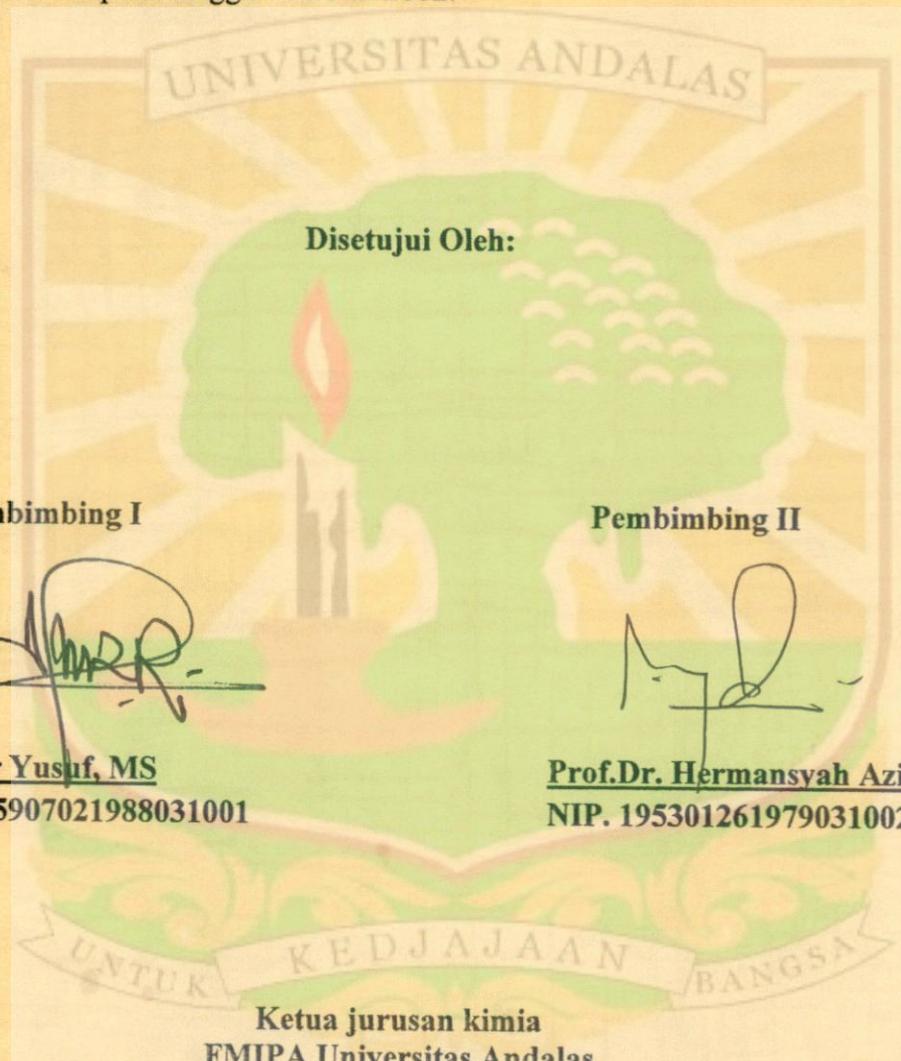
Pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

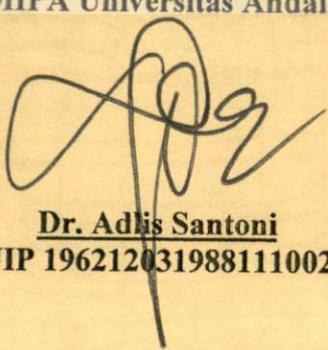
Universitas Andalas



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

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Kimia Air Rendaman (pH, TDS dan Kesadahan Total) dan Sifat Kuat Tekan Mortar Semen PCC pada Perendaman Air Laut. Skripsi ini diajukan oleh Pepi Rahmi Sari Jaslia (0810413090) sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (Strata 1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang Sumatera Barat, telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal : 16 Juli 2012.




Dr. Adlis Santoni
NIP 196212031988111002

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **” Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Kimia Air Rendaman (pH, TDS dan Kesadahan Total) dan Sifat Kuat Tekan Mortar Semen PCC pada Perendaman Air Laut”**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan tingkat sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Selesainya skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan orangtua dan keluarga. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Yulizar Yusuf, MS dan Bapak Prof. Dr. Hermansyah Aziz selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan ilmu, bimbingan dan arahan yang begitu bermakna pada penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Dr. Yeni Stiadi, MS selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan perhatian dan bimbingan selama masa perkuliahan dan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Adlis Santoni, MS selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.
4. Segenap dosen, pegawai dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
5. Bapak Sarman. ST selaku pembimbing dari PT. Semen Padang yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium JKPM PT. Semen Padang.
6. Bapak/Ibu yang ada di Laboratorium Biro Jaminan Mutu dan Perwakilan Manajemen PT. Semen Padang. Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
7. Keluarga besar mahasiswa kimia 2008 yang telah membantu serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang membangun akan sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi. Atas perhatiannya ucapan terima kasih.

Padang, Juli 2012



ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP SIFAT KIMIA AIR RENDAMAN (pH, TDS DAN KESADAHAN TOTAL) DAN SIFAT KUAT TEKAN MORTAR SEMEN PCC PADA PERENDAMAN AIR LAUT

UNIVERSITAS ANDALAS

Oleh

Pepi Rahmi Sari Jaslia (0810413090)

Sarjana Sain (SSi) dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas

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

Abu ampas tebu merupakan limbah buangan yang memiliki beberapa kegunaan. Abu ampas tebu diketahui memiliki kandungan silika sekitar 70% dan secara kimiawi cukup layak sebagai bahan pozolan. Penelitian tentang pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap sifat kimia air rendaman (pH, TDS dan kesadahan total) dan sifat kuat tekan mortar semen PCC pada perendaman air laut telah dilakukan. Abu ampas tebu dapat digunakan sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan klinker dan sebagai pemanfaatan limbah. Penelitian kuat tekan pada mortar dilakukan dengan mencampurkan abu ampas tebu dan semen PCC dengan perbandingan 0, 2, 4 dan 6%, sedangkan air rendaman dianalisis secara kimia tentang pengaruh pH, TDS dan kesadahan totalnya. Berdasarkan hasil analisis dengan penambahan abu ampas tebu tidak mempengaruhi kuat tekan menurut SNI 15-7064-2004 semen PCC. Untuk air rendaman mortar akuades dan air laut, terjadi kenaikan pH terhadap waktu perendaman. Untuk uji TDS dan kesadahan total untuk air rendaman akuades mengalami kenaikan pada variasi komposisi abu ampas tebu dan lamanya perendaman. Pada perendaman air laut nilai TDS dan kesadahan total 3 hari lebih tinggi daripada 28 hari.

Kata kunci : abu ampas tebu, kuat tekan, air laut, semen PCC.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITION BAGGASE ASH of SUGAR CANE TOWARD CHEMICAL PROPERTIES of WATER IMMERSION (pH, TDS and TOTAL HARDNESS) and THE COMPRESSION STRENGTH MORTAR PCC CEMENT IN SEAWATER IMMERSION.

By

Pepi Rahmi Sari Jaslia (0810413090)

Bachelor of Science (SSi) in Chemistry Department, Mathematics and Natural Sciences Faculty Andalas University

Guided by Yulizar Yusuf, MS and Prof. Dr. Hermansyah Aziz

Bagasse ash of sugar cane are rubbish that have some utilities. The baggase ash of sugar cane are discovered have 70% of silica contents and through chemical, it is quite feasible as pozzolan. The research about the effect of addition baggase ash of sugar cane toward chemical of water immersion property (pH, TDS and total hardness) and the strength of compression mortar PCC cement in seawater immersion have been conducted. The baggase ash of sugar cane can use as another alternative for decreasing clinker utilization and as usefulness of rubbish. Research in strength of comprehensive has conducted with mixed the baggase ash of sugar cane and PCC cement with a ratio of 0, 2, 4, and 6 %. Whereas in water immersion, it is have analysis through chemical about the influence pH, TDS, and total hardness. Based on the analysis result with increasing the baggase ash of sugar cane, it is does not have effect to compression strength according SNI 15-7064-2004 PCC cement. For mortar distilled of water immersion and seawater, there is increasing in pH toward immersion time. In TDS test and total hardness for distilled water immersion, it is have experience increase in variance of component baggase ash of sugar cane and how long the immersion. In seawater immersion, the value of TDS and total hardness for 3 days more increase than 28 days.

Keyword; bagasse ash of sugar cane, compressive strength, sea water, PCC cement

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mortar	4
2.2 Abu Ampas Tebu (<i>Bagasse Ash</i>)	4
2.3 Semen	7
2.4 Pozzolan	12
2.5 Pengaruh Air Laut	12
2.6 Kuat Tekan	13
2.7 Derajat Keasaman	14
2.8 Total Dissolve Solid (TDS)	14
2.9 Kesadahan Total	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Abu Ampas Tebu	17

3.3.2 Pembuatan Sampel	17
3.3.3 Pembuatan Mortar	18
3.3.4 Proses Pengujian Kuat Tekan	18
3.3.5 Pengukuran pH air rendaman	18
3.3.6 Penentuan TDS air rendaman	19
3.3.7 Penentuan Kesadahan Total	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Kuat Tekan	20
2.2 pH air rendaman	22
2.3 TDS	24
2.4 Kesadahan Total	25

V. KESIMPULAN DAN SARAN

2.5 Kesimpulan	27
2.6 Saran	27

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses penggilingan tebu	5
2. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan pada perendaman akuades	20
3. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan pada perendaman air laut	21
4. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap pH air rendaman akuades .	22
5. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap pH air rendaman air laut...	23
6. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap TDS air rendaman akuades.	24
7. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap TDS air rendaman air laut	24
8. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kesadahan total air rendaman akuades	25
9. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kesadahan total air rendaman air laut	26

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi kimia abu ampas tebu	6
Tabel 2. Komposisi kimia beberapa bahan tambah	7
Tabel 3. Susunan unsur semen	9



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Komposisi Pembuatan semen	30
2. Kuat Tekan	31
3. Pengukuran pH air rendaman	32
4. Total Dissolve Solid (TDS)	33
5. Kesadahan Total	34
6. Uji Duncant	35
7. Anova	47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air dengan 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 konsistensi/kekentalan standar. Konsistensi mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi spesi ataupun plesteran dinding sehingga diharapkan mortar tidak hancur akibat menahan daya tekan beban yang bekerja padanya¹.

Kegunaan plester adalah melapisi pasangan batu bata, batu kali maupun batu cetak (batako) agar permukaannya tidak mudah rusak, kelihatan rapi dan bersih. Pekerjaan memplester juga dilakukan pada pasangan pondasi, pasangan tembok dinding rumah, lantai batu bata, lisplang beton, dan sebagainya².

Meskipun teknologi mortar telah terbukti kemampuannya, namun karena tuntutan konstruksi terhadap kekuatan, kelenturan dan keawetan maka teknologi ini dapat ditingkatkan efektifitas kinerjanya dengan pendekatan: perbaikan atas mutu mortar dan penggabungan teknologi pembuatan berbagai komposit.

Selama ini mortar masih menggunakan semen portland dan kapur sebagai bahan ikat utama yang harganya cukup mahal. Oleh karena itu diperlukan alternatif bahan baku lain yang memiliki harga murah dan merupakan limbah yang dapat meningkatkan sifat mekanis mortar. Bahan baku alternatif digunakan pada penelitian ini adalah abu ampas tebu (*bagasse ash*). Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan kajian analisis pemanfaatan abu ampas tebu.

Indonesia sebagai Negara agraris memiliki kekayaan alam dari struktur perkebunan. Berbagai jenis perkebunan yang dapat menjadi komoditi eksport dapat ditemukan di Indonesia seperti perkebunan tebu, tembakau, karet, kelapa sawit, perkebunan buah-buahan dan lainnya. Di antara semua jenis perkebunan di Indonesia tersebut, perkebunan tebu merupakan sumber bahan baku untuk pembuatan gula³.

Produksi gula tebu yang terus meningkat membawa dampak terhadap peningkatan ampas tebu dengan peningkatan yang besar. Ampas tebu yang

merupakan limbah buangan ini belum dapat dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia seperti negara lain. Di beberapa Negara ampas tebu memiliki beberapa kegunaan yang dimanfaatkan sebagai pembersih lantai, digunakan untuk menjaga kondisi tanah agar selalu siap pakai untuk pertanian, sebagai makanan unggas, dibuat plastik, dan dapat pula dibuat partikel board. Pada umumnya ampas tebu digunakan untuk bahan bakar untuk memanaskan boiler pada pabrik tebu. Dari hasil pembakaran tersebut menghasilkan abu ampas tebu yang juga dapat difungsikan sebagai pupuk².

Pembakaran abu ampas tebu memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan kekuatan mortar, karena mempunyai sifat pozolan dan mengandung silika yang tinggi. Bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi. Pemilihan abu ampas tebu sebagai bahan aditif yang memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi merupakan pengikat agregat yang baik³.

Struktur yang dibangun pada lingkungan yang agresif, seperti air laut memerlukan perhatian yang sangat serius. Di lingkungan tersebut kekuatan struktur mortar akan mengalami penurunan akibat penetrasi ion klorida yang dikandung oleh air laut yang masuk kedalam beton. Hal ini berbahaya karena dapat mengakibatkan terjadinya pelapukan pada mortar yang secara langsung akan mengakibatkan melemahnya kekuatan struktur mortar tersebut.

Untuk mengurangi kerugian yang ditimbulkan akibat pengaruh ion klorida, sulfat pada mortar, seringkali digunakan beton dengan mutu tinggi. Hal ini dimaksudkan agar penetrasi air laut ke dalam mortar menjadi semakin sulit karena tingkat kepadatan mortar yang tinggi. Sehingga kekuatan tekan mortar yang berada dilingkungan yang agresif tidak mengalami perubahan. Sehingga mutu mortar pada lingkungan yang agresif seperti di daerah pinggir laut akan sesuai dengan yang diharapkan¹.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka penulis mencoba melakukan penelitian terhadap penggunaan abu ampas tebu sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan klinker dan pemanfaatan limbah pertanian.

1.2 Permasalahan

- a. Bagaimana pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan dari mortar dan sifat kimia (pH, TDS dan kesadahan total) dari air rendaman semen PCC.
- b. Bagaimana pengaruh lama perendaman mortar di dalam air laut terhadap kuat tekan mortar semen PCC.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan mortar semen PCC dan pengaruh perendaman mortar tersebut pada air laut.
- b. Melakukan pengujian terhadap sifat kimia (pH, TDS dan kesadahan total) air rendaman mortar yang telah dicampur dengan abu ampas tebu.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Sebagai sumber informasi tentang pengaruh sifat kuat tekan mortar khususnya dengan menggunakan bahan aditif abu ampas tebu.
- b. Mengetahui seberapa besar kuat tekan mortar yang digunakan, akibat terendam dalam air laut atau bangunan yang berada dipinggir pantai.
- c. Sebagai pemanfaatan limbah abu ampas tebu dan sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan klinker.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

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 konsistensi/kekentalan standard. Konsistensi mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi spesi ataupun plesteran dinding sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur¹.

Mortar dapat digunakan dalam bentuk pasta kubus beton (struktur) maupun non struktural, misalnya pada pekerjaan pasangan dinding bata atau batako, pekerjaan plesteran dinding, pekerjaan pasangan keramik dinding, pekerjaan perataan dasar lantai sampai pada pekerjaan pasangan keramik lantai⁴.

Mortar digolongkan menurut penggunaannya, misalnya untuk sambungan, tembok, tahan air, tahan api dan seterusnya. Mortar untuk sambungan digunakan untuk menyambung bata, batu dan blok beton. Mortar tembok yang dipergunakan dalam berbagai perbandingan campuran untuk memenuhi keperluan pekerjaan. Pekerjaan dengan mortar tembok berlangsung menurut ukuran berikut ini : pelapisan dasar, penghalusan, pelapisan kedua dan penyelesaian⁵.

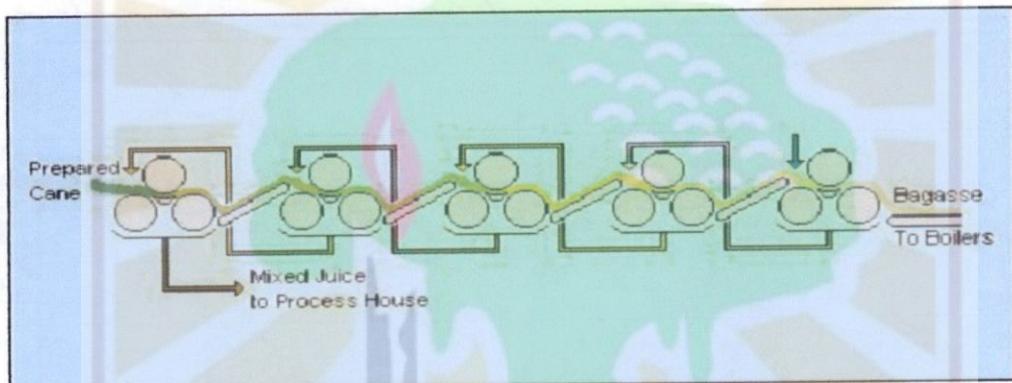
Mortar dan beton dibuat dari semen dan agregatnya yang dicampur dengan air. Yang perlu diketahui dari bahan bangunan adalah sifat kerapatan (densitas), porositas dan kekuatan tekan. Dalam hubungan dengan panas maka mortar juga perlu diketahui sifat-sifatnya, misalnya sebuah dinding yang terbuat dari beton mempunyai konduktifitas yang berbeda dengan bahan bangunan erat sekali hubungannya dengan penggunaan bahan bangunan⁶.

2.2 Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*)

Ampas tebu (*bagasse*) adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur. Serat sisa dan ampas tebu kebanyakan digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk

pembuatan gula. Padahal ampas tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, dapat juga sebagai bahan baku untuk serat dan partikel untuk papan, plastik dan kertas serta media untuk budidaya jamur atau dikomposisikan untuk pupuk⁷.

Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan dari batang tebu sampai menjadi ampas tebu. Dimana pada hasil penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, kemudian pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima menghasilkan nira dengan volume yang berbeda-beda. Setelah gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering.



Gambar 1. Proses penggilingan tebu.

Tiap berproduksi, pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Limbah padat, yaitu: ampas tebu (*bagase*), abu boiler dan blotong (*filter cake*). Ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu untuk diambil niranya. Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus. Ampas tebu selain dimanfaatkan sendiri oleh pabrik sebagai bahan bakar pemasakan nira, juga dimanfaatkan oleh pabrik kertas sebagai pulp campuran pembuat kertas. Kadangkala masyarakat sekitar pabrik memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar. Ampas tebu ini memiliki aroma yang segar dan mudah dikeringkan sehingga tidak menimbulkan bau busuk. Limbah padat yang kedua berupa blotong, merupakan hasil endapan (limbah pemurnian nira) sebelum dimasak dan dikristalkan menjadi gula pasir. Bentuknya seperti tanah berpasir berwarna hitam, memiliki bau tak sedap jika masih basah. Bila tidak segera kering akan menimbulkan bau busuk yang menyengat³.

Kelebihan ampas tebu (*bagasse ash*) dapat membawa masalah bagi pabrik gula, ampas bersifat *bulky* (meruah) sehingga untuk menyimpannya perlu area yang luas. Ampas mudah terbakar karena di dalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba, sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas. Terjadinya kasus kebakaran ampas di beberapa pabrik gula diduga akibat proses tersebut. Ampas tebu selain dijadikan sebagai bahan bakar ketel di beberapa pabrik gula mencoba mengatasi kelebihan ampas dengan membakarnya secara berlebihan (inefisien). Dengan cara tersebut mereka bisa mengurangi jumlah ampas tebu.

Tabel 1. Komposisi kimia abu pembakaran ampas tebu¹⁰

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	1,9
Fe ₂ O ₃	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
K ₂ O	8,2
P ₂ O ₅	3,0
MnO	0,2

Komponen anorganik dari *bagasse* merupakan mineral berupa ion logam yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhannya. Pada pembakaran *bagasse*, semua komponen organik diubah menjadi gas CO₂ dan H₂O dengan meninggalkan abu yang merupakan komponen anorganik dengan mengikuti reaksi:



Seiring dengan perkembangan jaman dan kemajuan teknologi, abu *bagasse* yang asalnya hanya digunakan sebagai abu gosok, sudah mulai dimanfaatkan dalam industri bahan bangunan sebagai campuran semen dan memberi hasil material yang lebih kuat, ringan dan ekonomis sebagai bahan tambahan⁹ dan mampu menghasilkan panel gypsum yang memiliki kuat lentur

yang baik sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton aspal dengan memberikan stabilitas dan kualitas jalan yang lebih baik¹⁰.

Ampas tebu atau *bagasse* ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kertas dan bahan bakar pengolahan tebu, tetapi masih banyak yang melakukan pembakaran secara langsung. Pembakaran *bagasse* yang tidak terkendali dapat mengakibatkan masalah polusi udara yang serius¹¹.

Sebagai perbandingan, berikut adalah data beberapa komposisi kimia senyawa yang dimiliki bahan-bahan pozolan lainnya.

Tabel 2. Komposisi kimiawi beberapa bahan tambah¹¹.

Senyawa	Semen Portland	Slag	Silica Fume	Fly Ash	Abu Sekam Padi	Abu Ampas Tebu
CaO %	60 – 67	30 – 46	0,1 – 0,6	2 – 7	0,55	3,91
SiO ₂ %	17 – 25	30 – 40	85 – 98	40 – 55	93,81	70,7
Al ₂ O ₃ %	3,0 – 8,0	10 – 20	0,2 – 0,6	20 – 30	1,1	6,59
Fe ₂ O ₃ %	0,5 – 6,0	4	0,3 – 1	5 – 10	0,19	1,03
MgO %	0,1 – 4,0	2 – 16	0,3 – 3,5	1 – 4	0,4	2,87
SO ₃ %	1,0 – 3,0	3	-	0,4 – 2	-	-
Na ₂ O %	-	3	0,8 – 1,8	1 – 2	0,23	-
K ₂ O %	-	3	1,5 – 3,5	1 – 5	0,017	-

2.3 Semen

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesi dan kohesi yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup¹².

Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku: batu gamping/kapur sebagai bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa kalsium oksida (CaO) dan tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa: silika oksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃) dan magnesium oksida (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan bentuk bubuk (*bulk*), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air¹³.

Semen dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu semen hidraulik dan semen non hidraulik. Semen hidraulik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidraulik antara lain kapur hidraulik, semen pozolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen alumina dan semen expansif. Contoh lainnya adalah semen portland putih, semen warna dan semen-semen untuk keperluan khusus. Sedangkan semen non-hidraulik adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidraulik adalah kapur.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambahkan 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*)¹⁴.

Faktor semen sangatlah mempengaruhi karakterisasi campuran mortar. Kandungan semen hidraulik yang tinggi akan memberikan banyak keuntungan, antara lain dapat membuat campuran mortar menjadi lebih kuat, lebih padat, lebih tahan air, lebih cepat mengeras dan juga memberikan rekat yang lebih baik. Kerugiannya adalah dengan cepat campuran mengeras, maka dapat menyebabkan susut kering yang lebih tinggi pula. Mortar dengan kandungan hidraulik rendah akan lebih lemah dan mudah dalam pergerakan¹⁵.

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidraulik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya¹⁴.

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium atau batu kapur (CaO), Alumina (Al₂O₃), pasir silikat (SiO₂) dan bahan biji besi (Fe₂O₃) dan senyawa-senyawa MgO dan SO₃, penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

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 kalsium sulfat (CaSO_4) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu ikat. Bahan-bahan lain juga ditambahkan untuk membuat semen dengan sifat-sifat khusus¹⁶.

Sifat-sifat semen tergantung dari bahan kimia penyusunnya. Bila ditinjau dari susunan oksida semen portland, maka bahan dasar semen terdiri dari kapur (CaO), silika (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 dibatasi¹.

Tabel 3. Susunan unsur semen¹

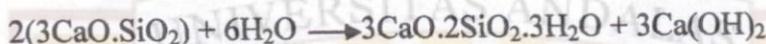
Nama unsur oksida	Rumus kimia	Jumlah (0%)
Kapur	CaO	60 – 65
Silikat	SiO_2	17 – 25
Alumina	Al_2O_3	3 – 8
Besi	Fe_2O_3	0,5 – 6
Magnesia	MgO	0,5 – 4
Sulfur	SO_3	1 – 2
Soda/potash	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0,5 – 1

Oksida-oksida yang tercampur pada Tabel 3 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, C_3S berhidrasi secara lebih cepat dari pada 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 sumbangannya 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 sumbangannya kecil terhadap kekuatan.

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



Hasil utama dari agregat ini adalah $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 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.

Ditinjau dari penggunaannya, menurut ASTM (*American Society of Testing and Materials*) semen portland dapat dibedakan menjadi lima tipe :

a. Tipe I (semen penggunaan umum)

Sifat dari semen portland tipe I yaitu MgO dan SO_3 hilang pada saat pembakaran. Kehalusan dan kekuatannya secara berturut-turut juga ditentukan. Secara umum mempunyai sifat-sifat umum dari semen. Digunakan secara luas sebagai semen untuk teknik sipil dan konstruksi arsitektur misalnya pembangunan jalan, bangunan beton bertulang, jembatan dan lain-lain.

b. Tipe II (semen pengeras pada panas sedang)

Semen portland tipe II mempunyai C_3S kurang dari 50 % dan C_3A kurang dari 8 %. Kalor hidrasi 70 kal atau kurang 7 hari dan 80 kal atau kurang 28 hari pada kondisi sedang. Peningkatan dari kekuatan jangka panjang diinginkan. Secara umum dipakai untuk mencegah serangan sulfat dan lingkungan sistem drainase dengan kadar konsentrasi tinggi didalam tanah.

c. Tipe III (semen berkekuatan tinggi awal)

Semen portland tipe III mengandung C₃S maksimum. Kekuatan awal (1 hari dan 3 hari) diintensifkan, ditentukan untuk mempunyai kekuatan diatas 40 kg/cm² selama penekanan 1 hari dan di atas 90 kg/cm² selama penekanan 3 hari. Kegunaannya yaitu untuk menggantikan semen penggunaan umum untuk pekerjaan yang mendesak. Cocok untuk pekerjaan pembuatan jalan, dan produk semen.

d. Tipe IV (semen jenis rendah)

Pada semen portland tipe IV, kalor hidrasi lebih rendah 10 kal dari pada semen pengeras pada panas sedang, ditentukan dibawah 60 kal atau 7 hari dan dibawah 70 kal yaitu 28 hari (ASTM). Memberikan kalor hidrasi minimum seperti semen untuk pekerjaan bendungan. Kegunaannya yaitu digunakan pada struktur-struktur dam dan bangunan massif. Dimana panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi kebutuhan beton atau mortar.

e. Tipe V (semen tahan sulfat)

Semen portland tipe V mempunyai C₃S dibawah 50 % dan C₃A dibawah 50 % (ASTM). Diusahakan agar kadar C₃A minimum untuk memperbesar ketahanan terhadap sulfat. Biasanya dipakai untuk pekerjaan beton dalam tanah yang mengandung banyak sulfat dan yang berhubungan dengan air tanah dan pelapisan dari saluran air dalam terowongan.

f. Portland Composite Cement (PCC)

Semen PCC cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan. Kegunaannya adalah untuk konstruksi umum untuk semua mutu mortar, struktur bangunan bertingkat, struktur jembatan, struktur jalan mortar, bahan bangunan, mortar pratekan dan pracetak, pasangan bata, plesteran dan acian, panel mortar, paving block, ollow brick, batako, genteng, polongan, ubin dll. Keunggulannya adalah lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap sulfat, lebih kedap air, permukaan acian lebih halus¹⁶.

2.4 Pozolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, yang tidak mempunyai sifat semen, akan tetapi dalam bentuk halusnya dan dengan adanya air dapat menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air¹⁷. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dan mortar, untuk memperbaiki keretakan, membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan bersifat agresif.

Pozolan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Pozolan alam: yaitu bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau larva gunung yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi.
2. Pozolan buatan: jenis ini banyak macamnya baik merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly Ash*), silika fume, dll¹⁵.

Pozolan dapat dipakai sebagai bahan tambahan atau sebagai pengganti semen Portland. Bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen Portland umumnya berkisar antara 5% sampai 35% berat semen. Bila pozolan dipakai sebagai bahan tambah akan menjadikan beton semakin mudah diaduk, lebih kedap air, dan lebih tahan terhadap serangan kimia. Pozolan dapat mengurangi pemuaian beton yang terjadi akibat proses reaksi alkali agregat dengan demikian mengurangi retak-retak beton akibat reaksi tersebut. Pemakaian pozolan sangat menguntungkan karena menghemat bahan baku semen, dan mengurangi panas hidrasi yang mengakibatkan retakan serius¹.

2.5 Pengaruh air laut

Air laut adalah salah satu penyebab kegagalan pada struktur bangunan. Hal ini disebabkan kandungan sulfat dan ion klorida pada air laut yang bereaksi dengan unsur kimia pada baja tulangan sehingga mengakibatkan terjadinya korosi pada tulangan. Padahal tulangan adalah komponen yang penting untuk menahan beban-beban struktur. Dengan terjadinya korosi, kekuatan tulangan akan menurun dan bahkan hilang, sehingga mengakibatkan kegagalan struktur.

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 % MgSO₄, dan 10 % garam sulfat (magnesium sulfat, gipsum, dan kalium sulfat).

NaCl tidak bereaksi dengan hasil hidrasi semen. Namun kristalisasi dari garam di dalam pori akan menyebabkan kehancuran pada beton. Hal ini terutama terjadi pada beton yang terletak di antara batas pasang surut¹⁷. Selain berlangsungnya karbonasi beton, serangan ion klorida sangat berperan penting dan ikut mendukung. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan dalam mekanisme terjadinya karat pada beton¹⁶.

2.6 Kuat tekan

Kekuatan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban atau gaya-gaya mekanis 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/ mortar untuk menerima gaya tekan persatuannya luas¹⁸.

Untuk melihat kuat tekan beton perlu juga diperhatikan standar mutu dari semen itu sendiri yakni standar kimia dan fisika dari semen. Untuk standar kimia yang di uji adalah komposisi kimia yang ada didalam semen tersebut dan di dalam air rendamannya. Sedangkan untuk standar fisikanya yang di uji adalah kuat tekan, panas hidrasi, kandungan udara dalam beton, waktu pengikatan dan kehalusan.

Kuat tekan adalah kemampuan semen untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar yang menekan mortar atau beton. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat kuat tekan dari beton atau mortar yaitu : kualitas semen, kualitas air, kualitas agregat yang digunakan, aditif, pengaruh kandungan sulfat dan lain-lain.

Menurut penelitian ternyata abu ampas tebu mengandung senyawaan silika yang cukup tinggi dan kemudian telah diteliti pemanfaatannya sebagai bahan campuran dalam adonan aspal beton. Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan kekuatan produk keramik¹⁵.

Seiring dengan perkembangan jaman dan kemajuan teknologi, abu *bagasse* yang asalnya hanya digunakan sebagai abu gosok, sudah mulai dimanfaatkan dalam industri bahan bangunan sebagai campuran semen dan memberi hasil material yang lebih kuat, ringan dan ekonomis sebagai bahan tambahan dan mampu menghasilkan panil gipsum yang memiliki kuat lentur yang baik sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton aspal dengan memberikan stabilitas dan kualitas jalan yang lebih baik⁹.

2.7 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Yang dimaksudkan “keasaman” di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai $pH=7$. Nilai $pH>7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai $pH<7$ menunjukkan sifat asam.

Nilai pH 7 dikatakan netral karena pada air murni ion H^+ terlarut dan ion OH^- terlarut (sebagai tanda kebasaan) berada pada jumlah yang sama, yaitu 10^{-7} pada kesetimbangan. Penambahan senyawa ion H^+ terlarut dari suatu asam akan mendesak kesetimbangan ke kiri (ion OH^- akan diikat oleh H^+ membentuk air). Akibatnya terjadi kelebihan ion hidrogen dan meningkatkan konsentrasi²¹.

2.8 Total Dissolve Solid (TDS)

Total Dissolve Solid (TDS) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik, misalnya : garam, dll) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS meter menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *Part Per Million* (ppm) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L). Aplikasi yang umum digunakan adalah untuk mengukur kualitas cairan biasanya untuk pengairan, pemeliharaan aquarium, kolam renang, proses kimia, pembuatan air mineral, dll.

Total padatan terlarut merupakan bahan-bahan terlarut dalam air yang tidak tersaring dengan kertas saring *millipore* dengan ukuran pori 0,45 µm. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Penyebab utama terjadinya TDS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umum dijumpai di perairan. Sebagai contoh air buangan sering mengandung molekul sabun, deterjen dan surfaktan yang larut air, misalnya pada air buangan rumah tangga dan industri pencucian²².

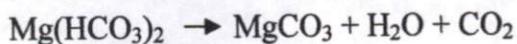
Metoda yang digunakan untuk menentukan total padatan terlarut adalah secara gravimetri. Prinsipnya adalah sampel air disaring dan filtratnya diuapkan dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Setelah kisar dipanaskan dalam oven 103-105°C. kemudian ditimbang sampai konstan. Air yang kadar mineralnya tinggi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- dan SO_4^{2-}) dapat bersifat higroskopis yang memerlukan pemanasan yang lama, pendinginan dalam desikator yang baik dan penimbangan yang cepat²³.

2.9 Kesadahan Total

Kesadahan adalah suatu keadaan atau peristiwa terlarutnya ion-ion tertentu di air sehingga menurunkan kualitas air baik secara distribusi maupun penggunaanya. Ion-ion tersebut yaitu Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Si^{2+} , dan semua kation yang bermuatan 2+. Ion-ion mampu bereaksi dengan sabun untuk presipitat dan anion-anion yang ada untuk membentuk kerak. Air sadah berarti air yang didalamnya terkandung ion-ion kesadahan. Kesadahan air bervariasi dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Kesadahan air permukaan lebih kecil daripada air tanah di daerah kapur, karena pada daerah tanah tersebut banyak terkandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Berdasarkan sifatnya, air sadah dibagi atas 2,yaitu:

a. Air sadah sementara

Air sadah yang mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ atau $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, Air sadah sementara dapat dipisahkan dengan cara pemanasan.



b. Kesadahan tetap

Air sadah yang mengandung MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , dll. Air sadah dapat dihilangkan dengan penambahan natrium karbonat.



Kesadahan total adalah jumlah ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang dapat ditentukan melalui titrasi EDTA dan menggunakan indikator yang peka terhadap semua kation tersebut. Kesadahan dibagi menjadi 2 tipe yaitu: :

1. Kesadahan Kalsium dan Magnesium (Kesadahan Total)

Kalsium dan magnesium merupakan dua anggota dari kelompok alkali logam.

Kedua struktur ini mempunyai struktur elektron dan reaksi kimia yang sama.

Besarnya kesadahan kalsium dan magnesium dapat dihitung.

2. Kesadahan Karbonat dan Non Karbonat

Kesadahan Karbonat ialah bagian kesadahan total yang secara kimia ekivalen terhadap alkalinitas bikarbonat dan karbonat dalam air. Jika CaCO_3 sebagai alkalinitas dan kesadahan, maka kesadahan karbonat ditentukan sebagai berikut :

- Alkalinitas \geq kesadahan total.

Kesadahan karbonat (mg/L) = kesadahan total (mg/L)

- Alkalinitas \leq kesadahan total.

Kesadahan karbonat (mg/l) = alkalinitas (mg/l)

Kesadahan non karbonat ialah jumlah kesadahan akibat kelebihan kesadahan karbonat. Kesadahan nonkarbonat = kesadahan total - kesadahan karbonat kation. Kation kesadahan nonkarbonat berikatan dengan anion-anion sulfat nitrat.

Prinsip penentuan kesadahan total adalah secara titrasi kompleksometri. Kompleksometri adalah suatu titrasi berdasarkan pembentukan senyawa kompleks. Pada titrasi ini menggunakan larutan EDTA. pH untuk titrasi adalah 10 dengan indikator Eriochrome Black T (EBT). Pada pH tinggi 12, Mg(OH)_2 akan mengendap, sehingga EDTA dapat bereaksi hanya oleh ion Ca^{2+} dengan indikator mureksid²⁴.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jaminan Kualitas dan Pengembangan Produk PT. Semen Padang pada bulan Februari sampai April 2012.

3.2 Alat dan bahan yang digunakan

3.2.1 Alat-alat yang digunakan

Peralatan gelas (buret 50 mL, gelas piala 250 mL, corong kaca masir, pipet gondok 25 mL, Erlenmeyer 250 mL dan batang pengaduk), pH meter Ultra Basic, oven merk Carbolite, pompa vakum, neraca analitik merk Sartorius TE 2145, desikator, furnace merk Carbolite tipe RHF 1600, cawan penguap, alat pembuatan mortar (Automatic Mixer) dan cetakan (mould), serta alat pengukuran kuat tekan (*Compressive Strength*).

3.2.2 Bahan yang digunakan

Semen PCC (produksi PT. Semen Padang), abu ampas tebu (diperoleh dari pabrik gula tebu di Nagari Tabeh Hiliran Gumanti Alahan Panjang, Kabupaten Solok), pasir Ottawa yang diimpor dari Kanada, larutan buffer pH 10, larutan EDTA 0,02M, indikator EBT, akuades dan air laut.

3.3 Prosedur penelitian

3.3.1 Abu ampas tebu

Abu ampas tebu diperoleh dari pabrik gula tebu di Nagari Tabeh Hiliran Gumanti, Alahan Panjang, kabupaten Solok, yang sudah menjadi abu.

3.3.2 Pembuatan sampel

Untuk pembuatan mortar standar, maka dilakukan pencampuran bahan-bahan seperti pasir dan semen yang ditimbang sesuai dengan perbandingan yaitu 1:2,75 serta air 0,5. Kemudian bahan-bahan tersebut dicampur dan dicetak. Sedangkan untuk pembuatan mortar dengan penambahan abu ampas tebu, dengan menambahkan abu ampas tebu sebanyak 2, 4 dan 6% dari berat klinker. Kemudian bahan-bahan tersebut dicampur dan dicetak dengan menggunakan cetakan untuk mortar.

3.3.3 Pembuatan mortar

Dengan menimbang semen sebanyak 740 g dan pasir Ottawa sebanyak 2035 g. Kemudian masukkan sejumlah air (408 mL) kedalam mixer. Wadah pasir pada mixer diisi dengan pasir Ottawa, dan semen kedalam mixer. Setelah itu tekan tombol “START AUTOMATIC”. Adonan mortar tadi dimasukkan kedalam mould (cetakan untuk mortar) hingga berisi setengahnya. Lalu dengan menggunakan tamper (alat untuk menumbuk) ditumbuk sebanyak 32 kali. Kemudian ditambahkan lagi adonan mortar hingga mould penuh. Ditumbuk lagi dengan menggunakan tamper sebanyak 32 kali. Setelah itu kelebihan mortar dipotong dan diratakan permukaannya dan disimpan didalam ruang lembab \pm 24 jam. Mortar yang sudah mengeras dikeluarkan dari mould dan siap untuk dilakukan pengujian pada umur 3,7 dan 28 hari.

3.3.4 Proses pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada saat mortar telah berumur 3, 7 dan 28 hari. Pengujian ini menggunakan alat yaitu *Compressive Strength*. Cara kerja alat ini dengan menghidupkan tombol “ON” pada alat. Kemudian ditekan tombol “START” dan dipilih menu execute jenis benda uji yang akan diuji dan ditekan tombol “START” kembali. Untuk membuka pintu dan memasukkan benda uji ditekan titik (.) kemudian pintu ditutup kembali. Tombol “START” ditekan untuk untuk mengetahui nilai kuat tekan dari mortar.

3.3.5 Pengukuran pH air rendaman

Setiap dilakukan pengujian kuat tekan mortar, maka pH dari air rendaman diukur dengan menggunakan pH meter. Sebelum menggunakan alat pH meter terlebih dahulu dilakukan pengkalibrasian alat dengan menggunakan larutan buffer yang sesuai dengan kerja instruksi alat. Selanjutnya elektroda dibilas dengan menggunakan akuades dan keringkan dengan menggunakan tissu. Sebelum mencelupkan elektroda kedalam sampel (air rendaman) terlebih dahulu elektroda tersebut dibilas dengan sampel, kemudian baru elektroda tersebut dicelupkan kedalam sampel dan biarkan sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Angka yang muncul pada alat pH meter merupakan pH dari sampel.

3.3.6 Penentuan Total Zat Padat Terlarut (TDS) air rendaman mortar.

Metoda yang dilakukan untuk menentukan TDS pada air rendaman mortar adalah metoda gravimetri. Pengujian ini dilakukan pada air rendaman sebelum dan sesudah perendaman mortar. Prosedur kerjanya yaitu cawan penguap yang telah bersih dan dipanaskan didalam furnace pada suhu 550°C selama 1 jam, kemudian suhunya diturunkan menjadi 105°C . cawan penguap tersebut didinginkan didalam desikator dan ditimbang. Sebanyak 25 mL air rendaman hasil saringan dari corong kaca masir dituang kedalam cawan penguap. Kemudian cawan yang berisi sampel dipanaskan kembali kedalam oven pada suhu $103\text{-}105^{\circ}\text{C}$ sampai semua air menguap. Cawan tersebut didinginkan kembali didalam desikator dan ditimbang kembali sampai didapatkan bobot konstan.

3.3.7 Penentuan Kesadahan Total

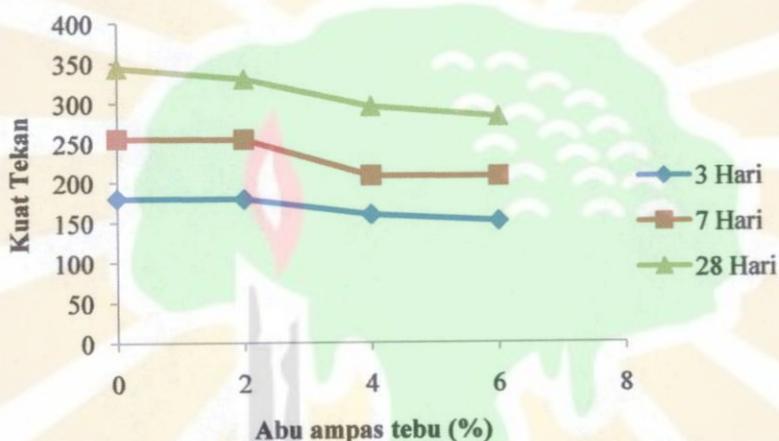
Sebanyak 25 mL sampel (air rendaman) diuji secara duplo, dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL dan diencerkan dengan akuades sampai volume larutan menjadi 50 mL. Untuk air laut dilakukan pengenceran dalam labu ukur 250 mL, kemudian diambil 25 mL masukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan 5 mL larutan buffer pH 10 dan 2 tetes indikator EBT. Kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan EDTA 0,02 M secara perlahan-lahan sampai terjadi perubahan warna merah keunguan menjadi biru. Volume pemakaian EDTA 0,02 M dicatat. Pengujian dilakukan 2 kali dan volumenya dirata-ratakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Tekan

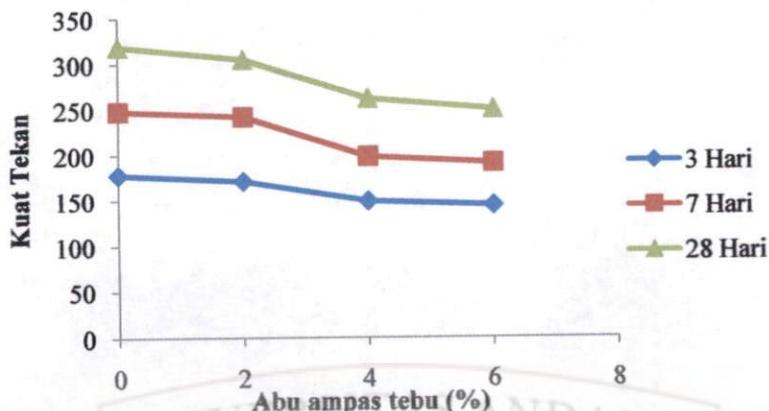
Setelah dilakukan pembuatan mortar dan direndam pada masing-masing air rendaman, yaitu akuades dan air laut. Kemudian dilakukan pengukuran kuat tekan dengan menggunakan alat *Compressive Strength* yang dilakukan masing-masing pada 3, 7 dan 28 hari perendaman. Dari hasil pengujian kuat tekan mortar dengan penambahan abu ampas tebu yang direndam dalam akuades dan air laut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan pada perendaman akudes.

Data yang diperoleh berdasarkan perhitungan statistik pada lampiran 6 dan 7, tidak terjadi perubahan kuat tekan secara signifikan pada perendaman 3,7 dan 28 hari dengan penambahan abu ampas tebu sampai 2%. Akan tetapi dengan penambahan abu ampas tebu lebih dari 2% terjadi perubahan yang signifikan terjadi penurunan kuat tekan mortar. Sedangkan berdasarkan lamanya perendaman, terjadi peningkatan kuat tekan yang signifikan.

Secara umum dengan bertambahnya komposisi abu ampas tebu, maka kuat tekan mortar yang direndam dalam akades semakin lama semakin menurun. Dan dengan lamanya perendaman, maka kuat tekannya semakin lama semakin meningkat. Waktu berpengaruh terhadap senyawa C_3A , dengan semakin lama waktu perendaman maka jumlah senyawa C_3A juga akan semakin banyak sehingga proses pengerasan akan semakin lama dan berpengaruh pada kuat tekan mortar²⁵.



Gambar 3. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan pada perendaman air laut.

Berdasarkan dari hasil perhitungan secara statistik pada lampiran 6 dan 7, pada perendaman 3, 7 dan 28 hari tidak terjadi perubahan yang signifikan pada penambahan abu ampas tebu sampai 2%. Selanjutnya dengan penambahan abu ampas tebu lebih dari 2% menyebabkan kuat tekan mortar semakin menurun. Penggunaan air laut dapat menyebabkan permukaan mortar akan berubah menjadi warna putih. Hal ini menunjukkan telah terjadi kerusakan pada mortar akibat pengaruh air laut. Kerusakan ini disebabkan adanya klorida yang terkandung di dalam air laut, yaitu NaCl dan MgCl_2 . Senyawa ini bila bertemu dengan senyawa semen akan menyebabkan gipsum dan kalsium sulfoaluminat dalam semen mudah larut²⁶.

Mortar yang direndam dalam akuades memiliki kuat tekan yang memenuhi SNI 15-7064-2004 pada lampiran 2, untuk semua variasi penambahan abu ampas tebu. Sedangkan untuk perendaman mortar dalam air laut, yang memenuhi SNI 15-7064-2004 pada variasi penambahan abu ampas tebu hanya 0% (untuk 3 hari 178 kg/cm^2 , 7 hari 248 kg/cm^2 , dan 28 hari 319 kg/cm^2) dan 2% (untuk 3 hari 171 kg/cm^2 , 7 hari 242 kg/cm^2 , dan 28 hari 305 kg/cm^2).

Ada beberapa hal yang menjadi penyebab rendahnya kuat tekan mortar dengan campuran abu ampas tebu ini, antara lain pengaruh ukuran partikel abu ampas tebu serta adanya pengotor berupa materi yang tidak terbakar sempurna yang terkandung dalam abu ampas tebu. Serta bahan-bahan organik juga menyebabkan turunnya kekuatan mortar dengan penambahan abu ampas tebu. Secara umum pengaruh penambahan abu ampas tebu tidak mempengaruhi kuat tekan mortar semen PCC menurut SNI.

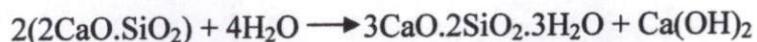
4.2 pH air rendaman

Pengukuran pH air rendaman mortar dilakukan sama pada hari pengukuran kuat tekan. Pengukuran pH air rendaman menggunakan alat pH meter yang telah dikalibrasi terlebih dahulu. Dari pengukuran pH air rendaman terhadap akuades dan air laut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

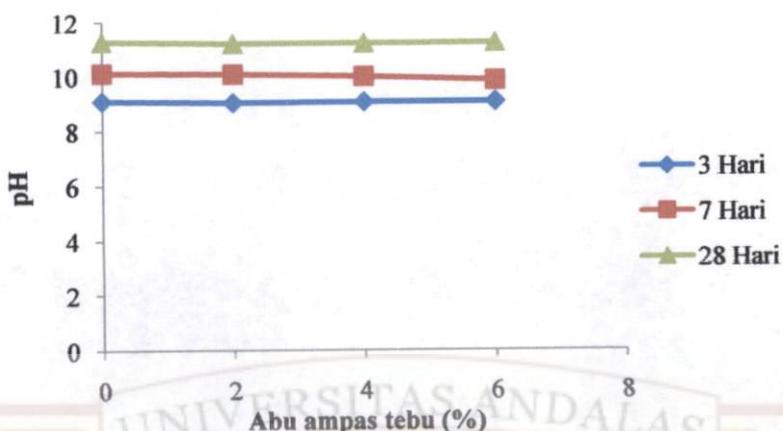


Gambar 4. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap pH pada perendaman akuades.

Berdasarkan gambar diatas, pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap pH air rendaman mortar dalam akuades tidak memiliki pengaruh yang besar. Dimana pHnya naik dengan lamanya waktu perendaman mortar. Perhitungan secara statistik pada lampiran 6 dan 7, pada perendaman 3 hari tidak terjadi perubahan yang signifikan sampai penambahan abu ampas tebu 4% dan terjadi perubahan yang signifikan dengan penambahan lebih dari 4%. Pada perendaman 7 hari tidak terjadi perubahan yang signifikan pada variasi penambahan abu ampas tebu. Sedangkan pada perendaman 28 hari terjadi perubahan yang signifikan pada penambahan abu ampas tebu lebih dari 2%. Hal ini disebabkan karena kalsium oksida (CaO) yang ada dalam semen bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)¹⁴.



Terjadinya perubahan pH air rendaman mortar didalam akuades sangat tergantung kepada kelarutan logam-logam dari komposisi semen yang telah ditambahkan abu ampas tebu.



Gambar 5. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap pH pada perendaman air laut.

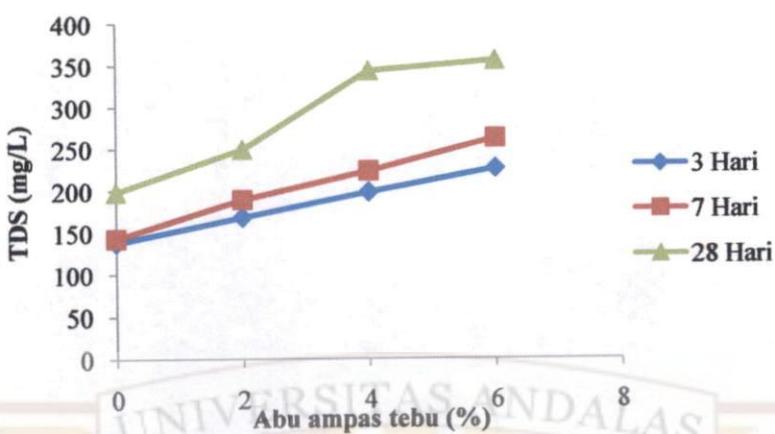
Dari gambar diatas dapat dilihat berdasarkan perhitungan statistik pada lampiran 6 dan 7, secara umum tidak terjadi perubahan yang signifikan pada variasi penambahan abu ampas tebu dan lamanya waktu rendaman. Hal ini disebabkan karena kalsium oksida (CaO) yang ada dalam semen bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kemudian kalsium hidroksida yang terdapat dalam mortar akan bereaksi secara perlahan dengan magnesium klorida (MgCl_2) yang ada dalam air laut sehingga menghasilkan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) dan kalsium klorida (CaCl_2) serta adanya logam-logam terlarut. Semakin lama perendaman mortar dalam air laut tersebut maka air laut akan bersifat basa sehingga menyebabkan pH air laut meningkat¹⁷.



Apabila dibandingkan antara air rendaman mortar dalam akuades dan air laut, pengaruh pH yang besar terjadi pada perendaman air laut. Dimana pH air laut lebih tinggi dibandingkan dengan pH akuades. Dengan tingginya pH juga mengakibatkan kuat tekan mortar semakin lama semakin menurun.

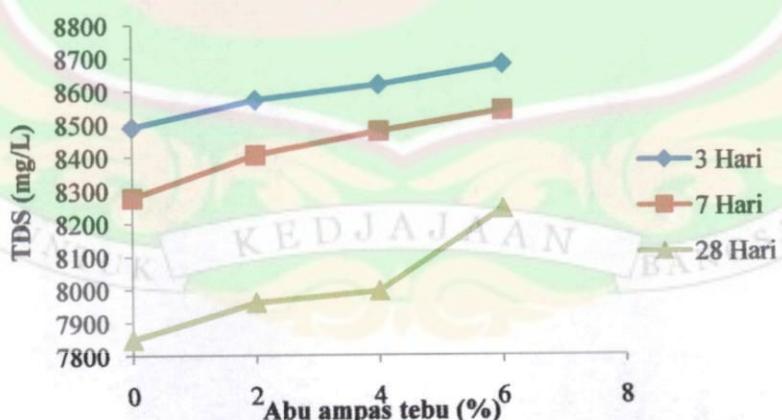
4.3 TDS (Total Dissolve Solid / Total Padatan Terlarut)

Pengujian TDS dilakukan pada air rendaman mortar dalam akuades. Untuk hasil pengujian TDS dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap TDS pada perendaman akuades.

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap jumlah TDS mengalami kenaikan. Begitu juga dengan lamanya perendaman mortar didalam akuades, menyebabkan jumlah TDSnya semakin lama semakin meningkat. Untuk penambahan abu ampas tebu sampai 6% pada perendaman 3 dan 7 hari tidak begitu jauh berbeda. Sedangkan pada perendaman 28 hari jumlah TDS mengalami peningkatan. Ini juga dibuktikan dengan terjadinya penurunan kuat tekan mortar dengan penambahan abu ampas tebu lebih dari 2%, sehingga menyebabkan banyaknya logam-logam terlarut yang terdapat didalam air rendaman.



Gambar 7. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap TDS pada perendaman air laut

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan abu ampas tebu pada mortar yang direndam dalam air laut terhadap jumlah TDS meningkat. Dan dengan lamanya perendaman maka jumlah TDSnya semakin lama semakin

menurun. Dapat dilihat pada gambar, bahwa TDS pada perendaman 3 hari lebih besar dari pada perendaman 7 dan 28 hari. Hal ini disebabkan karena adanya logam-logam terlarut dan garam dalam air laut tersebut banyak yang menempel pada mortar, sehingga menyebabkan mortar mengalami perubahan warna dan kuat tekannya menurun dan jumlah TDSnya juga menurun.

Bila dibandingkan jumlah TDS antara akuades dan air laut, maka jumlah TDS air laut lebih besar daripada TDS akuades. TDS merupakan bahan-bahan terlarut dalam air yang tidak tersaring dengan kertas saring *millipore* dengan ukuran pori 0,45 μm . Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Penyebab utama terjadinya TDS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang sering dijumpai di perairan²².

4.4 Kesadahan Total

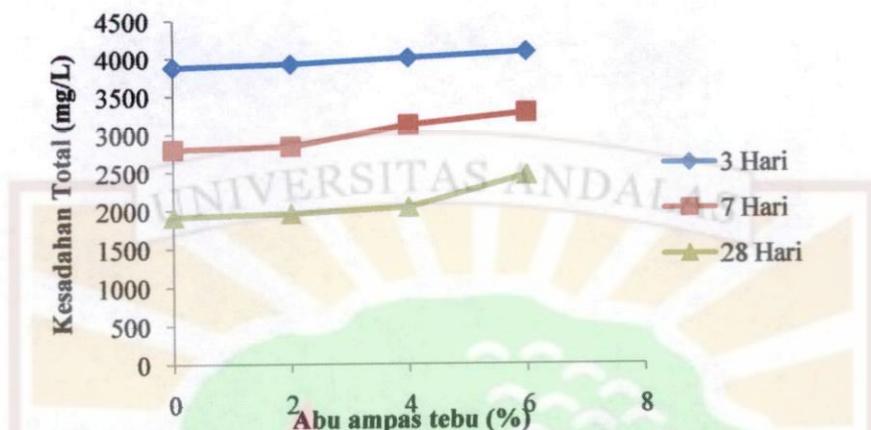
Pengujian kesadahan total dilakukan pada air rendaman mortar yaitu akuades dan air laut. Pengujian ini berdasarkan titrasi kompleksometri. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 8. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kesadahan total pada perendaman akuades.

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kesadahan total air rendaman akuades semakin lama semakin meningkat, dan pada lama perendaman dalam akuades jumlah kesadahan totalnya juga semakin meningkat. Tapi pada hari ke-28 dengan penambahan abu ampas tebu mulai 4 dan 6% kesadahan totalnya mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini

disebabkan karena adanya ion-ion yang larut dalam akuades. Dan karena adanya sebagian ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari abu ampas tebu yang tidak menyatu dengan semen PCC dan terlarut dalam air rendaman. Dengan semakin lama perendaman maka semakin banyak ion-ion yang larut dalam akuades yang berasal dari mortar.



Gambar 9. Pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap kesadahan total pada perendaman air laut.

Pada gambar 9 pengaruh penambahan komposisi abu ampas tebu terhadap kesadahan total air rendaman mortar dalam air laut mengalami kenaikan. Sedangkan dengan lamanya perendaman kesadahan total menjadi menurun dengan lamanya waktu perendaman. Pada grafik dapat dilihat bahwa, kesadahan pada perendaman 3 hari lebih besar bila dibandingkan dengan perendaman mortar pada 7 dan 28 hari. Ini berbanding terbalik dengan perendaman dalam akuades. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi sebagian ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terlarut yang berasal dari abu ampas tebu dan air laut masuk kedalam pori-pori mortar dan menyatu dalam komposisi kimia semen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap sifat kimia air rendaman (pH, TDS dan kesadahan total) dan sifat kuat tekan mortar semen PCC pada perendaman air laut, dapat disimpulkan ;

- a. Dengan adanya penambahan abu ampas tebu pada pembuatan semen PCC, menyebabkan kuat tekan mortar semakin menurun tetapi masih memenuhi SNI 15-7064-2004 semen PCC.
- b. Pengaruh penambahan abu ampas tebu pada perendaman air laut menurunkan kuat tekan. Kuat tekan mortar akan mengalami penurunan dengan penambahan abu ampas tebu lebih dari 2%.
- c. Makin lama dilakukan perendaman mortar menyebabkan pH air rendaman semakin naik.
- d. Semakin lama perendaman mortar nilai TDS dan kesadahan total air rendaman mortar pada akuades semakin meningkat, sedangkan pada perendaman air laut dengan lamanya perendaman nilai TDS dan kesadahan total menjadi menurun.
- e. Abu ampas tebu dapat digunakan sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan klinker pada pembuatan semen PCC dan sebagai pemanfaatan limbah.

5.2 Saran

- a. Untuk peneliti selanjutnya, agar lebih memvariasikan lagi penambahan abu ampas tebu untuk skala yang lebih kecil dan pengaruh suhu.
- b. Memanfaatkan limbah lain selain abu ampas tebu sebagai bahan material pembuatan semen yang memiliki kuat tekan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nugraha, Paulus. 2003. *Bahan Ajar Teknologi Beton*. Medan : Laboratorium Bahan Rekayasa Teknik Sipil USU.
2. Mulyati, Sri, Dahyunir Dahlan dan Elvis Adris. *Artikel Pengaruh Panen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisisnya*. FMIPA. UNAND.
3. Margareta, Krisna. 2009. *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Papan Partikel*. Skripsi Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
4. Prasetyo, Ari. 2009. *Perbandingan Kuat Tekan Mortar Menggunakan Campuran Pasir Alam dengan Sisa Pecahan Batu*. <http://digilib.unej.ac.id/go.php?id=gdlhub-gdl-grey-2012-ariprasety.pdf>
5. Surdia, Tata. 1996. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keenam. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
6. Daryanto. 1994. *Pengetahuan Teknik Bangunan*. Jakarta : Rineka Cipta.
7. Slamet. 2004. *Tebu (Saccharum Officinarum)*. [http://warintek.progresio.or.id/tebu/perkebunan/warintek/merintisbisnis/progresio.htm\[12 Januari 2012\]](http://warintek.progresio.or.id/tebu/perkebunan/warintek/merintisbisnis/progresio.htm[12 Januari 2012]).
8. Tanan, Natalia, Anggraini F. 2001. *Perilaku Aspal Beton Terhadap Pemakaian Abu Ampas Tebu*. Skripsi Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Kristen Petra Surabaya.
9. Dewi, S. M. 1998. *Pemakaian Limbah Abu Ampas Tebu untuk Bahan Panil Gypsum*. Jurusan Teknik.
10. Priyatmadi, D. 1992. *Pemulihan Limbah Padat (Blotong) dari Proses Karbonasi Pabrik Gula dengan Proses Alkali dan Kalsinasi Uap*. Skripsi. UGM.
11. Winter, George dan Nilson, Arthur H. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Terjemahan M. sahari. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
12. Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Umum.
13. Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
14. Gunawan. 2000. *Konstruksi Beton I*. Jakarta : Delta Teknik Group.

15. Hanafi. Studi Pengaruh Bentuk Silika Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik. *Jurnal Kimia Indonesia* : Vol. 5(1). Hal 35-38. 2010.
16. Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafigiri. Yogyakarta.
17. Anggraini, Retno, Herlin Indrawahyuni. 2009. *Pengaruh Variasi campuran dan Lama Perendaman Spesi dalam Air Laut terhadap Kuat Tekan dan Kedalaman Instrusinya*. Malang : Universitas Brawijaya.
18. Kartika, Tanti. 2009. *Pengaruh Penambahan Silika Amorf dari Sekam Padi terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Mortar*. Skripsi Sarjana Fisika Fakultas MIPA. Medan : USU.
19. SNI 06-6989.11-2004. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH-meter.
20. SNI 06-6989.12-2004. Cara Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan metoda Titrimetri.
21. Sumartini, Yunia. 2007. Derajat Keasaman. [kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Yunia%20Sumartini%20\(050452\)/Derajat%20Keasaman.html](http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Yunia%20Sumartini%20(050452)/Derajat%20Keasaman.html)[26 Juni 2012].
22. Insane. 2007. TDS Meter. <http://insansainsprojects.wordpress.com/tds-meter/>[26Juni 2012].
23. Anonim, 2010. Padatan Terlarut. (Online). (<http://www.blogspot.com/>) [26 Juni 2012].
24. Safitri, A.2007. Analisis Kualitas Air. (Online). (<http://www.scribd.com/doc/39480308/Analisis-Kualitas-Air>, [26 Juni 2012].
25. Shariq,m, Prasad,j and Ahuja,a.k., 2007. *Strenght Development of Cement Mortar and Concrete Incoorporating GGBFS*. Depatrtment of Civil Engineering IIT Roorkee, India.
26. Khatulistiwi, Utari, 2004, Efek Air Laut Terhadap Kekuatan Beton Lateks-Emulsion, *Jurnal Aksial* Vol. 6, No. 1. Hal. 38-46, April 2004.

LAMPIRAN 1

Komposisi Pembuatan Semen

No.	Bahan	Komposisi (g)			
		0%	2%	4%	6%
1.	Klinker	4050	4200	4100	4000
2.	Gypsum	200	200	200	200
3.	Lime Stone	500	500	500	500
4.	Pozzolan	250	-	-	-
5.	AAT	-	100	200	300

Komposisi Abu Ampas Tebu (X-Ray)

Uraian	Hasil (%)
SiO ₂	79,60
Al ₂ O ₃	7,75
Fe ₂ O ₃	4,21
CaO	3,46
MgO	4,49
Hilang Pijar	17,13

LAMPIRAN 2

Kuat tekan

1. Pengukuran Kuat Tekan pada perendaman akuades

Hari Sampel	3			7			28		
	Kuat tekan	Rata- rata	Hasil	Kuat Tekan	Rata- rata	Hasil	Kuta tekan	Rata- rata	Hasil
Blanko	44,3	44,0	180	62,7	62,4	255	85,4	84,4	344
	44,1			62,1			83,4		
AAT 2%	43,4	43,8	179	59,7	59,8	244	81,8	80,8	330
	44,2			59,9			79,8		
AAT 4%	38,6	38,9	159	51,2	51,1	208	73,9	72,4	295
	39,2			51,0			70,9		
AAT 6%	36,0	36,95	151	50,9	50,8	207	68,5	62,9	282
	37,9			50,7			69,9		

2. Pengukuran kuat tekan pada perendaman air laut

Hari Sampel	3			7			28		
	Kuat tekan	Rata- rata	Hasil	Kuat Tekan	Rata- rata	Hasil	Kuta tekan	Rata- rata	Hasil
Blanko	43,0	43,6	178	60,5	60,8	248	77,4	78,1	319
	44,1			61,1			78,8		
AAT 2%	42,2	41,95	171	59,6	59,2	242	75,2	74,7	305
	41,7			58,8			74,2		
AAT 4%	37,3	36,6	149	49,1	48,5	198	65,5	64,3	262
	35,9			47,9			63,1		
AAT 6%	35,4	35,3	144	47,4	46,8	191	62,8	61,3	250
	35,1			46,2			59,8		

SNI 15-7064-2004

No.	Hari	Kuat Tekan (Kg/cm ²)
1.	3	150
2.	7	200
3.	28	250

LAMPIRAN 3

Pengukuran pH air rendaman

1. Pengukuran pH akuades

Hari Sampel	3		7		28	
	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata
Blanko	9,37	9,36	11,12	11,14	11,91	11,88
	9,35		11,16		11,85	
AAT 2%	9,42	9,47	11,18	11,08	11,68	11,64
	9,51		10,98		11,60	
AAT 4%	9,38	9,47	11,12	11,13	11,55	11,57
	9,56		11,13		11,58	
AAT 6%	9,76	9,82	11,15	11,16	11,53	11,56
	9,88		11,17		11,58	

2. Pengukuran pH air laut

Hari Sampel	3		7		28	
	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata
Blanko	9,12	9,10	9,88	10,12	11,32	11,28
	9,08		10,36		11,23	
AAT 2%	9,03	9,03	10,17	10,07	11,20	11,20
	9,03		9,97		11,20	
AAT 4%	9,05	9,05	10,02	9,98	11,28	11,20
	9,05		9,94		11,11	
AAT 6%	9,06	9,06	9,93	9,84	11,19	11,23
	9,05		9,74		11,26	

LAMPIRAN 4

Total Dissolve Solid (TDS)

1. Pengukuran TDS akuades

Hari Sampel	3			7			28		
	Berat (g)	mg/L	Rata- rata	Berat (g)	mg/L	Rata- rata	Berat (g)	mg/L	Rata- rata
Blanko	0,0134	134	138	0,0148	148	143	0,0205	205	198
	0,0141	141		0,0137	137		0,0191	191	
AAT 2%	0,0164	164	168	0,0167	167	189	0,0223	223	249
	0,0171	171		0,0211	211		0,0275	275	
AAT 4%	0,0206	206	210	0,0211	211	211	0,0367	367	343
	0,0213	213		0,0211	211		0,0319	319	
AAT 6%	0,0224	224	226	0,0266	266	262	0,0379	379	355
	0,0228	228		0,0257	257		0,0331	331	

2. Pengukuran TDS Air Laut

Hari Sampel	3			7			28		
	Berat (g)	mg/L	Rata- rata	Berat (g)	mg/L	Rata- rata	Berat (g)	mg/L	Rata- rata
Blanko	0,8491	8491	8490	0,8828	8828	8277	0,7968	7968	7849
	0,8488	8488		0,7726	7726		0,7730	7730	
AAT 2%	0,8460	8460	8572	0,8084	8084	8405	0,8006	8006	7961
	0,8683	8683		0,8726	8726		0,7915	7915	
AAT 4%	0,8518	8518	8621	0,8218	8218	8536	0,7960	7960	7995
	0,8728	8728		0,8854	8854		0,8029	8029	
AAT 6%	0,8682	8682	8678	0,8392	8392	8623	0,8854	8854	8481
	0,8673	8673		0,8854	8854		0,8108	8108	

LAMPIRAN 5

Kesadahan Total

1. Pengukuran Kesadahan Total akuades

Hari Sampel	3			7			28		
	volume (mL)	mg/L	Rata- rata	volume (mL)	mg/L	Rata- rata	volume (mL)	mg/L	Rata- rata
Blanko	1,00	80	84	1,30	104	112	2,60	208	232
	1,10	88		1,50	120		3,20	256	
AAT 2%	1,10	88	96	1,70	136	132	3,50	280	268
	1,30	104		1,60	128		3,20	256	
AAT 4%	1,30	104	108	2,00	160	164	3,80	304	316
	1,40	112		2,10	168		4,10	328	
AAT 6%	1,50	120	128	2,60	208	200	4,60	368	360
	1,70	136		2,40	192		4,40	352	

2. Pengukuran Kesadahan total Air Laut

Hari Sampel	3			7			28		
	volume (mL)	mg/L	Rata- rata	volume (mL)	mg/L	Rata- rata	volume (mL)	mg/L	Rata- rata
Blanko	4,90	3920	3880	3,40	2720	2800	2,50	2000	1920
	4,80	3840		3,60	2880		2,30	1840	
AAT 2%	4,90	3920	3920	3,60	2880	2840	2,40	1920	1960
	4,90	3920		3,50	2800		2,50	2000	
AAT 4%	5,00	4000	4000	3,80	3040	3120	2,50	2000	2040
	5,00	4000		4,00	3200		2,60	2080	
AAT 6%	5,00	4000	4080	3,90	3120	3280	3,40	2720	2760
	5,20	4160		4,30	3440		3,50	2800	

LAMPIRAN 6

Uji Duncant

1. Perhitungan secara statistik Kuat tekan akuades

a. 3 hari

	A	B	C	D
1	180,74	177,07	157,49	146,88
2	179,93	180,34	159,94	154,63
\bar{x}	180,33	178,71	158,72	150,76

$$S^2 A = \frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{65041,7525 - (360,67)^2 / 2}{2-1} = 0,3285$$

$$S^2 B = \frac{63876,30 - (357,41)^2 / 2}{2-1} = 5,35$$

$$S^2 C = \frac{50383,90 - (317,43)^2 / 2}{2-1} = 3$$

$$S^2 D = \frac{45484,17 - (301,51)^2 / 2}{2-1} = 30,03$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum Si^2(ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,3285 \times 1) + (5,35 \times 1) + (3 \times 1) + (30,03 \times 1)}{1+1+1+1}} = 3,11$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	12,22	12,47	12,50

$$A - D = 180 - 151 = 29 > 12,50 = S$$

$$A - C = 180 - 159 = 21 > 12,47 = S$$

$$A - B = 180 - 179 = 1 < 12,22 = NS$$

$$B - D = 179 - 151 = 28 > 12,47 = S$$

$$B - C = 179 - 159 = 20 > 12,22 = S$$

$$C - D = 159 - 151 = 8 < 12,22 = NS$$

b. 7 hari

	A	B	C	D
1	255,82	243,58	208,90	207,67
2	253,37	244,39	208,08	206,86
\bar{x}	254,56	243,98	208,49	207,26

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{129640,2293 - (509,19)^2 / 2}{2-1} = 3$$

$$S^2 B = \frac{119057,6885 - (487,97)^2 / 2}{2-1} = 0,33$$

$$S^2 C = \frac{86936,4964 - (416,98)^2 / 2}{2-1} = 0,34$$

$$S^2 D = \frac{85917,8885 - (414,53)^2 / 2}{2-1} = 0,33$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(3 \times 1) + (0,33 \times 1) + (0,34 \times 1) + (0,33 \times 1)}{1+1+1+1}} = 1$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	3,93	4,01	4,02

$$A - D = 255 - 207 = 48 > 4,02 = S$$

$$A - C = 255 - 208 = 47 > 4,01 = S$$

$$A - B = 255 - 244 = 11 > 3,93 = S$$

$$B - D = 244 - 207 = 37 > 4,01 = S$$

$$B - C = 244 - 208 = 36 > 3,93 = S$$

$$C - D = 208 - 207 = 1 < 3,93 = NS$$

c. 28 hari

	A	B	C	D
1	348,43	333,74	301,51	279,48
2	340,27	325,58	289,27	285,19
\bar{x}	344,35	329,66	295,39	282,34

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{237187,1378 - (688,7)^2 / 2}{2-1} = 33,29$$

$$S^2 B = \frac{217384,724 - (659,32)^2 / 2}{2-1} = 33,29$$

$$S^2 C = \frac{174585,413 - (590,78)^2 / 2}{2-1} = 74,91$$

$$S^2 D = \frac{159442,4065 - (564,67)^2 / 2}{2-1} = 16,30$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (n_i - 1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(33,29 \times 1) + (33,29 \times 1) + (74,91 \times 1) + (16,30 \times 1)}{1+1+1+1}} = 6,28$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	24,68	25,18	25,25

$$A - D = 344 - 282 = 62 > 25,25 = S$$

$$A - C = 344 - 295 = 49 > 25,18 = S$$

$$A - B = 344 - 330 = 14 < 24,68 = NS$$

$$B - D = 330 - 282 = 48 > 25,18 = S$$

$$B - C = 330 - 295 = 35 > 24,68 = S$$

$$C - D = 295 - 282 = 13 < 24,68 = NS$$

2. Perhitungan secara statistik Kuat tekan air laut

a. 3 hari

	A	B	C	D
1	175,44	172,18	152,18	144,43
2	179,93	170,14	146,47	143,21
\bar{x}	177,68	171,16	149,32	143,82

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{63153,998 - (355,37)^2 / 2}{2-1} = 10,08$$

$$S^2 B = \frac{58593,572 - (342,32)^2 / 2}{2-1} = 2,08$$

$$S^2 C = \frac{44612,2133 - (298,65)^2 / 2}{2-1} = 16,30$$

$$S^2 D = \frac{41369,129 - (287,64)^2 / 2}{2-1} = 0,74$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (n_i - 1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(10,08 \times 1) + (2,08 \times 1) + (16,30 \times 1) + (0,74 \times 1)}{1+1+1+1}} = 2,7$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	10,61	10,83	10,85

$$A - D = 178 - 144 = 34 > 10,85 = S$$

$$A - C = 178 - 149 = 29 > 10,83 = S$$

$$A - B = 178 - 171 = 7 < 10,61 = NS$$

$$B - D = 171 - 144 = 27 > 10,83 = S$$

$$B - C = 171 - 149 = 22 > 10,61 = S$$

$$C - D = 149 - 144 = 5 < 10,61 = NS$$

b. 7 hari

	A	B	C	D
1	246,84	243,17	200,33	193,39
2	249,29	239,90	195,43	188,50
\bar{x}	248,06	241,53	197,88	190,94

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{123075,4897 - (497,13)^2 / 2}{2-1} = 3$$

$$S^2 B = \frac{116683,6589 - (483,07)^2 / 2}{2-1} = 5,35$$

$$S^2 C = \frac{78324,9938 - (395,76)^2 / 2}{2-1} = 12$$

$$S^2 D = \frac{72931,9421 - (381,89)^2 / 2}{2-1} = 11,96$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum Si^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(3 \times 1) + (5,35 \times 1) + (12 \times 1) + (11,96 \times 1)}{1+1+1+1}} = 2,84$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	11,16	11,39	11,42

$$A - D = 248 - 191 = 57 > 11,42 = S$$

$$A - C = 248 - 198 = 50 > 11,39 = S$$

$$A - B = 248 - 242 = 6 < 11,16 = NS$$

$$B - D = 242 - 191 = 51 > 11,39 = S$$

$$B - C = 242 - 198 = 48 > 11,16 = S$$

$$C - D = 198 - 191 = 7 < 11,16 = NS$$

c. 28 hari

	A	B	C	D
1	315,79	306,82	267,24	256,22
2	321,50	302,74	257,45	243,98
\bar{x}	318,64	304,78	262,34	250,1

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{203085,5741 - (637,29)^2 / 2}{2-1} = 16,30$$

$$S^2 B = \frac{185790,02 - (609,56)^2 / 2}{2-1} = 8,32$$

$$S^2 C = \frac{137697,7201 - (524,69)^2 / 2}{2-1} = 47,92$$

$$S^2 D = \frac{125174,9288 - (500,2)^2 / 2}{2-1} = 74,91$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum si^2(ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(16,30 \times 1) + (8,32 \times 1) + (47,92 \times 1) + (74,91 \times 1)}{1+1+1+1}} = 6,07$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	23,86	24,34	24,40

$$A - D = 319 - 250 = 69 > 24,40 = S$$

$$A - C = 319 - 262 = 57 > 24,34 = S$$

$$A - B = 319 - 305 = 14 < 23,86 = NS$$

$$B - D = 305 - 250 = 55 > 24,34 = S$$

$$B - C = 305 - 262 = 43 > 23,86 = S$$

$$C - D = 262 - 250 = 12 < 23,86 = NS$$

3. Perhitungan secara statistik pH akuades

a. 3 hari

	A	B	C	D
1	9,37	9,42	9,38	9,76
2	9,35	9,51	9,56	9,88
\bar{x}	9,36	9,47	9,47	9,82

$$S^2 A = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{175,2194 - (18,72)^2 / 2}{2-1} = 0,0002$$

$$S^2 B = \frac{179,1765 - (18,93)^2 / 2}{2-1} = 0,004$$

$$S^2 C = \frac{179,378 - (18,94)^2 / 2}{2-1} = 0,016$$

$$S^2 D = \frac{192,872 - (19,64)^2 / 2}{2-1} = 0,007$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (n_i - 1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,0002 \times 1) + (0,004 \times 1) + (0,016 \times 1) + (0,007 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,08$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,31	0,32	0,32

$$D-A = 9,82 - 9,36 = 0,46 > 0,32 = S$$

$$D-B = 9,82 - 9,47 = 0,35 > 0,32 = S$$

$$D-C = 9,82 - 9,47 = 0,35 > 0,31 = S$$

$$C-A = 9,47 - 9,36 = 0,11 < 0,32 = NS$$

$$C-B = 9,47 - 9,47 = 0 < 0,31 = NS$$

$$B-A = 9,47 - 9,36 = 0,11 < 0,31 = NS$$

b. 7 hari

	A	B	C	D
1	11,12	11,18	11,12	11,15
2	11,16	10,98	11,13	11,17
\bar{x}	11,14	11,08	11,13	11,16

$$S^2 A = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{248,2 - (22,28)^2 / 2}{2-1} = 0,0008$$

$$S^2 B = \frac{245,5528 - (22,16)^2 / 2}{2-1} = 0,02$$

$$S^2 C = \frac{247,5313 - (22,25)^2 / 2}{2-1} = 0,00005$$

$$S^2 D = \frac{249,0914 - (22,32)^2 / 2}{2-1} = 0,0002$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,0008 \times 1) + (0,02 \times 1) + (0,00005 \times 1) + (0,0002 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,073$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,29	0,29	0,29

$$D - A = 11,16 - 11,14 = 0,02 < 0,29 = \text{NS}$$

$$D - C = 11,16 - 11,13 = 0,03 < 0,29 = \text{NS}$$

$$D - B = 11,16 - 11,08 = 0,08 < 0,29 = \text{NS}$$

$$A - C = 11,14 - 11,13 = 0,01 < 0,29 = \text{NS}$$

$$A - B = 11,14 - 11,08 = 0,06 < 0,29 = \text{NS}$$

$$C - B = 11,13 - 11,08 = 0,05 < 0,29 = \text{NS}$$

c. 28 hari

	A	B	C	D
1	11,91	11,68	11,55	11,53
2	11,85	11,60	11,58	11,58
\bar{x}	11,88	11,64	11,57	11,56

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{282,2706 - (23,76)^2 / 2}{2-1} = 0,0018$$

$$S^2 B = \frac{270,9824 - (23,28)^2 / 2}{2-1} = 0,0032$$

$$S^2 C = \frac{267,4989 - (23,13)^2 / 2}{2-1} = 0,00045$$

$$S^2 D = \frac{267,0373 - (23,11)^2 / 2}{2-1} = 0,0012$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,0018 \times 1) + (0,0032 \times 1) + (0,00045 \times 1) + (0,0012 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,04$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,16	0,16	0,16

$$A - D = 11,88 - 11,56 = 0,32 > 0,16 = S$$

$$A - C = 11,88 - 11,57 = 0,31 > 0,16 = S$$

$$A - B = 11,88 - 11,64 = 0,24 > 0,16 = S$$

$$B - D = 11,64 - 11,56 = 0,08 < 0,16 = NS$$

$$B - C = 11,64 - 11,57 = 0,07 < 0,16 = NS$$

$$C - D = 11,57 - 11,56 = 0,01 < 0,16 = NS$$

4. Perhitungan secara statistik pH air laut

a. 3 hari

	A	B	C	D
1	9,12	9,03	9,05	9,06
2	9,08	9,03	9,05	9,05
\bar{x}	9,10	9,03	9,05	9,06

$$S^2 A = \frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{165,6208 - (18,2)^2 / 2}{2-1} = 0,0008$$

$$S^2 B = \frac{163,0818 - (18,06)^2 / 2}{2-1} = 0$$

$$S^2 C = \frac{163,805 - (18,1)^2 / 2}{2-1} = 0$$

$$S^2 D = \frac{163,9861 - (18,11)^2 / 2}{2-1} = 0,00005$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,0008 \times 1) + (0 \times 1) + (0 \times 1) + (0,00005 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,015$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,06	0,06	0,06

$$A - B = 9,10 - 9,03 = 0,07 > 0,06 = S$$

$$A - C = 9,10 - 9,05 = 0,05 < 0,06 = NS$$

$$A - D = 9,10 - 9,06 = 0,04 < 0,06 = NS$$

$$D - B = 9,06 - 9,03 = 0,03 < 0,06 = NS$$

$$D - C = 9,06 - 9,05 = 0,01 < 0,06 = NS$$

$$C - B = 9,05 - 9,03 = 0,02 < 0,06 = NS$$

b. 7 hari

	A	B	C	D
1	9,88	10,17	10,02	9,93
2	10,36	9,97	9,94	9,74
\bar{x}	10,12	10,07	9,98	9,84

$$S^2 A = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{204,944 - (20,24)^2 / 2}{2-1} = 0,1152$$

$$S^2 B = \frac{202,8298 - (20,14)^2 / 2}{2-1} = 0,02$$

$$S^2 C = \frac{199,204 - (19,96)^2 / 2}{2-1} = 0,0032$$

$$S^2 D = \frac{193,4725 - (19,67)^2 / 2}{2-1} = 0,01805$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,1152 \times 1) + (0,02 \times 1) + (0,0032 \times 1) + (0,01805 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,2$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,79	0,802	0,804

$$A - D = 10,12 - 9,84 = 0,28 < 0,804 = NS$$

$$A - C = 10,12 - 9,98 = 0,14 < 0,802 = NS$$

$$A - B = 10,12 - 10,07 = 0,05 < 0,79 = NS$$

$$B - D = 10,07 - 9,84 = 0,23 < 0,804 = NS$$

$$B - C = 10,07 - 9,98 = 0,09 < 0,79 = NS$$

$$C - D = 9,98 - 9,84 = 0,14 < 0,06 = NS$$

c. 28 hari

	A	B	C	D
1	11,32	11,20	11,28	11,19
2	11,23	11,20	11,11	11,26
\bar{x}	11,28	11,20	11,20	11,23

$$S^2 A = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1}$$

$$S^2 A = \frac{254,2553 - (22,55)^2 / 2}{2-1} = 0,004$$

$$S^2 B = \frac{250,88 - (22,4)^2 / 2}{2-1} = 0$$

$$S^2 C = \frac{250,6705 - (22,39)^2 / 2}{2-1} = 0,01445$$

$$S^2 D = \frac{252,0037 - (22,45)^2 / 2}{2-1} = 0,00245$$

$$SP = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 (ni-1)}{N-K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,004 \times 1) + (0 \times 1) + (0,01445 \times 1) + (0,00245 \times 1)}{1+1+1+1}} = 0,07$$

$$DB = N(K-1) = 4(2-1) = 4$$

Data $\alpha = 0,05$	2	3	4
SR	3,93	4,01	4,02
SP x SR	0,275	0,281	0,281

$$A - B = 11,28 - 11,20 = 0,08 < 0,281 = NS$$

$$A - C = 11,28 - 11,20 = 0,04 < 0,281 = NS$$

$$A - D = 11,28 - 11,23 = 0,05 < 0,275 = NS$$

$$D - B = 11,23 - 11,20 = 0,03 < 0,281 = NS$$

$$D - C = 11,23 - 11,20 = 0,03 < 0,275 = NS$$

$$B - C = 11,20 - 11,20 = 0 < 0,27 = NS$$

LAMPIRAN 7

Anova 2 variabel bebas

1. Kuat Tekan akuades

Hari Sampel	3 Hari	7 Hari	28 Hari	Total
0 %	180	255	344	779
2%	179	244	330	753
4%	159	208	295	662
6%	151	207	282	640
Total	669	914	1251	2834

a. Faktor koreksi (Fk)

$$Fk = \frac{(total)^2}{N} = \frac{(2834)^2}{12} = 669296,33$$

b. Jumlah kuadrat untuk analisa

$$\begin{aligned} Jk_{an} &= \frac{(669)^2}{4} + \frac{(914)^2}{4} + \frac{(1251)^2}{4} - Fk \\ &= 711989,5 - 669296,33 \\ &= 42693,17 \end{aligned}$$

c. Jumlah kuadrat untuk sampel

$$\begin{aligned} Jk_s &= \frac{(779)^2}{3} + \frac{(753)^2}{3} + \frac{(662)^2}{3} + \frac{(640)^2}{3} - Fk \\ &= 673898 - 669296,33 \\ &= 4601,67 \end{aligned}$$

d. Jumlah kuadrat total

$$\begin{aligned} Jk_T &= 180^2 + 179^2 + 159^2 + 151^2 + 255^2 + 244^2 + 208^2 + 207^2 + 344^2 + 330^2 + \\ &\quad 295^2 + 282^2 - Fk \\ &= 716982 - 669296,33 \\ &= 47685,67 \end{aligned}$$

e. Sisa

$$\begin{aligned} \text{Sisa} &= Jk_T - Jk_{an} - Jk_s \\ &= 47685,67 - 42693,17 - 4601,67 \\ &= 390,83 \end{aligned}$$

TABEL ANOVA

Sumber	Jk	dB	MS
Analisa	42693,17	2	21346,585
Sampel	4601,67	3	1533,89
Sisa	390,83	6	65,138
Total	47685,67	11	4335,061

f. Pengaruh analisa

$$F = \frac{21346,585}{65,138} = 327,71$$

g. Pengaruh sampel

$$F = \frac{1533,89}{65,138} = 23,55$$

Untuk analisa : $t_{0,05\ 2,6} = 5,14$

$F_h > F_t$: ada perbedaan yang signifikan

Untuk sampel : $t_{0,05\ 3,6} = 4,76$

$F_h > F_t$: ada perbedaan yang signifikan

2. Kuat Tekan Air laut

Hari Sampel	3 Hari	7 Hari	28 Hari	Total
0 %	178	248	319	745
2%	171	242	305	718
4%	149	198	262	609
6%	144	191	250	585
Total	642	879	1136	2657

a. Faktor koreksi (Fk)

$$F_k = \frac{(total)^2}{N} = \frac{(2657)^2}{12} = 588304,08$$

b. Jumlah kuadrat untuk analisa

$$\begin{aligned} Jk_{an} &= \frac{(642)^2}{4} + \frac{(879)^2}{4} + \frac{(1136)^2}{4} - F_k \\ &= 618825,25 - 588304,08 \\ &= 30521,17 \end{aligned}$$

c. Jumlah kuadrat untuk sampel

$$\begin{aligned} Jk_s &= \frac{(745)^2}{3} + \frac{(718)^2}{3} + \frac{(609)^2}{3} + \frac{(585)^2}{3} - F_k \\ &= 594551,67 - 588304,08 \\ &= 6247,59 \end{aligned}$$

d. Jumlah kuadrat total

$$\begin{aligned}J_{kT} &= 178^2 + 171^2 + 149^2 + 144^2 + 248^2 + 242^2 + 198^2 + 191^2 + 319^2 + 305^2 + \\&\quad 262^2 + 250^2 - F_k \\&= 625545 - 588304,08 \\&= 37240,92\end{aligned}$$

e. Sisa

$$\begin{aligned}Sisa &= J_{kT} - J_{kan} - J_{ks} \\&= 37240,92 - 30521,17 - 6247,59 \\&= 472,16\end{aligned}$$

TABEL ANOVA

Sumber	Jk	dB	MS
Analisa	30521,17	2	15260,58
Sampel	6247,59	3	2082,53
Sisa	472,16	6	78,69
Total	37240,92	11	3385,54

f. Pengaruh analisa

$$F = \frac{15260,58}{78,69} = 193,93$$

g. Pengaruh sampel

$$F = \frac{2082,53}{78,69} = 26,46$$

Untuk analisa : $t_{0,05/2,6} = 5,14$

$F_h > F_t$: ada perbedaan yang signifikan

Untuk sampel : $t_{0,05/3,6} = 4,76$

$F_h > F_t$: ada perbedaan yang signifikan.