



TUGAS AKHIR TK 145501

**PEMANFAATAN CANGKANG KERANG
(*ANADARA GRANDIS*) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN
UNTUK PEMBUATAN EKOSEMEN**

Noviani Arifin
NRP. 2312 030 052

Hudha Habshi
NRP. 2311 030 080

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, M.S.

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT TK 145501

**UTILIZATION OF SHELLFISH SHELLS
(*ANADARA GRANDIS*) AS ADDITIONAL MATERIAL
FOR MANUFACTURE OF ECO-CEMENT**

Noviani Arifin
NRP. 2312 030 052

Hudha Habshi
NRP. 2311 030 080

Lecturer
Ir. Agung Subyakto, M.S.

**DEPARTMENT DIPLOMA OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PEMANFAATAN CANGKANG KERANG
(ANADARA GRANDIS)
SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN
UNTUK PEMBUATAN EKOSEMEN**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subyakto, M.S.

NIP. 19580312 198601 1 001

Mengetahui,

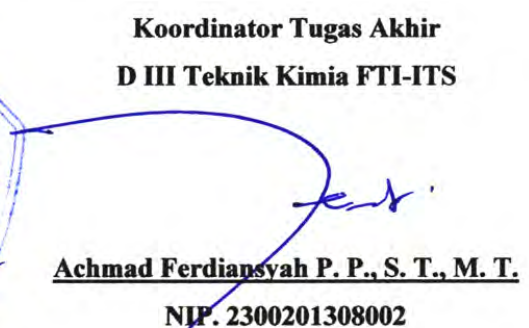
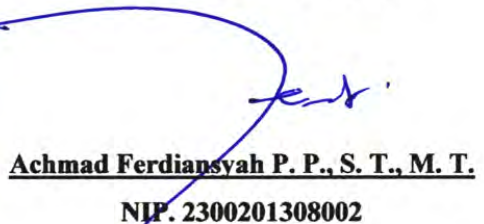
**Ketua Program Studi
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



Ir. Budi Setiawan, M.T.

NIP. 19540220 198701 1 001

**Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



Achmad Ferdiansyah P. P., S. T., M. T.

NIP. 2300201308002

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 17 Juni 2015, untuk tugas akhir dengan judul “**Pemanfaatan Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) Sebagai Bahan Tambahan untuk Pembuatan Ekosemen**”, yang disusun oleh :

Noviani Arifin
Hudha Habshi

(2312 030 052)
(2312 030 080)

Mengetahui/menyetujui
Dosen Penguji



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng
NIP. 19630805 198903 2 002




Nurlaili Humaidah, S. T., M. T.
NIP. 2300201308001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir

Dosen Pembimbing



Ahmad Ferdiansyah P. P., S. T., M. T.
NIP. 2300201308002



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

Pemanfaatan Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) Sebagai Bahan Tambahan untuk Pembuatan Ekosemen

Nama Mahasiswa : 1. Noviani Arifin 2312 030 052
2. Hudha Habshi 2312 030 080
Program Studi : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyakto, M.S.

ABSTRAK

*Ekosemen adalah salah satu jenis produk semen yang karena bahan bakunya menggunakan bahan berbasis limbah serta ramah lingkungan. Kurangnya pemanfaatan cangkang kerang serta telah adanya penelitian tentang ekosemen melatarbelakangi penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui cara mengurangi limbah Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*), agar mempunyai nilai tambah serta mengetahui berapa perbandingan campuran cangkang kerang dan batu kapur yang sesuai dari ekosemen yang dihasilkan menurut SNI 15-2049-2004 serta untuk mengetahui sifat fisika yang meliputi uji kuat tekan dan uji waktu pengikatan dari ekosemen yang telah dibuat.*

Prosedur untuk pembuatan ekosemen yaitu meliputi tahap persiapan, tahap pre-treatment bahan baku, tahap pembuatan ekosemen meliputi pencampuran bahan baku, pembakaran serta penggilingan, tahap analisa seperti uji kuat tekan dan uji waktu pengikatan.

Hasil pengujian ekosemen pada substitusi 0%, 20%, 40%, 60% dan 100% cangkang kerang, menunjukkan semakin banyak substitusi cangkang kerang maka nilai kuat tekan semakin menurun, tetapi mengalami peningkatan pada setiap pertambahan umur dan untuk waktu pengikatan semen semakin lama. Hasil terbaik terdapat pada variabel 0% cangkang kerang (blanko), dengan kandungan mineral utama C_3S 67,27%; C_2S 4,95%; C_3A 5,29% dan C_4AF 8,9%. Data pengujian menunjukkan hasil pada ekosemen dengan substitusi 20%, 40%, 60% dan 100% cangkang kerang tidak lebih baik dari blanko, hal ini menunjukkan bahwa substitusi cangkang kerang dalam pembuatan ekosemen kurang efektif.

Kata kunci : *Ekosemen, Cangkang Kerang, Semen Portland*

Utilization of Shellfish Shells (*Anadara Grandis*) As Additional Material for Manufacture of Eco-Cement

Name : 1. Noviani Arifin 2312 030 052
2. Hudha Habshi 2312 030 080
Department : Diploma of Chemical Engineering FTI-ITS
Lecturer : Ir. Agung Subyakto, M.S.

ABSTRACT

*Eco-cement is a type of cement products whose the raw materials using waste-based materials and environmentally friendly. Lack of use of shellfish shells and also there is a research about eco-cement, as the reason of this research. The purpose of this research are to understand how to reduce shellfish shells (*Anadara Grandis*) waste, in order to have added value and to understand how the comparison mix shellfish shells and limestone which suite of eco-cement which produced according to SNI 15-2049-2004 and to understand physical properties which covers compressive strength test and setting time test of eco-cement which produced.*

The eco-cement manufacturing procedure includes preparation stage, raw materials pre-treatment stage, manufacturing stage which covers materials mix, burning and milling, analyzing stage such as compressive strength test and setting time test.

Eco-cement test results in the substitution of 0%, 20%, 40%, 60% and 100% shellfish shells, showed more substitution of shellfish shells then the compressive strength decreased, but increased in every age and for the cement setting time is getting longer. The best results are on variable 0% shells (blank), with the main mineral content of C_3S 67,27%; C_2S 4,95%; C_3A 5,29% and C_4AF 8,9%. The test data show the results on eco-cement with substitution of 20%, 40%, 60% and 100% shellfish shells are not better than the blank, it indicates that the substitution of shellfish shells in the manufacture of eco-cement is less effective.

Keywords : *Eco-cement, Shellfish Shells, Portland Cement*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang menguasai alam semesta ini, sholawat serta salam kebaikan tak lupa selalu kami haturkan kepada junjungan kami Rasulullah Muhammad SAW. Tiada pertolongan kecuali atas limpahan rahmat dan nikmat Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) sebagai Bahan Tambahan untuk Pembuatan Ekosemen”. Tugas Akhir disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak yang merupakan pengalaman yang tidak dapat diukur secara materi, namun dapat membukakan mata penulis bahwa sesungguhnya pengalaman dan pengetahuan tersebut adalah guru yang terbaik bagi penulis, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan pertolongan-Nya
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa mencurahkan dukungan dan do'anya dalam setiap serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
3. Bapak Ir. Budi setiawan, MT, selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Bapak Ir. Imam Syafril, MT. selaku Koordinator Pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Dr. Niniek Fajar Puspita, M.Eng dan Ibu Nurlaili Humaidah, ST. MT selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. PT Semen Indonesia (Persero), Tbk atas kesempatan yang diberikan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini, terutama kepada Bapak Bagus Wisnu Aji, Bapak M. Toha Afifi, Bapak Heri Purnomo, Bapak Yudi, Bapak Mul, Bapak Tri Eddy Susanto, Mas Bangkit, Mas Rizky Taufik Akbar, Mas Zaenal dan Ibu Muyasaroh Effendi, selaku pembimbing di Gedung Pusat Penelitian Semen di Gresik dan Tuban.
9. Seluruh teman-teman di jurusan dari angkatan 2012 (Carbon12), angkatan 2013 (TNT13) dan angkatan 2014 (Nitro14) DIII Teknik Kimia yang telah memberikan motivasi, doa dan semangat.
10. Dan semua pihak yang telah membantu penyusun hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kami sangat membutuhkan saran dan kritik dari semua pihak untuk menyempurnakan laporan ini. Kami selaku penyusun memohon maaf kepada semua pihak.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-2
I.4 Tujuan Inovasi Produk	I-3
I.5 Manfaat Inovasi Produk	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Kerang Laut	II-1
II.2 Cangkang Kerang.....	II-2
II.3 Batu Kapur.....	II-3
II.4 Semen.....	II-6
II.4.1 Definisi dan Fungsi Semen	II-6
II.4.2 Komposisi Semen.....	II-6
II.4.3 Bahan Baku Semen	II-7
II.4.4 Jenis-jenis Semen	II-8
II.5 Semen <i>Portland</i>	II-10
II.5.1 Definisi Semen <i>Portland</i>	II-10
II.5.2 Proses Pembuatan Semen <i>Portland</i>	II-11
II.5.3 Sifat dan Karakteristik Semen <i>Portland</i>	II-12
II.5.4 Jenis dan Penggunaan Semen <i>Portland</i>	II-16
II.6 Ekosemen	II-12
II.7 Penelitian Terdahulu	II-13
II.8 Pengertian XRD dan XRF	II-21
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	

III.1 Tahap Pelaksanaan	III-1
III.2 Bahan yang Digunakan	III-1
III.3 Peralatan yang Digunakan	III-1
III.4 Variabel yang Dipilih	III-2
III.5 Prosedur Percobaan	III-2
III.5.1 Tahap Persiapan	III-2
III.5.2 Tahap Pre-treatment	III-2
III.5.3 Tahap Proses Pembuatan Produk	III-3
III.5.4 Prosedur Analisa	III-4
III.5.4.1 Pengujian Kuat Tekan	III-4
III.5.4.2 Pengujian Waktu Pengikatan.....	III-4
III.5.4.3 Pengujian Kehalusan.....	III-6
III.5.4.4 Tempat Pelaksanaan	III-7
III.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi	III-8
III.7 Diagram Blok Pembuatan Produk	III-9
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Percobaan	IV-1
IV.2 Pembahasan	IV-5
IV.2.1 Pengujian Densitas Ekosemen	IV-5
IV.2.2 Pengujian Kehalusan Ekosemen	IV-6
IV.2.3 Pengujian Kuat Tekan Ekosemen.....	IV-6
IV.2.4 Pengujian Waktu Pengikatan Ekosemen	IV-7
BAB V NERACA MASSA DAN PANAS	
V.1 Neraca Massa Pengeringan Tanah Liat.....	V-1
V.1.1 Neraca Massa Pengeringan Tanah Liat ...	V-1
V.1.2 Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di <i>Crusher</i>	V-1
V.1.3 Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di Herzog.....	V-2
V.1.4 Neraca Massa Pengeringan Cangkang Kerang.....	V-3
V.1.5 Neraca Massa Penghalusan Cangkang Kerang di <i>Crusher</i>	V-4
V.1.6 Neraca Massa Penghalusan Cangkang	

Kerang di Herzog.....	V-4
V.1.7 Neraca Massa Pengeringan Batu Kapur...	V-5
V.1.8 Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di <i>Crusher</i>	V-6
V.1.9 Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di Herzog.....	V-7
V.1.10 Neraca Massa Penghalusan Pasir Silika di Herzog.....	V-7
V.1.11 Neraca Massa Penghalusan Pasir Besi di Herzog.....	V-8
V.1.12 Neraca Massa <i>Mixer</i>	V-9
V.1.13 Neraca Massa Pengeringan Campuran Ekosemen.....	V-11
V.1.14 Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat Di <i>Crusher</i>	V-12
V.1.15 Neraca Massa Penghalusan Ekosemen...	V-15
V.2 Neraca Panas.....	V-17
V.2.1 Neraca Energi Pengeringan Tanah Liat....	V-17
V.2.2 Neraca Energi Pengeringan Cangkang Kerang.....	V-18
V.2.3 Neraca Energi Pengeringan Batu Kapur...	V-20
V.2.4 Neraca Energi Kalsinasi	V-21
BAB VI ANALISIS BIAYA	VI-1
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
VII.1 Kesimpulan	VII-1
VII.2 Saran	VII-1
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN :	
1. APPENDIKS A	
2. APPENDIKS B	
3. APPENDIKS C	
4. DOKUMENTASI PENELITIAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Oksida Dalam Cangkang Kerang.....	II-3
Tabel 2.2	Komposisi Mineral Dalam Cangkang Kerang	II-4
Tabel 2.3	Ekspor Kerang Anadara di Indonesia	II-4
Tabel 2.4	Statistik Batu Kapur di Indonesia.....	II-5
Tabel 2.5	Komponen Bahan Baku Pabrik Semen	II-8
Tabel 2.6	Karakteristik Senyawa Penyusun Semen <i>Portland</i>	II-14
Tabel 2.7	Syarat Kimia Utama	II-17
Tabel 2.8	Syarat Fisika Utama	II-18
Tabel 3.1	Kode Variasi Bahan	III-2
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Densitas Ekosemen	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kehalusan (<i>Blaine</i>) Ekosemen	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Ekosemen	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Ekosemen	IV-4
Tabel 4.5	Hasil Pengujian XRD Ekosemen.....	IV-5
Tabel 5.1	Neraca Massa Tanah Liat Pada Oven.....	V-1
Tabel 5.2	Neraca Massa Tanah Liat Pada <i>Crusher</i>	V-2
Tabel 5.3	Neraca Massa Tanah Liat Pada Herzog.....	V-2
Tabel 5.4	Neraca Massa Cangkang Kerang Pada Oven	V-3
Tabel 5.5	Neraca Massa Cangkang Kerang Pada <i>Crusher</i>	V-4
Tabel 5.6	Neraca Massa Cangkang Kerang Pada Herzog	V-5
Tabel 5.7	Neraca Massa Batu Kapur Pada Oven	V-5
Tabel 5.8	Neraca Massa Batu Kapur Pada <i>Crusher</i>	V-6
Tabel 5.9	Neraca Massa Batu Kapur Pada Herzog	V-7
Tabel 5.10	Neraca Massa Pasir Silika Pada Herzog.....	V-8
Tabel 5.11	Neraca Massa Pasir Besi Pada Herzog	V-8
Tabel 5.12	Neraca Massa Ekosemen Pada <i>Mixer</i>	V-9
Tabel 5.13	Neraca Massa Campuran Ekosemen Pada Oven.....	V-11

Tabel 5.14	Komponen Sebelum Kalsinasi.....	V-12
Tabel 5.15	Komposisi Umpan Masuk <i>Furnace</i>	V-12
Tabel 5.16	Komposisi Umpan Furnace Setelah Kalsinasi	V-14
Tabel 5.17	Neraca Massa Kalsinasi Pada <i>Furnace</i>	V-14
Tabel 5.18	Neraca Massa Ekosemen Pada <i>Ball Mill</i>	V-15
Tabel 6.1	Biaya Investasi Peralatan	VI-1
Tabel 6.2	Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi.....	VI-2
Tabel 6.3	Biaya Pendukung Utilitas	VI-2
Tabel 6.4	Biaya Pendukung Lainnya	VI-2
Tabel 6.5	Perhitungan Biaya Penjualan	VI-5

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cangkang Kerang <i>Anadara Grandis</i>	II-2
Gambar 2.2	Batu Kapur dari PT. Semen Indonesia (Tuban I)	II-5
Gambar 2.3	Alat XRD PT. Semen Indonesia (Gresik).....	II-21
Gambar 2.4	Alat XRF	II-22
Gambar 4.1	Hasil Pengujian Densitas Ekosemen	IV-1
Gambar 4.2	Hasil Pengujian Kehalusan (<i>Blaine</i>) Ekosemen.....	IV-2
Gambar 4.3	Hasil Uji Kuat Tekan Ekosemen	IV-3
Gambar 4.4	Hasil Uji Waktu Pengikatan Ekosemen.....	IV-4
Gambar 6.1	Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP)	VI-6

DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1.	ρ	Densitas	gr/cm^3
2.	T	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$; $^{\circ}\text{F}$
3.	ΔT	Perubahan temperature	$^{\circ}\text{C}$; $^{\circ}\text{F}$
4.	T ref	Temperatur referensi (25°C)	$^{\circ}\text{C}$
5.	-	Massa	Kg
6.	H	Entalpi	Kkal; kal
7.	Q	Panas	Kkal; kal
8.	Cp	Kapasitas panas	$\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$
9.	-	Kuat Tekan	Kg/cm^2

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Perencanaan pembangunan gedung, jembatan, jalan raya, landasan udara dan rumah-rumah untuk masyarakat tentu telah menjadi agenda tahunan bagi pemerintah maupun pihak swasta. Tingginya pembangunan properti dan infrastruktur dalam negeri oleh pemerintah maupun pihak swasta membuat konsumsi semen semakin meningkat.

Data yang dimiliki oleh Asosiasi Semen Indonesia (ASI) selama periode semester 1 tahun 2012 dari bulan Januari-Mei, konsumsi semen dalam negeri Indonesia yaitu sebesar 21,52 juta ton sedangkan pada periode yang sama pada tahun 2011 konsumsi semen yaitu 18,91 juta ton. Jika dibandingkan pada periode yang sama dengan tahun yang berbeda, konsumsi semen Indonesia naik sebesar 13,8% (*Kemenperin, 2012*).

Asosiasi Semen Indonesia (ASI) juga menyatakan bahwa penjualan semen dalam negeri dari tahun 2010 adalah 40,78 juta ton sedangkan di tahun 2011 mencapai 48.000.345 ton, penjualan naik sekitar 17,7%. Untuk memenuhi permintaan semen dalam negeri, produsen semen mengambil cara untuk mengimpor semen dan klinker yang berasal dari Vietnam dan Malaysia. Pada tahun 2010 impor klinker sebesar 699 ribu ton dan di tahun 2011 impor klinker mencapai angka 848 ribu ton. Impor semen pada tahun 2011 mencapai 1 juta ton (*Tim Redaksi 'Dunia Industri', 2012*).

Kerang laut merupakan salah satu hasil komoditi laut yang menjadi favorit. Sebagian besar pemanfaatan kerang laut terbatas pada daging kerang yang memang untuk dikonsumsi. Pemanfaatan kulit kerang selama ini hanya pada penggunaannya sebagai hasil kerajinan dan pakan ternak yang serapannya masih sedikit. Padahal kulit kerang mengandung senyawa kapur CaO yang persentasenya adalah sekitar 66,70% yang merupakan salah satu bahan baku pembuatan semen (*Syafpoetri, 2012*).



Ekosemen merupakan salah satu solusi alternatif yang dapat dipilih dalam penggunaan pengganti alternatif semen pada perancangan konstruksi bangunan. Penelitian tentang ekosemen sendiri dilakukan pada tahun 1992. Diawali oleh beberapa ilmuwan Jepang yang melakukan penelitian didanai oleh Pemerintah Jepang yang dibantu oleh tiga perusahaan swasta yang bergerak pada produksi semen. Sebagai ketua proyek ditunjuk Chichibu Onoda Cement (sekarang Taiheiyo Cement) (*T. Shimoda, 1999*).

Cangkang kerang yang memiliki senyawa penyusun utama yaitu CaO dianggap mampu menggantikan peran batu kapur pada pembuatan ekosemen. Penelitian tugas akhir ini akan menggunakan cangkang kerang sebagai bahan tambahan pembuat ekosemen.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang didapat suatu rumusan permasalahan yang harus diselesaikan yaitu:

1. Bagaimana cara mengurangi limbah Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*), agar mempunyai nilai tambah?
2. Berapa perbandingan campuran cangkang kerang dan batu kapur yang sesuai dari ekosemen yang dihasilkan menurut SNI 15-2049-2004?
3. Bagaimana sifat fisika yang meliputi uji kuat tekan dan uji lama waktu pengikatan dari ekosemen yang telah dibuat?

I.3. Batasan Masalah

Untuk mengatasi meluasnya penelitian dalam tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yaitu:

1. Jenis kerang yang akan dimanfaatkan cangkangnya pada penelitian tugas akhir ini adalah *Anadara Grandis*.
2. Variasi penambahan Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) sebagai bahan pengganti batu kapur, sedangkan



untuk bahan pembantu lainnya tetap sesuai dengan komposisi Semen *Portland*.

3. Standar yang digunakan pada pengujian secara fisika dari ekosemen adalah SNI 15-2049-2004 untuk Semen *Portland*.

I.4. Tujuan Inovasi Produk

Tujuan pembuatan ekosemen dari Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara mengurangi limbah Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*), agar mempunyai nilai tambah.
2. Mengetahui berapa perbandingan campuran cangkang kerang dan batu kapur yang sesuai dari ekosemen yang dihasilkan menurut SNI 15-2049-2004.
3. Mengetahui sifat fisika yang meliputi uji kuat tekan dan uji lama waktu pengikatan dari ekosemen yang telah dibuat.

I.5. Manfaat Inovasi Produk

Manfaat pembuatan ekosemen dari Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*) adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah cangkang kerang untuk diolah menjadi ekosemen, sehingga mempunyai nilai tambah.
2. Mengurangi penggunaan bahan baku *non-renewable* dengan bahan *renewable* yang memiliki komposisi yang sama.
3. Memberikan alternatif pilihan bagi masyarakat dengan semen yang ramah lingkungan.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Kerang Laut

Pengertian kerang bersifat umum dan tidak memiliki arti secara biologi namun penggunaannya luas dan dipakai dalam kegiatan ekonomi.

1. Dalam pengertian paling luas, kerang berarti semua moluska dengan sepasang cangkang. Dengan pengertian ini, lebih tepat orang menyebutnya kerang – kerangan dan sepadan dengan arti *clam* yang dipakai di Amerika. Contoh pemakaian seperti ini dapat dilihat pada istilah “kerajinan dari kerang”.
2. Kata kerang dapat pula berarti semua kerang-kerangan yang hidupnya menempel pada suatu obyek. Ke dalamnya termasuk jenis-jenis yang dapat dimakan, seperti kerang darah dan kerang hijau (*kupang awung*), namun tidak termasuk jenis-jenis yang dapat dimakan tetapi menggeletak di pasir atau dasar perairan, seperti lokan dan remis.
3. Kerang juga dipakai untuk menyebut berbagai kerang-kerangan yang bercangkang tebal, berkapur, dengan pola radial pada cangkang yang tegas. Dalam pengertian ini, kerang hijau tidak termasuk di dalamnya dan lebih tepat disebut kupang. Pengertian yang paling mendekati dalam bahasa Inggris adalah *cockle*.
4. Dalam pengertian yang paling sempit, yang dimaksud sebagai kerang adalah kerang darah (*Anadara granosa*), sejenis kerang budidaya yang umum dijumpai di wilayah Indo-Pasifik dan banayak dijual di warung atau rumah makan yang menjual hasil laut.

Semua kerang-kerangan memiliki sepasang cangkang (disebut juga cangkok atau katup) yang biasanya simetri cermin yang terhubung dengan suatu ligamen (jaringan ikat). Pada kebanyakan kerang terdapat dua otot adduktor yang mengatur buka-tutupnya cangkang. Kerang tidak memiliki kepala (juga



otak) dan hanya simping yang memiliki mata. Organ yang dimiliki adalah ginjal, jantung, mulut, dan anus. Kerang dapat bergerak dengan "kaki" berupa semacam organ pipih yang dikeluarkan dari cangkang sewaktu-waktu atau dengan membuka-tutup cangkang secara mengejut. Sistem sirkulasinya terbuka, berarti tidak memiliki pembuluh darah. Pasokan oksigen berasal dari darah yang sangat cair yang kaya nutrisi dan oksigen yang menyelubungi organ-organnya. Makanan kerang adalah plankton, dengan cara menyaring. Kerang sendiri merupakan mangsa bagi cumi-cumi dan hiu. Semua kerang adalah jantan ketika muda. Beberapa akan menjadi betina seiring dengan kedewasaan. Kerang memiliki gonad, kelenjar genital yang memproduksi sperma atau sel telur tergantung pada jenis kelamin kerang. Fertilisasi telur terjadi secara eksternal di mana sperma dan sel telur akan bertemu di dalam air. Telur yang terbuahi berkembang menjadi larva yang disebut trochophore, yang nantinya akan berenang mengikuti arus dan menempel di suatu tempat sebelum mulai membentuk cangkang (*Wikipedia, 2012*).

II.2. Cangkang Kerang



Gambar 2.1 Cangkang Kerang *Anadara Grandis*



Dari penjelasan umum di atas cangkang kerang laut memiliki tempurung yang tebal dan berkapur sehingga dapat digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beton. Kerang laut merupakan binatang laut kelompok *shellfish* (bertempurung) yang mempunyai nilai gizi yang tinggi, lezat, gurih dan banyak digemari masyarakat. Kerang laut adalah nama sekumpulan mollusca dwicangkang dari family *cardiidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama di budidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Teknik budidayanya mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal besar dan dapat dipanen setelah berumur 6-7 bulan. Hasil panen per hektar per tahun dapat mencapai 200-300 ton kerang utuh atau sekitar 60-100 ton daging kerang (*Porsepwardi, 1998 dalam Shinto Marito Siregar, 2009*).

Serbuk kulit kerang merupakan serbuk yang dihasilkan dari pembakaran kulit kerang yang dihaluskan, serbuk ini dapat digunakan sebagai bahan campuran atau tambahan pada pembuatan beton (*Siregar, 2009*).

Cangkang kerang laut mengandung kapur, silikat dan alumina. Adapun komposisi kimia yang terkandung dalam cangkang kerang sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi kandungan oksida dalam cangkang kerang

Komponen	Kandungan (% berat)
CaO	68,08
SiO ₂	1,13
Al ₂ O ₃	0,44
Fe ₂ O ₃	0,28
MgO	0,16
K ₂ O	0,01
Na ₂ O	0,87
SO ₃	0,10
Cl	0,12

Sumber : Hasil Uji XRF di PT Semen Indonesia, Tuban

**Tabel 2.2** Komposisi kandungan mineral dalam cangkang kerang

No	Kristal/Mineral	Formula	Sat	Cangkang Kerang
1	Aragonite	CaCO ₃	%	92,8
2	Calcite	CaCO ₃	%	5,8
3	Quartz	SiO ₂	%	1,3
4	Magnesite	MgCO ₃	%	0,1
5	R_wp	-	%	8,4

R_wp: Residual Weighted Pattern

Sumber : Hasil Uji XRD di Semen Indonesia, Gresik

Tabel 2.3 Ekspor kerang Anadara di Indonesia

Jenis Produk	2004		2005		2006		2007	
	Volume (ton)	Nilai (US\$)	Volume (ton)	Nilai (US\$)	Volume (ton)	Nilai (US\$)	Volume (ton)	Nilai (US\$)
Anadara Hidup	868	1391	525	1073	221	515	259	1,031
Anadara segar dingin	1143	736	-	-	701	170	21,4	57
Anadara beku	514	695	783	1289	356	745	973	2013
Anadara kering asin	-	-	1389	583	777	478	127	323
Jumlah	2525	2822	2697	2945	1461	1908	1380	3424

Sumber: Data BPS yang diolah ditampilkan dalam warta pasar ikan, (Dirjen Pengolahan Pemasaran Hasil Perikanan, 2008)



II.3. Batu Kapur



Gambar 2.2 Batu Kapur dari PT. Semen Indonesia (Tuban I)

Batu kapur (bahasa Inggris: *limestone*) (CaCO_3) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral calcite (kalsium carbonate). Sumber utama dari *calcite* ini adalah organisme laut (*wikipedia.org*).

Berdasarkan data *Central Bureau of Statistic* mengenai produksi, konsumsi, ekspor dan impor dapat terlihat di **Tabel 2.5** sebagai berikut:

Tabel 2.4 Produksi, konsumsi, ekspor, impor Batu Kapur

	2002	2003
Produksi (ton)	45.101.040,14	53.745,686,43
Konsumsi (ton)	4.869.821,14	5.777.408,53
Ekspor (ton)	1.274.590,00	1.528.852,80
Impor (ton)	41.505.809,00	49.497.130,70

Sumber: *Central Bureau of Statistic*



II.4. Semen

II.4.1. Definisi dan Fungsi Semen

Semen merupakan bahan campuran secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004).

II.4.2. Komposisi Semen

Semen tersusun dari empat oksida utama (*major oxide*) yaitu oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida besi (Fe_2O_3), dan oksida alumina (Al_2O_3). Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 90 % dari berat semen sedangkan 10 % sisanya adalah "*minor oxide*" (Austin, 1996).

Keempat bahan yang mengandung keempat oksida tersebut dibakar dengan perbandingan tertentu. Pembakaran ini akan menghasilkan senyawa penyusun semen yaitu:

➤ Trikalsium Silikat (C_3S)

C_3S terbentuk pada suhu diatas 1250°C dan mempunyai sifat :

- Mempercepat pengerasan semen.
- Mempengaruhi pengikatan kekuatan awal, terutama memberi kekuatan awal sebelum 28 hari.
- Menimbulkan panas hidrasi 500 joule/gram
- Kandungan C_3S pada semen *Portland* antara 35-55 %

➤ Dikalsium Silikat (C_2S)

C_2S terbentuk pada suhu $800-900^\circ\text{C}$ dan mempunyai sifat:

- Panas hidrasi berlangsung lambat
- Memberi kekuatan penyokong selama 1 hari



- Panas yang dilepas selama proses hidrasi 250 joule/gram
 - Kandungan C_2S pada semen *Portland* antara 15-35 %
 - Trikalsium Aluminat (C_3A)
 C_3A terbentuk pada suhu 900-1100 °C
 - Panas hidrasi 850 joule/gram
 - Memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen
 - Kandungan C_3A pada semen *Portland* antara 7-15 %
 - Tetrakalsium Aluminat Ferrite (C_4AF)
 C_4AF terbentuk pada suhu 900-1200 °C dan mempunyai sifat:
 - Kurang berpengaruh pada kekuatan semen
 - Panas hidrasi 420 joule/gram
 - Memberikan pengaruh pada warna semen
 - Kandungan C_4AF pada semen *Portland* antara 5-10 %
- Keempat senyawa ini berpengaruh terhadap sifat-sifat semen *Portland*. Secara umum, semen *Portland* mempunyai komposisi dasi keempat senyawa tersebut sebagai berikut:
- C_3S dan C_2S 75 % : Memberikan sifat semen dalam hal kekuatan semen.
 - C_4AF dan C_3A 25 % : Memberikan sedikit pengaruh terhadap sifat semen. Untuk C_4AF memberikan pengaruh terhadap warna semen, sedangkan C_3A memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen (*Austin, 1996*).

II.4.3. Bahan Baku Semen

Bahan baku utama untuk pembuatan semen adalah batu kapur dan tanah liat, dengan ditambahkan bahan baku koreksi seperti batu kapur koreksi, *cooper slag*, dan pasir silika, juga ditambahkan bahan tambahan seperti *gypsum*, *fly ash*, *trass*, *dust*, dan dolomit sesuai dengan jenis semen yang akan dihasilkan.

Berdasarkan proses yang digunakan oleh Pabrik Semen PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, di Tuban, komposisi bahan baku yang digunakan sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Komponen Bahan Baku Pabrik Semen

Jenis Bahan	Prosentase (%)
Batu Kapur (CaO)	±80
Tanah liat	±15
Pasir Silikat (SiO ₂)	±4
Pasir Besi (Fe ₂ O ₃)	±1
Gypsum (CaSO ₄)	±2-5

Sumber: PT Semen Indonesia (Persero), Tbk

II.4.4. Jenis-jenis Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1) Semen non-hidrolik

Semen non-hidrolik adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

2) Semen hidrolik

Semen hidrolik adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen *Portland*, semen *Portland*-pozollan, semen *Portland* terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif.

Adapun yang termasuk sebagai semen hidrolik, adalah sebagai berikut:

a. Semen Pozollan

Semen pozollan adalah bahan ikat yang mengandung silika amorf, yang apabila dicampur dengan kapur akan membentuk benda padat yang keras. Bahan yang mengandung pozollan adalah teras, semen merah, abu terbang, dan bubukan terak tanur tinggi (SK.SNI T-15-1990-03:2).



b. Semen Terak

Semen terak adalah semen hidrolik yang sebagian besar terdiri dari suatu campuran seragam serta kuat dari terak tanur tinggi dan kapur tohor. Sekitar 60% beratnya berasal terak tanur tinggi. Campuran ini biasanya tidak dibakar.

c. Semen Alam

Semen alam dihasilkan melalui pembakaran batu kapur yang mengandung lempung pada suhu lebih rendah dari suhu pengerasan. Hasil pembakaran kemudian digiling menjadi serbuk halus. Kadar silica, alumina dan oksida besi pada serbuk cukup untuk membuatnya bergabung dengan kalsium oksida sehingga membentuk senyawa kalsium silikat dan aluminat yang dapat dianggap mempunyai sifat hidrolik.

d. Semen *Portland*

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

e. Semen *Portland* Pozollan

Semen *Portland* pozollan adalah campuran semen *Portland* dan bahan-bahan yang bersifat pozollan seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU. Semen jenis ini biasanya digunakan untuk beton yang diekspos terhadap sulfat. Menurut (SK.SNI T-15-1990-03:2), semen *Portland*-pozollan dihasilkan dengan mencampurkan bahan semen *Portland* dan pozollan (15-40% dari berat total campuran), dengan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozollan minimum 70% (SK.SNI T-1991-03:2).

f. Semen Putih

Semen putih adalah semen *Portland* yang kadar oksida besinya rendah, kurang dari 0,5%. Bahan baku yang



digunakan harus kapur murni, lempung putih yang tidak mengandung oksida besi dan pasir silika. Semen putih digunakan untuk membuat siar ubin/keramik dan benda yang lebih banyak nilai seninya, tetapi biasanya tidak digunakan untuk bangunan struktur. Semen putih telah diproduksi secara massal di pabrik.

g. Semen Alumina

Semen alumina dihasilkan melalui pembakaran batu kapur dan bauksit yang telah digiling halus pada temperature 1600°C. Hasil pembakaran tersebut berbentuk klinker dan selanjutnya dihaluskan hingga menyerupai bubuk. Jadilah semen alumina yang berwarna abu-abu (*Mulyono, 2004*).

II.5. Semen Portland

II.5.1. Definisi Semen Portland

Semen *Portland* atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolisis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolisis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan.

Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida besi, dan oksida-oksida lain (*Samekto, 2001*).

II.5.2. Proses Pembuatan Semen Portland

Secara ringkas, proses pembuatan semen *Portland* dapat dijelaskan sebagai berikut (*Nawy, 1985:9*).

1. Bahan baku yang berasal dari tambang (*quarry*) berupa campuran CaO , SiO_2 , dan Al_2O_3 digiling (*blended*) bersama-sama beberapa bahan tambahan lainnya, baik dalam proses basah maupun dalam proses kering.
2. Hasil campuran tersebut dituangkan ke ujung atas *kiln* yang diletakkan agak miring.
3. Selama *rotary kiln* berputar dan dipanaskan, bahan tersebut mengalir dengan lambat dari ujung atas ke ujung bawah.



4. Temperatur dalam *ciln* dinaikkan secara perlahan hingga mencapai temperatur klinker (*clincer temperature*) dimana difusi awal terjadi. Temperatur ini dipertahankansampai campuran membentuk butiran semen *portland* pada suhu 1400°C (2700°F). Butiran yang dihasilkan disebut sebagai klinker (*clincer*) dan memiliki diameter antara 1,5-50 mm.
5. Klinker tersebut kemudian didinginkan dalam *clincer storage* dan selanjutnya dihancurkan menjadi butiran-butiran yang halus.
6. Bahan tambahan, yakni sedikit gypsum (sekitar 1% - 5%) ditambahkan untuk mengontrol waktu ikat semen, yakni waktu pengerasan semen di lapangan.
7. Hasil yang diperoleh kemudian disimpan dalam sebuah *cement silo* untuk penggunaan yang kecil, yakni kebutuhan masyarakat. Pengolahan selanjutnya adalah pengepakan dalam *packing plant*. Untuk kebutuhan pekerjaan besar, pendistribusian semen dapat dilakukan menggunakan *capsule truck*.

II.5.3. Sifat dan Karakteristik Semen *Portland*

Sifat-sifat semen *portland* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Penjelasan mengenai sifat fisika dan kimia dari Semen *Portland* adalah sebagai berikut:

1. Sifat Fisika Semen *Portland*

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, kepadatan, waktu pengikatan, kuat tekan, panas hidrasi, dan kekekalan. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing sifat.

a) Kehalusan Butir

Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM, butir semen yang lewat ayakan No.200 (200 mesh) harus lebih



dari 78%. Untuk mengukur kehalusan butir semen digunakan “*Turbidimeter*” dari Wagner atau “*Air Permeability*” dari Blaine.

b) *Kepadatan (density)*

Berat jenis semen disyaratkan oleh ASTM adalah $3,15 \text{ Mg/m}^3$. Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara $3,05 \text{ Mg/m}^3$ sampai $3,25 \text{ Mg/m}^3$. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian berat jenis dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C-188.

c) *Waktu Pengikatan*

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan mejadi dua: 1) waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan, 2) waktu ikat terakhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

d) *Kuat Tekan*

Kekuatan tekan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi kubus-kubus berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$. Setelah berumur 3,7,14 dan 28 hari dan mengalami perawatan dengan perendaman benda uji tersebut diuji kekuatan tekannya.

e) *Panas Hidrasi*

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain



bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Pada beberapa struktur beton mutu tinggi, retakan ini tidak diinginkan.

f) Kekekalan

Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidakkekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesia yang terdapat dalam campuran tersebut. Kapur bebas itu mengikat air dan menimbulkan gaya-gaya ekspansi. Alat uji untuk menentukan nilai kekekalan semen *portland* adalah “*Autoclave Expansion of Portland Cement*” cara ASTM C-151, atau cara Inggris, BS, “*Expansion by Le Chatellier*”.

(Mulyono, 2004).

2. Sifat dan Karakteristik Kimia Semen *Portland*

A. Senyawa Kimia

Ada beberapa senyawa kimia yang terkandung dalam semen *portland*, menurut SNI 15-2049-2004 senyawa kimia meliputi: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , hilang pijar, bagian tak larut, dan lain-lain

Didalam semen *portland* terdapat empat macam senyawa semen yang utama dan penting dari pembentukan semen selama dalam proses, dimana jumlah masing-masing senyawa seperti tercantum pada **Tabel 2.6**, sebagai berikut:

**Tabel 2.6** Karakteristik Senyawa Penyusun Semen *Portland*

Mineral- Mineral Klinker	Rumus Kimia	Rumus Singkatan	Kadar Rata-Rata (%)
Trikalsium Silikat	$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	37-60
Dikalsium Silikat	$2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15-37
Trikalsium aluminat	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7-15
Tetra kalsium Alumina Ferit	$4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10-20
Kapur bebas	CaO	-	≤ 1
Batu tahu gips	CaCO_4	-	≤ 3

Sumber: Samekto, W. (2001). Teknologi Beton

Dari keempat semen tersebut, C_3S dan C_2S adalah senyawa yang dapat mengakibatkan bahan bersifat semen (perekat). Kedua senyawa inilah yang menjadi tujuan dalam pembuatan semen *portland*. Dua senyawa lainnya merupakan senyawa bawaan dari bahan dasarnya dan tidak mempunyai sifat semen sama sekali. Saat bahan-bahan semen dibakar, dua senyawa bawaan itu berfungsi sebagai bahan pencair (*flux*), sehingga pembentukan C_3S dan C_2S cukup dengan suhu antara $1300^\circ\text{C} - 1400^\circ\text{C}$. Jumlah senyawa C_3S dan C_2S dalam semen rata-rata mencapai 70%-80% (Samekto, 2001).

Semen *Portland* dengan kadar C_3S yang lebih tinggi daripada kadar C_2S pada umumnya mempunyai sifat mengeras lebih cepat dibandingkan dengan semen yang kadar C_2S nya lebih tinggi daripada C_2S . Semen *Portland* mengeras cepat (*rapid hardening cement portland*) memiliki kadar C_3S sedemikian tinggi hingga 60% (Samekto, 2001).

Senyawa C_3A tidak memiliki sifat semen. Jika senyawa ini terkena air segera bereaksi dan mengeluarkan panas, kemudian



hancur. Jika didalam semen terdapat senyawa C_3A lebih dari 18%, maka semen tidak memiliki sifat kekal bentuk (karena mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasan. Disamping itu kadar C_3A ini dapat dipengaruhi oleh senyawa-senyawa sulfat, di mana dengan senyawa ini C_3A akan bersenyawa dan mengembang. Oleh karena itu, benda-benda yang terbuat dari semen *portland* yang terkena sulfat (misalnya air rawa atau air laut) harus memiliki kadar C_3A serendah mungkin dalam semen yang dipakai. Semen *portland* agak tahan sulfat umumnya kadar C_3A nya di syatkan (ASTM) maksimum 8% (Samekto, 2001). Untuk memperendah kadar C_3A dalam semen *portland* biasanya ditambahkan bijih besi dalam pembuatannya, sehingga kadar besinya menjadi tinggi dan senyawa C_4AF menjadi tinggi pula. Senyawa ini tidak mempunyai pengaruh yang membahayakan terhadap semen, hanya jika jumlahnya terlalu banyak dapat memperlambat pengerasan semen. Semen dengan kadar besi tinggi atau kadar C_4AF tinggi, umumnya berwarna tua (Samekto, 2001).

B. Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut dan yang paling utama adalah komposisi syarat yang diberikan.

a. Kesegaran Semen

Pengujian kehilangan berat akibat pembakaran (*loss of ignition*) dilakukan pada semen dengan suhu $900-1000^{\circ}C$. Kehilangan berat dari semen ini merupakan ukuran dari kesegaran semen. Kehilangan berat terjadi dikarenakan kelembaban yang menyebabkan pre-hidrasi dan karbonisasi dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap (Mulyono, 2004).

b. Sisa yang Tak Larut

Sisa bahan yang tak habis bereaksi adalah sisa bahan tak aktif yang terdapat pada semen. Semakin sedikit sisa bahan ini, semakin baik kualitas semen (Mulyono, 2004).



3. Jenis dan Penggunaan Semen *Portland*

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen *portland* dapat diklasifikasikan dalam lima jenis, sebagai berikut :

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
Contoh : gedung, jembatan, jalan raya, rumah pemukiman.
2. Jenis II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
Contoh : bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
Contoh : bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, dam-dam.
4. Jenis IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
Contoh : jembatan jalan beton, bangunan dalam air, bangunan bertingkat.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.
Contoh : instalansi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, pelabuhan, terowongan.

4. Syarat Mutu Semen *Portland*

Semen *portland* yang digunakan untuk konstruksi sipil harus memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004 telah dijelaskan mengenai syarat mutu semen *portland*.

Persyaratan kimia semen *portland* harus memenuhi standar persyaratan yang sesuai seperti **Tabel 2.6** sebagai berikut:



Tabel 2.6 Syarat Kimia Utama

No	Uraian	Jenis semen <i>portland</i>				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20,0 _{b,c)}	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0 _{b,c)}	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO ₃ , maksimum Jika C ₃ A ≤ 8,0 Jika C ₃ A ≥ 8,0	3,0 3,5	3,0 ^{d)}	3,5 4,5	2,3 ^{d)}	2,3 ^{d)}
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C ₃ S, maksimum ^{a)}	-	-	-	35 ^{b)}	-
9	C ₂ S, minimum ^{a)}	-	-	-	40 ^{b)}	-
10	C ₃ A, maksimum ^{a)}	-	8,0	15	7 ^{b)}	5 ^{b)}
11	C ₄ AF + 2 C ₃ A atau ^{a)} C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	25 ^{c)}
CATATAN: Untuk keterangan a); b); c); d); dapat dilihat sesuai dengan SNI 15-2049-2004 halaman 3						

**Tabel 2.7** Syarat Fisika Utama

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan: Uji permeabilitas udara, m^2/kg Dengan alat: Turbidimeter, min Blaine, min	160 280	160 280	160 280	160 280	160 280
2	Kekekalan: Pemuaian dengan autoclave, maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat tekan: Umur 1 hari, kg/cm^2 , minimum Umur 3 hari, kg/cm^2 , minimum Umur 7 hari, kg/cm^2 , minimum Umur 28 hari, kg/cm^2 , minimum	- 125 200 280	- 100 175 120 ^{a)}	120 240 - -	- - 70 70	- 80 150 210
4	Waktu pengikatan (metode alternatif) Dengan alat: Gillmore -awal, menit, minimal -akhir, menit, maksimum Vicat -awal, menit, minimal -akhir, menit, maksimum	60 600 45 375	60 600 45 375	60 600 45 375	60 600 45 375	60 600 45 375
CATATAN: Untuk keterangan ^{a)} dapat dilihat sesuai dengan SNI 15-2049-2004 halaman 4						



II.6. Ekosemen

Hasil samping industri-industri telah banyak digunakan sebagai *raw material* sebagai slag yang mengandung CaCO_3 memiliki kandungan yang hampir sama dengan silika dan alumina, *fly ash* dari bagian utilitas-boiler yang mengandung silika dan alumina sehingga dapat digunakan sebagai *feed component*, bahkan sampah sayuran yang seperti abu sekam padi dapat menjadi sumber silika. Kemungkinan 50% dari seluruh produk samping industri merupakan *raw materials* yang berpotensi dalam pembuatan semen *Portland* (Kirk 1979).

Ekosemen adalah salah satu jenis produk semen yang hampir sama dengan semen *Portland* dan karena bahan bakunya menggunakan bahan berbasis limbah serta ramah lingkungan maka disebut ekosemen. Beberapa alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan baku batu kapur yang berbasis limbah dan ramah lingkungan antara lain : abu terbang batu bara (*fly ash*), abu hasil kalsinasi sampah dan abu sisa pengolahan kayu (Susanti, 2009).

Berdasarkan penelitian, limbah cangkang kerang yang digunakan adalah kerang laut dimana kerang ini adalah salah satu kerang yang banyak ditemukan di perairan Indonesia. Kerang ini banyak di konsumsi masyarakat karena banyak mengandung protein. Jumlah kerang yang cukup berlimpah akan sebanding dengan jumlah limbah cangkangnya yang selama ini sebagian besar hanya dibuang dan sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan kosmetik, dan kerajinan tradisional. Limbah kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan yaitu zat kapur (CaO) sebesar 66,7%, alumina dan senyawa silika (Siregar, 2009).

Berdasarkan penelitian, menunjukkan bahwa limbah makanan laut seperti kulit udang (*chitosan*) dan kulit kerang dapat dijadikan sebagai pengganti batu kapur.



II.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang ekosemen diawali pada tahun 1992. Beberapa ilmuwan Jepang melakukan penelitian yang didanai oleh Pemerintah Jepang dan dibantu oleh tiga perusahaan semen swasta. Hasil penelitian diketahui bahwa abu hasil pembakaran sampah dapat dijadikan sebagai bahan utama pada pembuatan semen. Perbandingan komposisi pembuatan ekosemen yang senyawa kimianya hampir mirip dengan semen jenis *Normal Portland Cement* adalah 58,2% abu sampah, 40% batu kapur, 0,3% pasir besi dan 1,3% tanah liat, dengan pembakaran akhir ekosemen pada suhu 1350°C (T. Shimoda, 1999).

Penelitian terbaru tentang ekosemen dilakukan oleh Nelvi Adi Syafpoetri dari Universitas Riau. Komposisi ekosemen terbaik yaitu 39% abu kulit kerang, 39% batu kapur, 20% tanah liat dengan penambahan 1% serbuk besi dan 1% magnesium oksida. Menghasilkan nilai kuat tekan mortar pada umur 28 hari yaitu 196 kg/cm² (Syafpoetri, 2012).

Penelitian selanjutnya tentang ekosemen dilakukann oleh Frieska Ariesta S. Dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Hasil penelitian diketahui bahwa komposisi terbaik dari ekosemen yaitu 49,1% abu sampah; 49,1% cangkang kerang; 0,5% pasir besi dan 1,3% tanah liat, dengan pembakaran akhir dari ekosemen yaitu pada suhu 1000 °C. Menghasilkan kuat tekan mortar umur 3 hari pada ekosemen yaitu 7,2 kg/cm². Pada ekosemen ini menunjukkan hasil pengujian fisika yang mendekati nilai hasil pengujian Semen Gresik OPC (*Ordinary Portland Cement*) (Ariesta, 2013).

Kurangnya pemanfaatan cangkang kerang serta telah adanya penelitian tentang ekosemen melatarbelakangi penelitian ini. Tujuan yang ingin dicapai yaitu mengetahui cara mengurangi limbah Cangkang Kerang (*Anadara Grandis*), agar mempunyai nilai tambah, mengetahui perbandingan campuran cangkang kerang dan batu kapur terhadap ekosemen yang dihasilkan, serta untuk mengetahui sifat fisika yang meliputi uji kuat tekan dan uji lama waktu pengikatan dari ekosemen yang telah dibuat. Sebagai



variabel kontrol dalam penelitian ini digunakan semen *portland* jenis *Ordinary Portland Cement* dari Semen Gresik.

II.8. Pengertian XRD dan XRF

XRD (*X-Ray Diffraction*) salah satu teknik analisa untuk struktur suatu mineral, garam, logam, bahkan senyawaan organik seperti DNA, vitamin dan drugs. Jika ingin mengetahui mineral apa saja yang terkandung dalam suatu bahan tambang dan assosiasinya, teknik ini cukup tepat karena XRD bisa memberikan informasi mengenai bentuk molekul dan berapa sudut kristalnya. XRD bekerja berdasarkan difraksi sinar X yang dihamburkan oleh sudut kristal material yang dianalisa. Akan tetapi, kelemahannya, XRD kurang tepat jika digunakan untuk analisa kuantitatif (jumlah atau kadarnya) (Yani, 2015).



Gambar 2.3 Alat XRD PT Semen Indonesia, Tbk (Gresik)



XRF (*X-Ray Fluorescen*) hampir sama dengan XRD namun perbedaannya adalah fluoresensinya yang digunakan untuk analisa. Suatu material tambang, cukup dibuat homogen dengan digerus dan dipadatkan atau dilebur, dicetak menjadi semacam *bead* atau semacam koin, tentunya dengan penimbangan tertentu. XRF lebih akurat dibandingkan XRD secara kuantitatif/jumlah. XRF bisa memberikan data baik dalam bentuk elemen maupun oksida. Analisanya pun relatif cepat karena simultan (beberapa elemen atau oksida bisa dianalisa sekaligus dalam sekali *running*). Biayanya relatif murah juga kok. Kekurangannya adalah tidak bisa analisa untuk elemen atau oksida dalam kadar rendah (< 0.01 %) (Yani, 2015).



Gambar 2.4 Alat XRF

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dari inovasi pemanfaatan cangkang kerang (*Anadara Grandis*) sebagai bahan tambahan untuk pembuatan ekosemen adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
2. Tahap Persiapan
3. Tahap Pre-treatment
4. Tahap Pembuatan Ekosemen
5. Tahap Analisa

III.2. Bahan yang Digunakan

1. Limbah Cangkang Kerang
2. Batu Kapur
3. Tanah Liat
4. Pasir Silika
5. Pasir Besi

III.3. Peralatan yang Digunakan

1. Cawan
2. Oven
3. Timbangan elektrik
4. *Crusher*
5. *Furnace*
6. *Mixer*
7. *Herzog*
8. *Ball mill*
9. Gelas ukur
10. Spatula



III.4. Variabel yang Dipilih

Penelitian ini terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian lanjutan. Penelitian pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dasar limbah kulit kerang yang akan digunakan dalam pembuatan ekosemen. Komposisi bahan baku dalam pembuatan semen pada umumnya terdiri dari batu kapur 80%, tanah liat 15%, pasir silika 4% dan pasir besi 1% sesuai standar Pabrik Semen Indonesia - Tuban. Penelitian lanjutan meliputi pembuatan ekosemen, dengan variasi perbandingan jumlah batu kapur dengan cangkang kerang. Variabel yang dipilih, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Kode Variasi Bahan

	CK 1	CK 2	CK 3	CK 4	CK 5
Cangkang Kerang	0%	20%	40%	60%	100%
Batu Kapur	100%	80%	60%	40%	0%

III.5. Prosedur Pembuatan

III.5.1. Tahap Persiapan

1. Menyiapkan semua alat percobaan yang akan digunakan.
2. Menyiapkan semua bahan-bahan yang digunakan untuk percobaan.

III.5.2. Tahap Pre-treatment

1. Cangkang kerang dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 30 menit, kemudian dihaluskan menggunakan *crusher* dan mesin *herzog*.
2. Batu kapur dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 30 menit, kemudian dihaluskan menggunakan *crusher* dan mesin *herzog*.
3. Tanah liat dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 30 menit, kemudian dihaluskan menggunakan *crusher* dan mesin *herzog*.
4. Pasir silika dan pasir besi dihaluskan menggunakan mesin *herzog*.



III.5.3. Tahap Proses Pembuatan Produk

1. Mempersiapkan hasil dari limbah cangkang kerang setelah tahap pre-treatment.
2. Mencampur serbuk cangkang kerang, batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi (sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan) dengan menggunakan mixer selama 2 jam dengan penambahan air dengan perbandingan 1 : 2 dari berat ekosemen.
3. Bahan yang sudah dicampur selama 2 jam dengan mixer tersebut, didiamkan selama 24 jam untuk membiarkan pencampuran reaksi kimia antar bahan-bahan tersebut.
4. Setelah tercampur merata, kemudian dilakukan pengeringan di dalam oven pada suhu 100°C selama 15 menit, hingga diperoleh campuran yang benar-benar kering.
5. Sebelum dilakukan pembakaran, sampel dibulat-bulatkan menjadi sebesar kelereng agar ketika dilakukan proses pembakaran untuk memperoleh panas yang merata.
6. Pembakaran pada proses pembuatan ekosemen, bahan baku dimasukkan ke dalam tungku pembakaran. Pada proses pembakaran ini terjadi beberapa kenaikan suhu sebelum suhu mencapai 1400°C. Adapun trayek pembakarannya adalah sebagai berikut:
 - Pemanasan awal
 - Suhu 30°C – 200°C selama 1 jam
 - Suhu 200°C – 500°C selama 1 jam
 - Suhu 500°C – 600°C selama 1 jam
 - Suhu 600°C – 1000°C selama 1 jam
 - Suhu 1000°C – 1400°C selama 1 jam
7. Produk hasil dari pembakaran (klinker) dihaluskan dalam mesin *herzog*.
8. Selanjutnya menambahkan gypsum sebanyak 5% dan dihaluskan dalam *ball mill* hingga didapatkan nilai 360 m²/kg pada uji kehalusan dengan alat blaine.
9. Ekosemen siap digunakann untuk tahap analisa.



III.5.4. Posedur Analisa

III.5.4.1. Pengujian Kuat Tekan

Penentuan kuat tekan mortar semen portland mengacu kepada ASTM C 109/109M-02, *Standard Test Method for compressive strength of hydraulic cement mortar*. Metode uji ini melingkupi penentuan kuat tekan mortar semen hidrolis dengan menggunakan cetakan kubus berukuran sisi 50 mm. Metoda uji ini digunakan untuk penentuan kuat tekan mortar semen hidrolis dan hasilnya dapat digunakan untuk mengetahui apakah semen memenuhi spesifikasi. Prosedur percobaan mengacu pada SNI 15-2049-2004.

Prosedur :

1. Membuat mortar benda uji dengan mencampur semen sampel sebanyak 740 gram dan air sebanyak 359 gram menggunakan mixer selama 30 detik, lalu tambahkan pasir otawa sebanyak 2035 gram.
2. Tambahkan kecepatan 30 detik dan diamkan selama 90 detik.
3. Masukkan campuran tersebut ke dalam cetakan kubus, adonan yang telah dimasukkan ke dalam kubus dipadatkan dengan jalan penumpukan.
4. Benda uji dibiarkan pada cetakan dalam ruang lembab selama 24 jam, buka cetakan dalam ruang lembab setelah 24 jam.
5. Kemudian benda uji direndam dalam air yang mengandung kapur sampai waktu pengujian.
6. Sebelum pengujian, seka setiap benda uji sampai kondisi permukaan kering dan hilangkan butiran-butiran pasir yang lepas atau lapisan kasar dari permukaan yang akan kontak dengan landasan blok mesin uji.
7. Lakukan pengujian menggunakan mesin uji kuat tekan.

III.5.4.2. Pengujian Waktu Pengikatan

Penentuan waktu pengikatan semen portland mengacu pada ASTM C 191-01a, *Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needles*. Metode ini dimaksudkan



untuk penetapan waktu pengikatan semen hidrolis dengan menggunakan jarum vicat dan untuk prosedur percobaan sesuai dengan SNI 15-2049-2004.

Prosedur :

1. Membuat pasta semen uji dengan mencampur semen sampel sebanyak 650 gram dan air (sesuai hasil penentuan konsistensi normal), menggunakan *mixer* selama 30 detik dan catat waktu dimana semen mulai dicampur.
2. Stop kemudian kumpulkan pasta semen dan tambahkan kecepatan *mixer* selama 60 detik.
3. Masukkan campuran tersebut ke dalam cincin cetak beralaskan pelat kaca, pasta yang telah dimasukkan ke dalam cincin dipadatkan dan diratakan permukaannya.
4. Segera setelah pencetakan, simpan benda uji di dalam ruang lembab dan biarkan sampai penetapan waktu pengikatan.
5. Penetapan waktu pengikatan :

Biarkan benda uji dalam ruang lembab selama 30 menit setelah pencetakan, kemudian lakukan penetrasi dengan jarum diameter 1 mm dan setiap 15 menit berikutnya (untuk semen tipe III setiap 10 menit) sampai mencapai penetrasi (25 ± 1) mm. Untuk pengujian penetrasi, turunkan jarum D sampai tepat menempel pada permukaan pasta semen. Kencangkan sekrup E, dan atur indikator F pada ujung atas skala. Tepatkan pada skala nol. Bebaskan batang dengan melonggarkan sekrup E secara cepat dan biarkan jarum turun selama 30 detik, kemudian baca skala untuk menentukan penetrasi (jika pasta kelihatan encer, pada pembacaan awal turunnya batang B dapat diperlambat untuk mencegah bengkoknya jarum 1 mm) Jarak antar titik penetrasi tidak kurang dari 9,5 mm terhadap dinding bagian dalam cetakan dan jarak diantara 2 titik penetrasi tidak kurang dari 6,4 mm. Catat hasil pengujian penetrasi. Dengan interpolasi tentukan waktu dimana penetrasi diperoleh 25 mm. Ini adalah waktu pengikatan awal. Sedangkan waktu pengikatan akhir adalah ketika jarum tidak nampak terbenam pada pasta.



III.5.4.3. Pengujian Kehalusan

Pengujian kehalusan semen *portland* dengan menggunakan alat blaine mengacu kepada ASTM C 204-00, *Standard test method for fineness of hydraulic cement by air permeability apparatus*. Pengujian dengan alat blaine bertujuan menentukan kehalusan yang dinyatakan dalam luas permukaan spesifik semen *portland*, dihitung sebagai jumlah luas permukaan total cm^2/gram , atau m^2/kg semen *portland*.

Prosedur :

1. Suhu contoh semen yang diuji harus sama dengan suhu ruang pada waktu pengujian
2. Berat contoh yang akan diuji harus sama dengan berat semen standar yang digunakan untuk kalibrasi. Untuk mengetahui berat semen yang digunakan dalam pengujian, terlebih dahulu menghitung berat jenis dari semen tersebut dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C 348-97. Dari berat jenis dapat diketahui berat semen yang harus digunakan dengan rumus :

$$W = \text{Berat Jenis} \times 1,8673 \times 0,5$$

3. Persiapan lapisan semen. Persiapan semen sesuai dengan SNI 15-2049-2004.
Letakkan piringan logam pada dasar sel, letakkan sebuah kertas saring di atas piringan logam lalu tekan ke bawah dengan batang yang diameternya sedikit lebih kecil dari diameter sel, sehingga piringan dan kertas saring berada pada kedudukan yang tepat. Timbang sejumlah semen dengan ketelitian sampai 0,001 gram yang beratnya ditentukan sesuai dengan perhitungan tersebut di atas dan masukkan ke dalam sel. Ketok pelan-pelan dinding sel bagian luar untuk meratakan lapisan semen didalamnya. Letakkan selembar kertas saring di atas lapisan semen ini



lalu tekan dengan torak sampai leher torak kontak dengan permukaan sel.

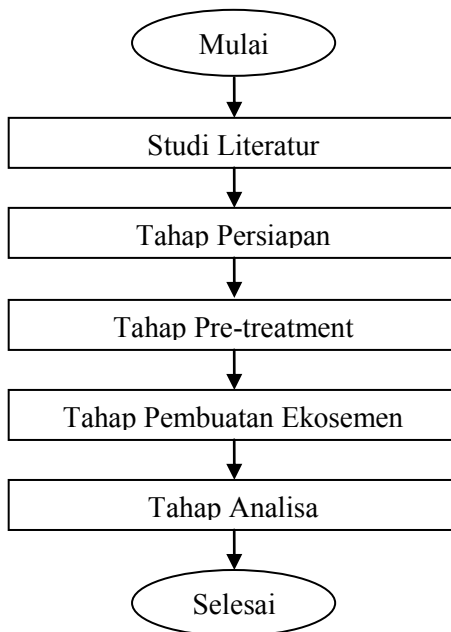
4. Pengujian permeabilitas lapisan semen. Setiap kali penetapan permeabilitas lapisan semen harus digunakan kertas saring baru. Setelah tahapan 1 hingga 3 selesai dilakukan, selanjutnya lakukan tahapan pengujian permeabilitas berikut :
 - a. Sambungkan sel permeabilitas pada tabung manometer dengan sambungan yang kedap udara sedemikian rupa, hingga tidak mengganggu lapisan semen yang telah disiapkan tadi.
 - b. Keluarkan perlahan-lahan udara yang ada dalam salah satu tabung manometer hingga cairan manometer mencapai tanda garis atas, kemudian tutup katup rapat-rapat.
 - c. Tarik torak sedikit ke atas, putar 90 derajat, tekan kembali kemudian perlahan-lahan torak ditarik ke luar sel.
 - d. Jalankan alat pencatat waktu pada saat bagian bawah miniskus cairan mencapai tanda garis yang kedua dari atas, hentikan pada saat bagian bawah miniskus cairan mencapai tanda garis ketiga. Catat rentang waktu yang diamati (detik).

III.5.4.4. Tempat Pelaksanaan

Percobaan pemanfaatan cangkang kerang (*Anadara Grandis*) sebagai bahan tambahan untuk pembuatan ekosemen dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Semen PT. Semen Indonesia, Tbk (Pabrik Gresik).

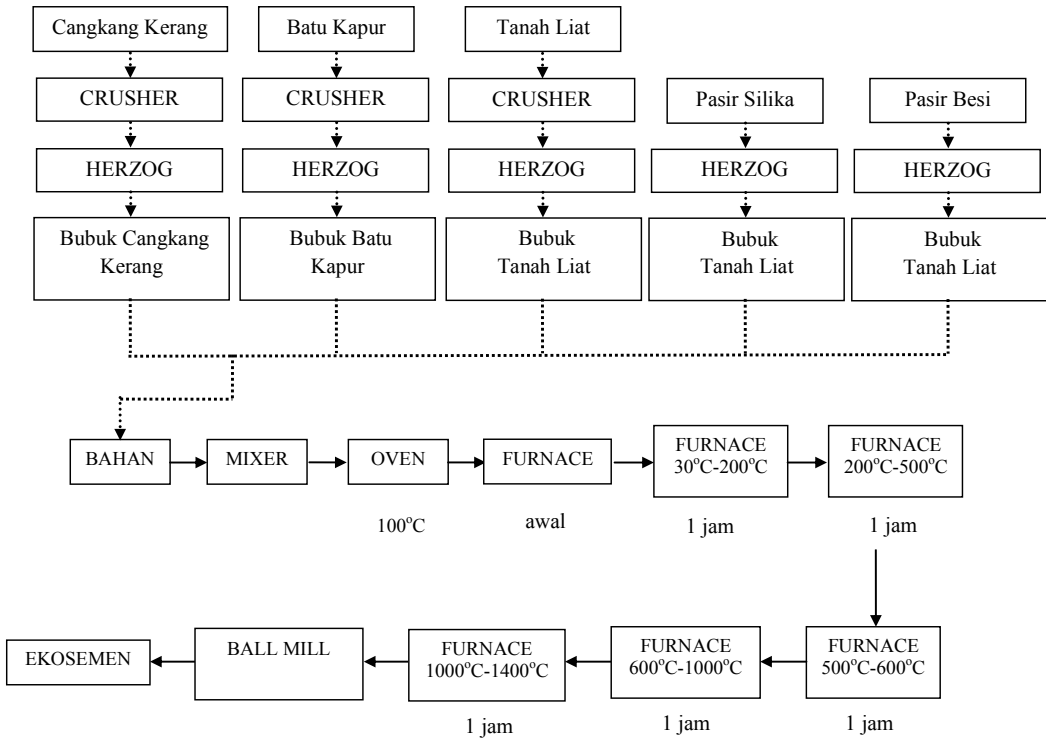


III.6. Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi





III.7. Diagram Blok Proses Pembuatan



Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

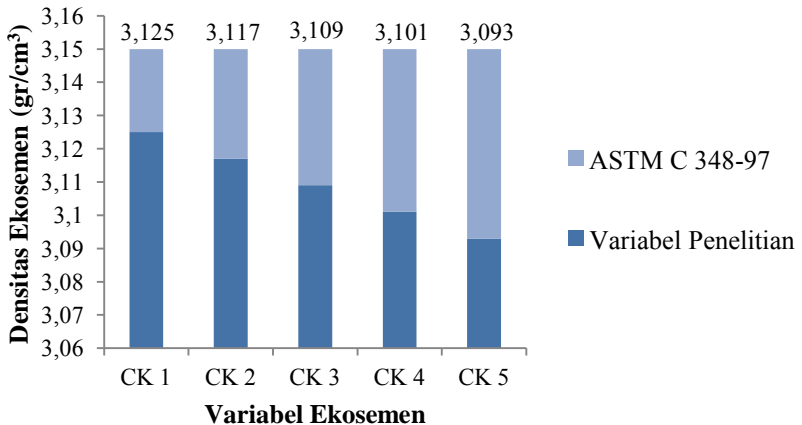
IV.1. Hasil Percobaan

Pelaksanaan percobaan untuk Tugas Akhir kami lakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Semen (Gresik) pada tanggal 9 Februari-Mei 2015. Hasil pengujian densitas ekosemen dapat terlihat pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.1** sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Densitas Ekosemen

Variabel	Hasil Uji Densitas (gr/cm ³)	Standar Densitas (ASTM C 348-97)
CK 1 ^{*)}	3,125	3,15 gr/cm ³
CK 2 ^{*)}	3,117	
CK 3 ^{*)}	3,109	
CK 4 ^{*)}	3,101	
CK 5 ^{*)}	3,093	

Keterangan ^{*)}: kode variabel yang terlihat pada hal III.2



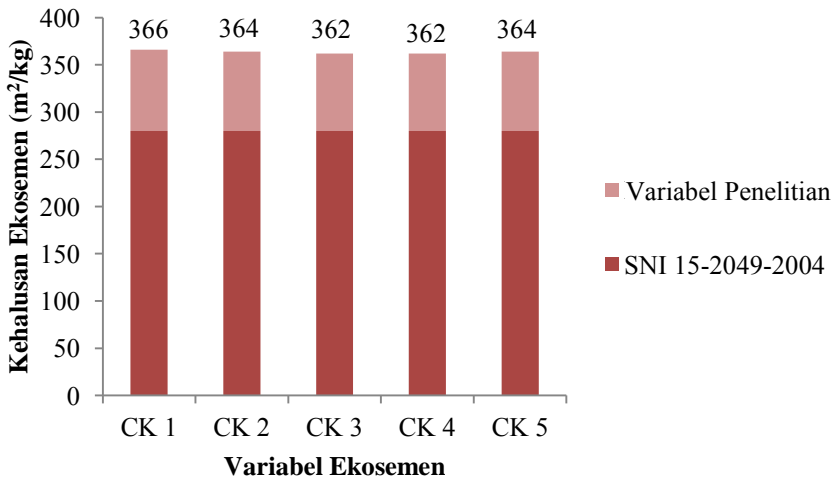
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Densitas Ekosemen



Hasil pengujian kehalusan ekosemen dapat terlihat pada **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.2** sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kehalusan (*Blaine*) Ekosemen

Variabel	t Uji <i>Blaine</i> (detik)	Hasil Uji <i>Blaine</i> (m ² /kg)	Standar <i>Blaine</i> (SNI 15-2049-2004)
CK 1	93	366	Min. 280
CK 2	92	364	
CK 3	91	362	
CK 4	91	362	
CK 5	92	364	



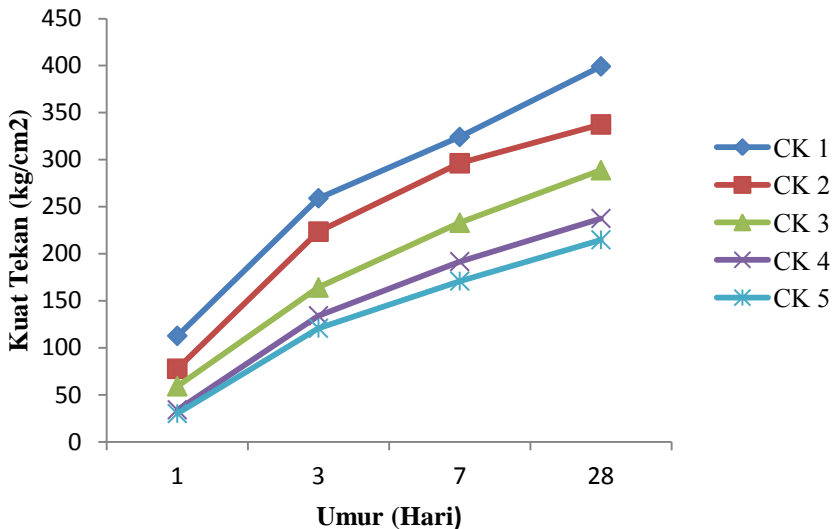
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Kehalusan (*Blaine*) Ekosemen



Dari percobaan yang dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, di Gresik, dapat terlihat hasil pengujian kuat tekan ekosemen dapat terlihat pada **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.1** sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Ekosemen

Variabel	Nilai Kuat Tekan (kg/cm^2)			
	1 hari	3 hari	7 hari	28 hari
CK 1	112,64	258,98	324,14	399,21
CK 2	77,62	223,42	296,16	337,43
CK 3	59,06	164,08	232,94	288,79
CK 4	34	134,06	191,62	273,49
CK 5	30	120,7	170,88	214,79
SNI 15-2049-2004	-	Min.125	Min. 200	Min. 280



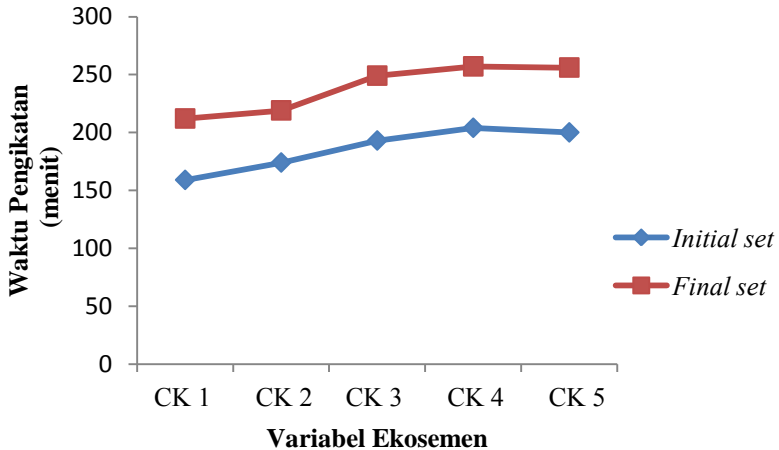
Gambar 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Ekosemen



Dari percobaan yang dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, di Gresik, dapat terlihat hasil pengujian waktu pengikatan (*setting time*) ekosemen pada **Tabel 4.4** dan **Grafik 4.2** sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Ekosemen

Variabel	CK 1	CK 2	CK 3	CK 4	CK 5	SNI 15-204902004
Waktu Ikat Awal (menit)	159	174	193	204	200	Min. 45
Waktu Ikat Akhir (menit)	212	219	249	257	256	Maks. 375



Gambar 4.4 Hasil Uji Waktu Pengikatan Ekosemen



Hasil dari Analisa XRD ekosemen yang telah kami uji di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dapat terlihat pada **Tabel 4.5** sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian XRD Ekosemen

Formula	CK 1	CK 2	CK 3	CK 4	CK 5
C ₃ S	67,27	63,41	58,71	54,17	50,95
C ₂ S	4,95	4,02	3,46	3,52	1,96
C ₃ A	5,29	5,11	4,69	4,54	4,96
C ₄ AF	8,9	8,54	7,94	6,9	6,17

IV.2. Pembahasan

IV.2.1. Pengujian Densitas Ekosemen

Pengujian densitas ini dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C 348-97. Pada **Tabel 4.1.1** terlihat hasil pengujian densitas ekosemen variabel CK 1, CK 2, CK 3, CK 4, dan CK 5. Pada **Gambar 4.1.1** dapat dilihat bahwa hasil pengujian densitas ekosemen dari variabel CK 1 hingga CK 5 menunjukkan bahwa semakin banyak substitusi cangkang kerang maka nilai densitas dari ekosemen juga semakin menurun. Hal ini disebabkan karena perbedaan densitas pada batu kapur dan cangkang kerang, dimana densitas batu kapur lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang kerang sehingga semakin banyak kandungan batu kapur maka akan semakin besar densitasnya. Hasil penelitian dibandingkan dengan standar ASTM C 348-97 mengenai densitas semen *portland* yaitu sebesar max. 3,125 gr/cm³, sehingga untuk densitas ekosemen dari penelitian ini telah sesuai dengan standar. Densitas akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran.

Menurut Suci Rahmawati, 2010 hasil pengukuran menunjukkan bahwa densitas, kehalusan, dan kuat tekan semen mempunyai korelasi yang linier. Sehingga, densitas ini sangat mempengaruhi kehalusan semen, dan kehalusan semen mempengaruhi sifat fisik seperti kuat tekan, dan *setting time*,



sehingga densitas semen ini merupakan salahsatu sifat yang penting terhadap jenis semen.

IV.2.2. Pengujian Kekhalusan Ekosemen

Pengujian kehalusan butir ekosemen ini dapat digunakan turbidimeter dari *Wagner* atau *air permeability* dari *Blaine*, sedangkan dalam penelitian yang kami lakukan adalah dengan menggunakan *air permeability* dari *Blaine*. Pada **Tabel 4.2** terlihat hasil pengujian kehalusan ekosemen variabel CK 1, CK 2, CK 3, CK 4, dan CK 5. Pada **Gambar 4.2** dapat dilihat bahwa hasil pengujian kehalusan ekosemen dari variabel CK 1 hingga CK 4 mengalami penurunan dan pada CK 5 mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena perlakuan dalam proses penghalusan dan untuk uji kehalusan ini diperbolehkan adanya sedikit selisih hasil pengujian karena tidak bisa mendapatkan hasil yang selalu sama persis. Untuk hasil pengujian yang telah dilakukan telah sesuai dengan standar SNI 15-2049-2004 mengenai kehalusan ekosemen dengan menggunakan alat *blaine* yaitu sebesar min. 280 m²/kg, sehingga untuk kehalusan ekosemen dari penelitian ini telah sesuai dengan standar.

Menurut Wimvy, 2011 kehalusan butiran semen mempengaruhi proses hidrasi. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

IV.2.3. Pengujian Kuat Tekan Ekosemen

Pengujian kuat tekan ekosemen dalam penelitian yang kami lakukan di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, ini dapat digunakan dengan *compression test* dengan alat penekan yang sesuai dengan standar SNI 15-2049-2004. Pada **Tabel 4.3** terlihat hasil pengujian kuat tekan ekosemen variabel CK 1, CK 2, CK 3, CK 4, dan CK 5 pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pada **Grafik 4.1** dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan ekosemen dari variabel CK 1 hingga CK 5 menurun untuk setiap variabelnya, tetapi meningkat pada setiap penambahan umur



dalam 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Hal ini disebabkan karena kandungan salah satu mineral utama dalam semen, yaitu C_3S pada variabel CK 1 hingga CK 5 mengalami penurunan, dimana semakin besar kandungan C_3S maka kuat tekan ekosemen akan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan literature yang menyebutkan bahwa kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C_3S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C_2S memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama. C_3A mempengaruhi kuat tekan sampai pada 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini semakin kecil (Lilies, 2010).

Hasil pengujian menunjukkan ada beberapa variabel yang kurang sesuai dengan standar SNI 15-2049-2004 mengenai nilai kuat tekan pada umur 3 hari pada variabel CK 5 yaitu sebesar $120,65 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan menurut SNI sebesar min. 125 kg/cm^2 , pada umur 7 hari pada variabel CK 4 dan CK 5 berturut-turut adalah $191,65 \text{ kg/cm}^2$ dan $170,85 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan menurut SNI sebesar min. 200 kg/cm^2 , pada umur 28 hari pada variabel CK 4 dan CK 5 berturut-turut adalah $273,49 \text{ kg/cm}^2$ dan $214,79 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan menurut SNI sebesar min. 280 kg/cm^2 . Ketidaksesuaian ini di karenakan beberapa faktor seperti: densitas, kehalusan butiran semen, proporsi campuran untuk menyetak benda uji, dikarenakan ekosemen di variabel tersebut otomatis menggunakan sedikit substitusi batu kapur dengan di gantikan oleh cangkang kerang, sehingga hasil kuat tekannya kurang sesuai pada umur tersebut (Yudi, 2015).

IV.2.4. Pengujian Waktu Pengikatan (*Setting Time*) Ekosemen

Pengujian waktu pengikatan (*setting time*) ekosemen ini dapat digunakan alat *gillmore* atau jarum vicat, sedangkan dalam penelitian yang kami lakukan di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, adalah dengan menggunakan alat jarum vicat yang sesuai dengan SNI 15-2049-2004. **Tabel 4.4** terlihat hasil pengujian waktu pengikatan (*setting time*) ekosemen variabel CK 1, CK 2, CK 3, CK 4, dan CK 5 untuk *initial set* dan *final set*. Pada **Grafik**



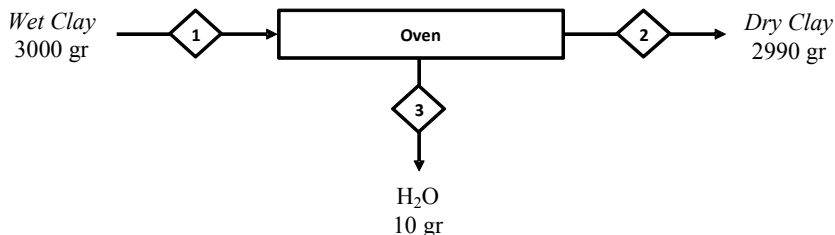
4.2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian *setting time* ekosemen dari variabel CK 1 hingga CK 5 untuk nilai *initial set* semakin meningkat dan untuk nilai *final set* juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena kandungan C_3A yang terbentuk dalam proses pada variabel CK 1 hingga CK 5 mengalami penurunan, kandungan C_3A akan mempengaruhi lama waktu pengikatan dalam ekosemen. Semakin besar kandungan C_3A dalam ekosemen maka akan mempercepat proses pengikatan pada semen. Menurut Lilies, 2010, mekanisme terjadinya *setting* dan *hardening*, yaitu ketika pencampuran dengan air, maka akan terjadi reaksi antara air dengan C_3A membentuk $3CaO.Al_2O_3.3H_2O$ yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Reaksi tersebut menyebabkan waktu pengikatan semen akan singkat sekali dan dormat periode dilewati seketika. Waktu pengikatan juga dipengaruhi oleh perbandingan komposisi semen dan air yang digunakan. Menurut Sudarsono, dkk, 2012, jumlah air yang banyak mengakibatkan adanya jarak yang jauh antar butiran semen yang terdapat di dalam campuran bahan grouting, hal ini akan mempengaruhi lamanya waktu pengikatan antara butiran-butiran semen. Semakin banyak kandungan air yang terdapat pada campuran grouting maka waktu yang diperlukan untuk butiran semen mengikat semakin lama.

Pada **Tabel 4.4** dapat terlihat hasil pengujian waktu pengikatan ekosemen masih dalam batasan standar SNI 15-2049-2004 mengenai nilai waktu ikat awal (*initial set*) yang min.45 menit dan nilai waktu ikat akhir (*final set*) yang maks. 375 menit.

BAB V NERACA MASSA DAN PANAS

V.1. Neraca Massa

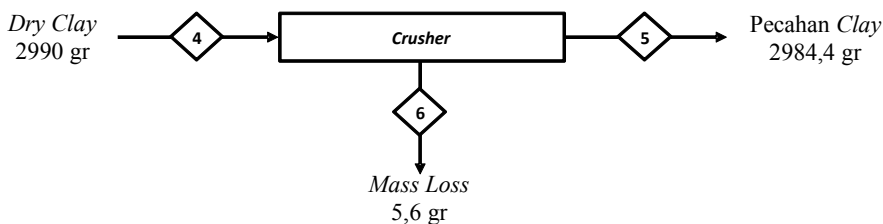
V.1.1. Neraca Massa Pengeringan Tanah Liat



Tabel 5.1 Neraca Massa Tanah Liat Pada Oven

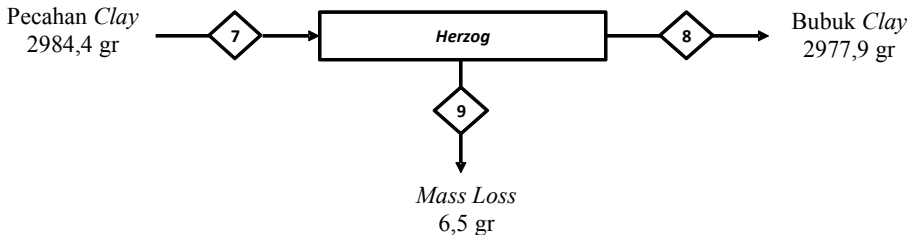
Aliran Masuk (1)		Aliran Keluar (2)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Clay</i>		<i>Dry Clay</i>	
SiO ₂	2062,2	SiO ₂	2055,326
Al ₂ O ₃	632,4	Al ₂ O ₃	630,292
Fe ₂ O ₃	210	Fe ₂ O ₃	209,3
CaO	30	CaO	29,9
MgO	65,4	MgO	65,182
		Aliran Keluar (3)	
		H ₂ O	10
Total	3000	Total	3000

V.1.2. Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di *Crusher*



**Tabel 5.2** Neraca Massa Tanah Liat Pada *Crusher*

Aliran Masuk (4)		Aliran Keluar (5)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry Clay</i>		<i>Pecahan Clay</i>	
SiO ₂	2055.326	SiO ₂	2051.47656
Al ₂ O ₃	630.292	Al ₂ O ₃	629.11152
Fe ₂ O ₃	209.3	Fe ₂ O ₃	208.908
CaO	29.9	CaO	29.844
MgO	65.182	MgO	65.05992
		Aliran Keluar (6)	
		<i>Mass Loss</i>	5.6
Total	2990	Total	2990

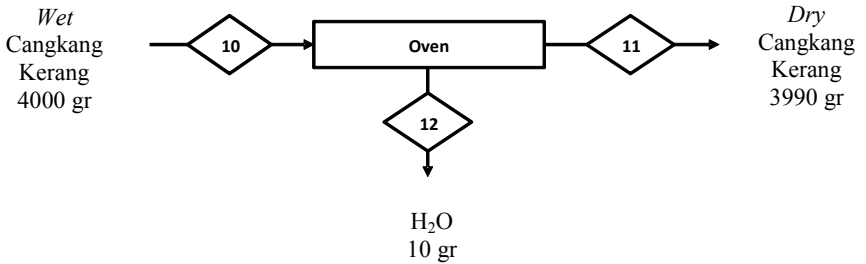
V.1.3. Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di Herzog**Tabel 5.3** Neraca Massa Tanah Liat Pada *Herzog*

Aliran Masuk (7)		Aliran Keluar (8)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Pecahan Clay</i>		<i>Bubuk Clay</i>	
SiO ₂	2051.47656	SiO ₂	2047.00846
Al ₂ O ₃	629.11152	Al ₂ O ₃	627.74132
Fe ₂ O ₃	208.908	Fe ₂ O ₃	208.453



CaO	29.844	CaO	29.779
MgO	65.05992	MgO	64.91822
		Aliran Keluar (9)	
		Mass Loss	6.5
Total	2984.4	Total	2984.4

V.1.4. Neraca Massa Pengeringan Cangkang Kerang

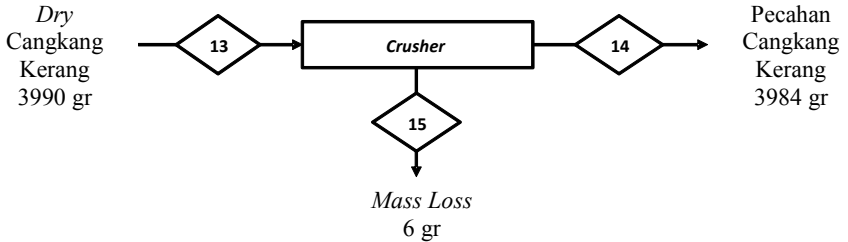


Tabel 5.4 Neraca Massa Cangkang Kerang Pada Oven

Aliran Masuk (7)		Aliran Keluar (8)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Cangkang Kerang</i>		<i>Dry Cangkang Kerang</i>	
CaO	3919,6	CaO	3909,801
Al ₂ O ₃	17,6	Al ₂ O ₃	17,556
Fe ₂ O ₃	11,2	Fe ₂ O ₃	11,172
SiO ₂	45,2	SiO ₂	45,087
MgO	6,4	MgO	6,384
		Aliran Keluar (9)	
		H ₂ O	10
Total	4000	Total	4000



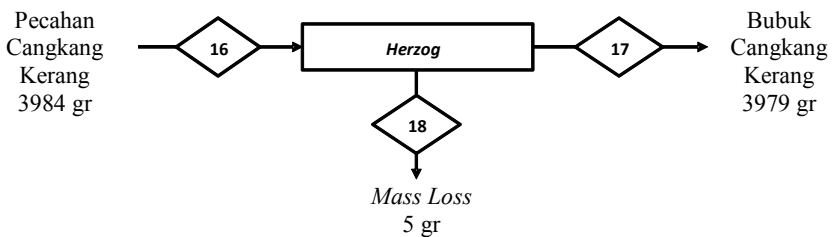
V.1.5. Neraca Massa Penghalusan Cangkang Kerang di Crusher



Tabel 5.5 Neraca Massa Cangkang Kerang Pada Crusher

Aliran Masuk (10)		Aliran Keluar (11)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry Cangkang Kerang</i>		<i>Pecahan Cangkang Kerang</i>	
CaO	3909,801	CaO	3903,9216
Al ₂ O ₃	17,556	Al ₂ O ₃	17,5296
Fe ₂ O ₃	11,172	Fe ₂ O ₃	11,1552
SiO ₂	45,087	SiO ₂	45,0192
MgO	6,384	MgO	6,3744
		Aliran Keluar (12)	
		<i>Mass Loss</i>	6
Total	3990	Total	3990

V.1.6. Neraca Massa Penghalusan Cangkang Kerang di Herzog

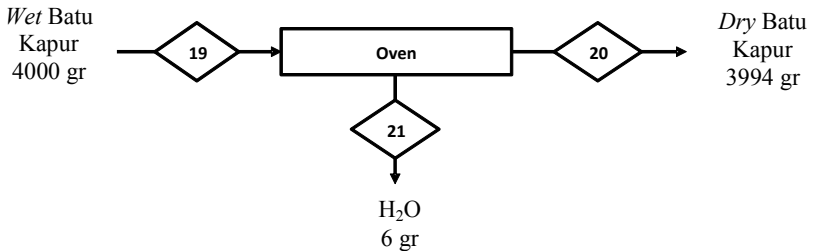




Tabel 5.6 Neraca Massa Cangkang Kerang Pada Herzog

Aliran Masuk (13)		Aliran Keluar (14)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pecahan Cangkang Kerang		Bubuk Cangkang Kerang	
CaO	3903,9216	CaO	3899,0221
Al ₂ O ₃	17,5296	Al ₂ O ₃	17,5076
Fe ₂ O ₃	11,1552	Fe ₂ O ₃	11,1412
SiO ₂	45,0192	SiO ₂	44,9627
MgO	6,3744	MgO	6,3664
		Aliran Keluar (15)	
		Mass Loss	5
Total	3984	Total	3984

V.1.7. Neraca Massa Pengeringan Batu Kapur



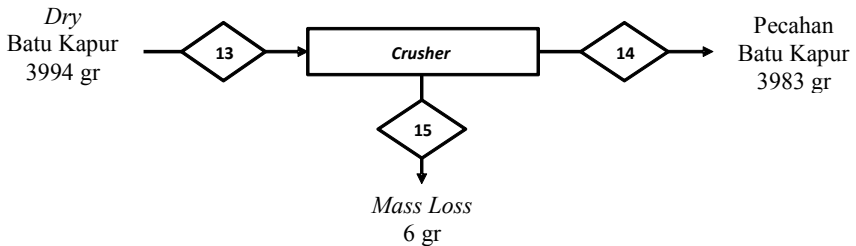
Tabel 5.7 Neraca Massa Batu Kapur Pada Oven

Aliran Masuk (16)		Aliran Keluar (17)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Batu Kapur</i>		<i>Dry Batu Kapur</i>	
CaO	3932,8	CaO	3926,9008
Al ₂ O ₃	7,2	Al ₂ O ₃	7,1892
Fe ₂ O ₃	6	Fe ₂ O ₃	5,991



SiO ₂	18	SiO ₂	17,973
MgO	36	MgO	35,946
		Aliran Keluar (18)	
		H ₂ O	6
Total	4000	Total	4000

V.1.8. Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di *Crusher*

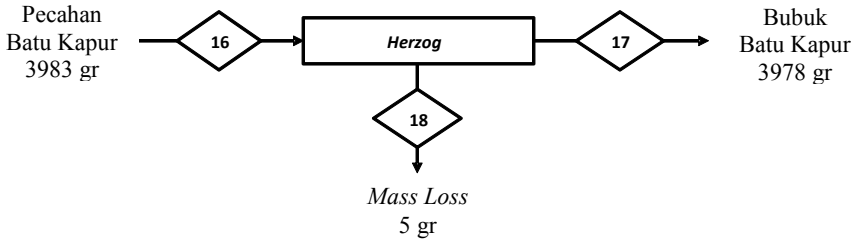


Tabel 5.8 Neraca Massa Batu Kapur Pada *Crusher*

Aliran Masuk (19)		Aliran Keluar (20)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry Batu Kapur</i>		<i>Pecahan Batu Kapur</i>	
CaO	3926,9008	CaO	3916,0856
Al ₂ O ₃	7,1892	Al ₂ O ₃	7,1694
Fe ₂ O ₃	5,991	Fe ₂ O ₃	5,9745
SiO ₂	17,973	SiO ₂	17,9235
MgO	35,946	MgO	35,847
		Aliran Keluar (21)	
		<i>Mass Loss</i>	11
Total	3994	Total	3994



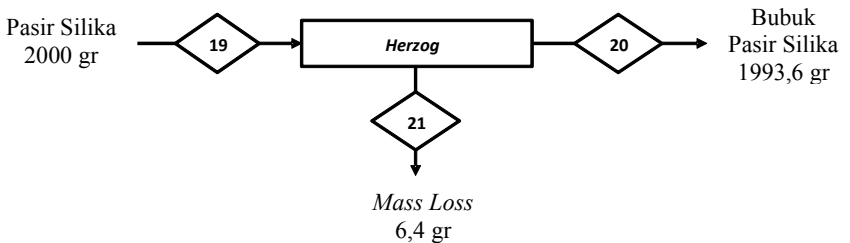
V.1.9. Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di Herzog



Tabel 5.9 Neraca Massa Batu Kapur Pada Herzog

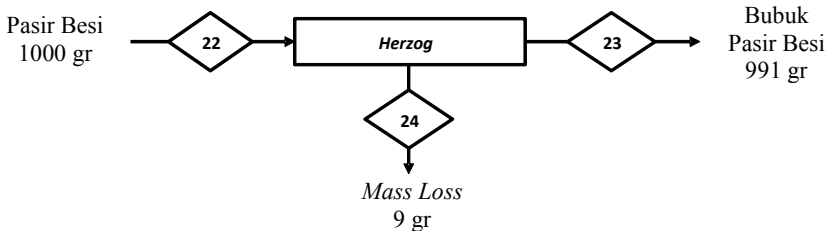
Aliran Masuk (21)		Aliran Keluar (22)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pecahan Batu Kapur		Bubuk Batu Kapur	
CaO	3916,0856	CaO	3898,0422
Al ₂ O ₃	7,1694	Al ₂ O ₃	17,5032
Fe ₂ O ₃	5,9745	Fe ₂ O ₃	11,1384
SiO ₂	17,9235	SiO ₂	44,9514
MgO	35,847	MgO	6,3648
		Aliran Keluar (23)	
		Mass Loss	5
Total	3983	Total	3983

V.1.10. Neraca Massa Penghalusan Pasir Silika di Herzog



**Tabel 5.10** Neraca Massa Pasir Silika Pada Herzog

Aliran Masuk (24)		Aliran Keluar (25)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pasir Silika		Bubuk Pasir Silika	
SiO ₂	1792,4	SiO ₂	1786,66432
Al ₂ O ₃	91	Al ₂ O ₃	90,7088
Fe ₂ O ₃	37	Fe ₂ O ₃	36,8816
CaO	76,4	CaO	76,15552
MgO	3,2	MgO	3,18976
		Aliran Keluar (26)	
		Mass Loss	6,4
Total	2000	Total	2000

V.1.11. Neraca Massa Penghalusan Pasir Besi di Herzog**Tabel 5.11** Neraca Massa Pasir Besi Pada Herzog

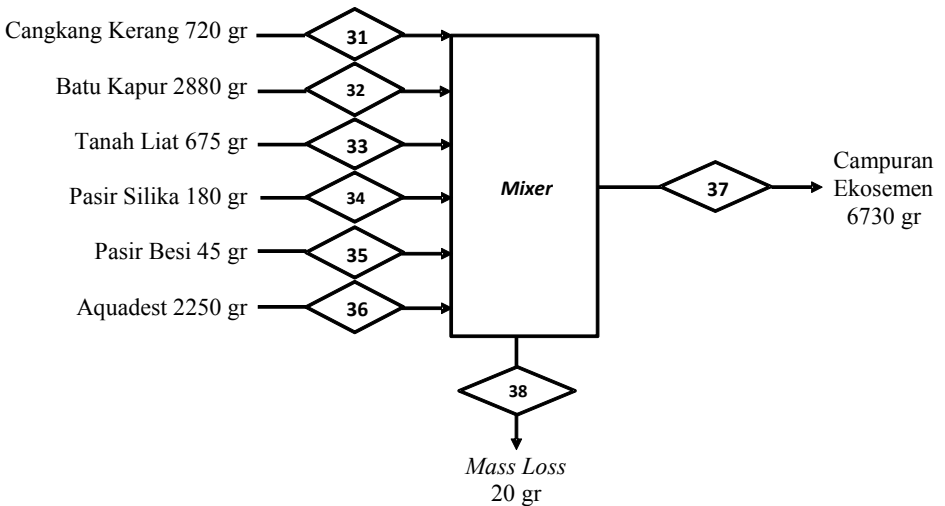
Aliran Masuk (27)		Aliran Keluar (28)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Cooper Slag</i>		Bubuk <i>Cooper Slag</i>	
Fe ₂ O ₃	588,9	SiO ₂	583,5999
Al ₂ O ₃	51,2	Al ₂ O ₃	50,7392
SiO ₂	321,2	Fe ₂ O ₃	318,3092



CaO	37,4	CaO	37,0634
MgO	1,3	MgO	1,2883
		Aliran Keluar (29)	
		Mass Loss	9
Total	1000	Total	1000

V.1.12. Neraca Massa Mixer

Basis = 4500 gr



Tabel 5.12 Neraca Massa Ekosemen Pada Mixer

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Aliran 30		Aliran 36	
Cangkang Kerang		Mix Ekosemen	6730
CaO	705,528		
Al ₂ O ₃	3,168		



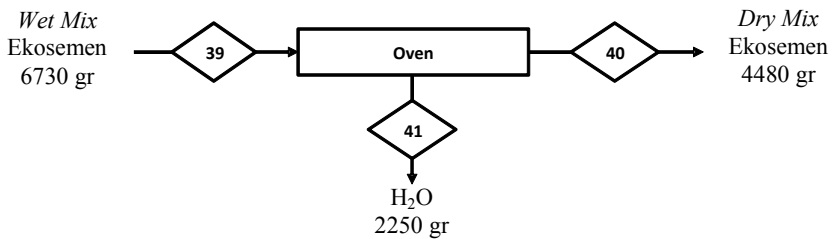
BAB V Neraca Massa dan Panas

Fe ₂ O ₃	2,016		
SiO ₂	8,136		
MgO	1,152		
Aliran 31			
Batu Kapur			
CaO	2822,112		
Al ₂ O ₃	12,672		
Fe ₂ O ₃	8,064		
SiO ₂	32,544		
MgO	4,608		
Aliran 32		Aliran 37	
Tanah Liat		<i>Mass Loss</i>	20
CaO	463,995		
Al ₂ O ₃	142,29		
Fe ₂ O ₃	47,25		
SiO ₂	6,75		
MgO	14,715		
Aliran 33			
Pasir Silika			
CaO	161,316		
Al ₂ O ₃	8,19		
Fe ₂ O ₃	3,33		
SiO ₂	6,876		
MgO	0,288		
Aliran 34			
Pasir Besi			



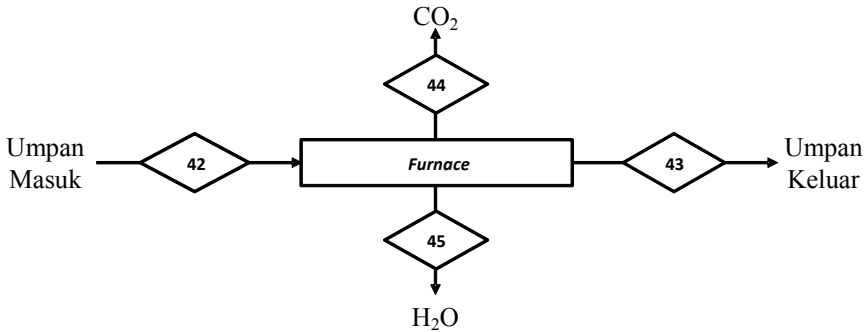
CaO	26,5005		
Al ₂ O ₃	2,304		
Fe ₂ O ₃	14,454		
SiO ₂	1,683		
MgO	0,0585		
Aliran 35			
Aquadest	2250		
Total	6750	Total	6750

V.1.13. Neraca Massa Pengeringan Campuran Ekosemen



Tabel 5.13 Neraca Massa Campuran Ekosemen Pada Oven

Aliran Masuk (38)		Aliran Keluar (39)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Mix Ekosemen</i>		<i>Dry Mix Ekosemen</i>	
<i>Mix Ekosemen</i>	6730	<i>Mix Ekosemen</i>	4480
		Aliran Keluar (40)	
		H ₂ O	2250
Total	6730	Total	6730

**V.1.14. Neraca Massa Kalsinasi pada Furnace**Bahan masuk *furnace* = 4480 gr**Tabel 5.14** Komponen Sebelum Kalsinasi

Komponen	% Berat
CaO	71,84
SiO ₂	21,3
Al ₂ O ₃	3,3
Fe ₂ O ₃	2,6
MgO	0,8
H ₂ O	0,16
Total	100

Tabel 5.15 Komposisi Umpan Masuk *Furnace*

Komponen	% Berat	Massa (gr)
CaCO ₃	81,541479	3653,058259
SiO ₂	13,5387912	606,5378469
Al ₂ O ₃	2,0975592	93,97065233
Fe ₂ O ₃	1,6526224	74,03748366
MgCO ₃	1,06784832	47,83960482
H ₂ O	0,10169984	4,55615284



Total	100%	4480
-------	------	------

Reaksi kalsinasi *furnace* berlangsung dengan derajat kalsinasi 86% (data pabrik),

Komponen yang mengalami kalsinasi, yaitu CaCO_3 dan MgCO_3

Reaksi (1) :



$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 0,86 \times \text{berat CaCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 0,86 \times 3653,06 \\ &= 3141,63 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CaO terbentuk} &= \frac{\text{BM CaO}}{\text{BM CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{56 \text{ gr/mol}}{100 \text{ gr/mol}} \times 3141,63 \text{ gr} \\ &= 1759,31 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{\text{BM CO}_2}{\text{BM CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\ &= \frac{44 \text{ gr/mol}}{100 \text{ gr/mol}} \times 3141,63 \text{ gr} \\ &= 1382,32 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Berat CaCO}_3 \text{ dalam umpan} - (\text{Berat CaO} + \text{Berat CO}_2) \\ &= 3653,06 - (1759,31 + 1382,32) \\ &= 511,43 \text{ gr}\end{aligned}$$

Reaksi (2) :



$$\begin{aligned}\text{MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 0,86 \times \text{berat MgCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 0,86 \times 47,84 \text{ gr} \\ &= 41,14 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MgO yang terbentuk} &= \frac{\text{BM MgO}}{\text{BM MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\ &= \frac{40 \text{ gr/mol}}{84 \text{ gr/mol}} \times 41,14 \text{ gr}\end{aligned}$$



$$= 19,59 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ terbentuk} &= \frac{\text{BM CO}_2}{\text{BM MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\ &= \frac{44 \text{ gr/mol}}{84 \text{ gr/mol}} \times 28,45 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$= 21,55 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{MgCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Berat MgCO}_3 - (\text{berat MgO} + \text{berat CO}_2) \\ &= 47,84 - (19,59 + 21,55) \text{ gr} \\ &= 9,83 \text{ gr} \end{aligned}$$

Tabel 5.16 Komposisi Umpan Setelah Kalsinasi

Komponen	% Berat	Massa (gr)
CaO	63,79	1961,148375
SiO ₂	12,22	375,6894989
Al ₂ O ₃	3,2	98,38022885
Fe ₂ O ₃	3,1	95,3058467
CaCO ₃ sisa	16,63	511,4281563
MgCO ₃ sisa	0,32	9,832177829
MgO	0,74	22,75042792
Total	100	3074,534711

Tabel 5.17 Neraca Massa Kalsinasi Pada *Furnace*

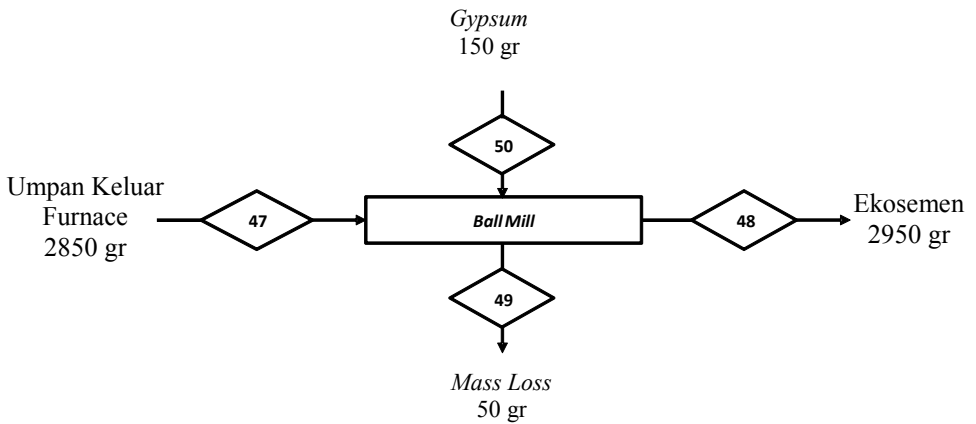
Input		Output	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)
Aliran 41		Aliran 42	
Umpan Masuk	4480	Umpan Keluar	3074,3822
		Aliran 43	
		CO ₂ hasil kalsinasi	1403,8678



		Aliran 44	
		H ₂ O yg menguap	1,75
Total	4480	Total	4480

V.1.15. Neraca Massa Penghalusan Ekosemen

Basis ekosemen = 3000 gr



Tabel 5.18 Neraca Massa Ekosemen Pada *Ball Mill*

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Aliran 45		Aliran 47	
Umpan Keluar Furnace		Ekosemen	
CaO	1818,015	CaO	1790,65
SiO ₂	348,27	SiO ₂	339,25
Al ₂ O ₃	91,2	Al ₂ O ₃	89,68
Fe ₂ O ₃	88,35	Fe ₂ O ₃	87,025
CaCO ₃		CaCO ₃	
sisia	473,955	sisia	466,1



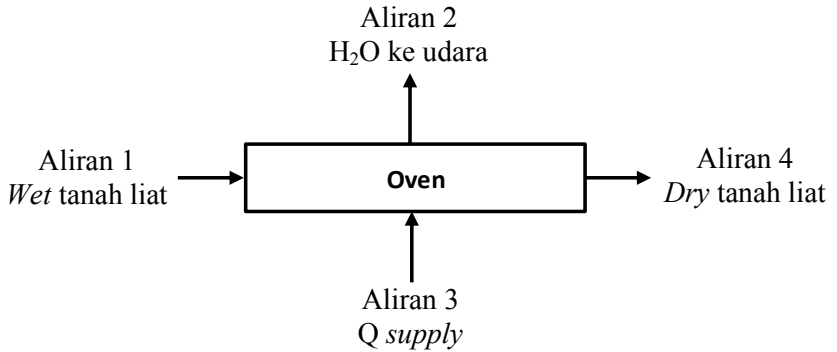
BAB V Neraca Massa dan Panas

MgCO ₃		MgCO ₃	
sisa	9,12	sisa	8,85
MgO	21,09	MgO	20,945
Aliran 46		SO ₃	147,5
Gypsum		Aliran 48	
SO ₃	150	<i>Mass Loss</i>	50
Total	3000	Total	3000



V.2. Neraca Panas

V.2.1. Neraca Panas Pengeringan Tanah Liat



Q masuk :

Aliran 1	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	2062,4	762,035	30	5	7858104,92
Al ₂ O ₃	632,4	152,812	30	5	483191,544
Fe ₂ O ₃	210	519,708	30	5	545693,4
CaO	30	214,671	30	5	32200,65
MgO	65,4	186,371	30	5	60943,317
Total	3000				8980133,831

Q total masuk = Aliran 1 + Aliran 3
 = 8980133,831joule + Q supply

Q keluar :

Aliran 2	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	10	2736,774	100	75	2052580,5

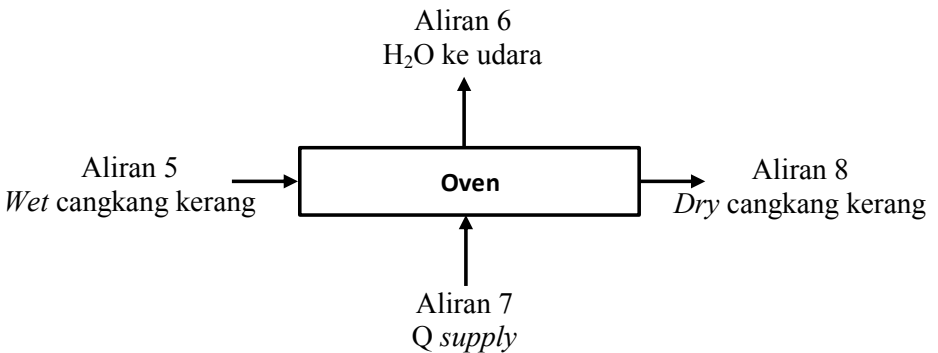


Aliran 4	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	2055,326	25513,732	100	75	3932927755
Al ₂ O ₃	630,292	17331	100	75	819269298,9
Fe ₂ O ₃	209,3	8248,016	100	75	129473231,2
CaO	29,9	3343,816	100	75	7498507,38
MgO	65,182	2944,831	100	75	14396248,07
Total	2990				4903565041

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 2} + \text{Aliran 4} \\
 &= 2052580,5 + 4903565041 \\
 &= 4905617621 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ supply} &= Q \text{ total keluar} - Q \text{ aliran 1} \\
 &= 454905617621 \text{ joule} - 8980133,831 \text{ joule} \\
 &= 4896637487 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

V.2.2. Neraca Panas Pengeringan Cangkang Kerang



Q masuk :

Aliran 5	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3919,6	762,035	30	5	14934361,93



Al ₂ O ₃	17,6	152,812	30	5	13447,456
Fe ₂ O ₃	11,2	519,708	30	5	29103,648
CaO	45,2	214,671	30	5	48515,646
MgO	6,4	186,371	30	5	5963,872
Total	3000				15031392,55

$$\begin{aligned} Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 5} + \text{Aliran 7} \\ &= 15031392,55 \text{ joule} + Q \text{ supply} \end{aligned}$$

Q keluar :

Aliran 6	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	10	2736,774	100	75	2052580,5

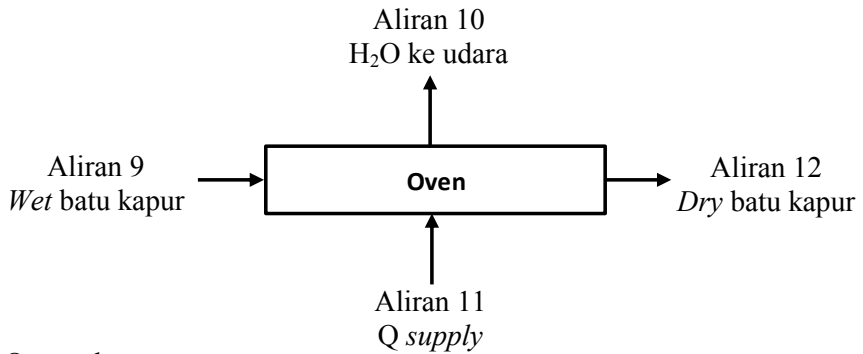
Aliran 8	massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3909,801	25513,732	100	75	7481521117
Al ₂ O ₃	17,556	17331	100	75	22819727,7
Fe ₂ O ₃	11,172	8248,016	100	75	6911012,606
CaO	45,087	3343,816	100	75	11307197,4
MgO	6,384	2944,831	100	75	1409985,083
Total	3990				7523969039

$$\begin{aligned} Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 6} + \text{Aliran 8} \\ &= 2052580,5 + 7523969039 \\ &= 7526021620 \text{ joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ supply} &= Q \text{ total keluar} - Q \text{ aliran 5} \\ &= 7526021620 \text{ joule} - 15031392,55 \text{ joule} \\ &= 7510990227 \text{ joule} \end{aligned}$$



V.2.3. Neraca Panas Pengeringan Batu Kapur



Q masuk :

Aliran 9	Massa (gr)	C _p (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3932,8	762,035	30	5	14984656,24
Al ₂ O ₃	7,2	152,812	30	5	5501,232
Fe ₂ O ₃	6	519,708	30	5	15591,24
CaO	18	214,671	30	5	19320,39
MgO	36	186,371	30	5	33546,78
Total	3000				15058615,88

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 9} + \text{Aliran 11} \\
 &= 15058615,88 \text{ joule} + Q \text{ supply}
 \end{aligned}$$

Q keluar :

Aliran 10	Massa (gr)	C _p (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	6	2736,774	100	75	1231548,3

Aliran 12	massa (gr)	C _p (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3926,9008	25513,732	100	75	7514242095

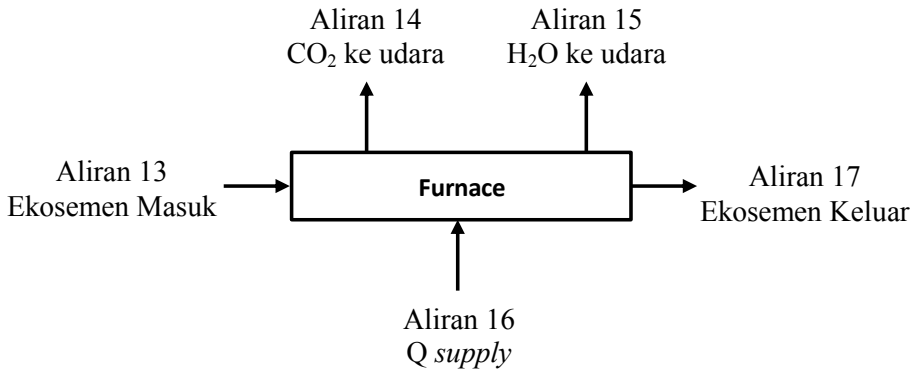


Al ₂ O ₃	7,1892	17331	100	75	9344701,89
Fe ₂ O ₃	5,991	8248,016	100	75	3706039,789
CaO	17,973	3343,816	100	75	4507380,373
MgO	35,946	2944,831	100	75	7939117,134
Total	3994				7539739334

$Q \text{ total keluar} = \text{Aliran 10} + \text{Aliran 12}$
 $= 1231548,3 + 7539739334$
 $= 7540970883 \text{ joule}$

$Q \text{ supply} = Q \text{ total keluar} - Q \text{ Aliran 9}$
 $= 7540970883 \text{ joule} - 15058615,88 \text{ joule}$
 $= 7525912267 \text{ joule}$

V.2.4. Neraca Panas Kalsinasi



Q masuk :

Aliran 13	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CaCO ₃	3653,058259	414,982	30	5	7579767,113
SiO ₂	606,5378469	762,035	30	5	2311015,341
Al ₂ O ₃	93,97065233	43957,308	30	5	20653484,54
Fe ₂ O ₃	74,03748366	228226,11	30	5	84486434,44
MgCO ₃	47,83960482	659	30	5	157631,4979



BAB V Neraca Massa dan Panas

H ₂ O	4,55615284	168,274	30	5	3833,410315
Total	3000				115192166,3

$$Q \text{ total masuk} = \text{Aliran 13} + \text{Aliran 16}$$

$$= 115192166,3 \text{ joule} + Q \text{ supply}$$

Q keluar :

Aliran 14	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CO ₂	6	7,17E+21	1400	1375	5,91395E+25

Aliran 15	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	6	56252,118	1400	1375	464079973,5

Aliran 17	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CaO	1961,148375	83791,163	1400	1375	2,25949E+11
SiO ₂	375,6894989	7276607,935	1400	1375	3,7589E+12
Al ₂ O ₃	98,38022885	43957,308	1400	1375	5946228779
Fe ₂ O ₃	95,3058467	228226,11	1400	1375	29908013648
CaCO ₃	511,4281563	177027,3442	1400	1375	1,24488E+11
sisa MgCO ₃	9,832177829	181225	1400	1375	2450025087
sisa MgO	22,75042792	66857,888	1400	1375	2091437648
Total	3074,534711				4,14519E+12

$$Q \text{ total keluar} = \text{Aliran 14} + \text{Aliran 15} + \text{Aliran 17}$$

$$= (5,91395E+25) + 464079973,5 + (4,14519E+12)$$

$$= 5,91395E+25 \text{ joule}$$

$$Q \text{ supply} = Q \text{ total keluar} - Q \text{ Aliran 13}$$

$$= (5,91395E+25 \text{ joule}) - (115192166,3 \text{ joule})$$

$$= 5,91395E+25 \text{ joule}$$

BAB VI ANALISIS KEUANGAN

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat ekosemen dalam 1 kali produksi, yang menjadi patokan adalah yang sesuai yaitu variabel CK 2, dengan komposisi sebagai berikut:

Batu Kapur	: 80 %	} = 80%
Cangkang Kerang	: 20 %	
Tanah Liat	: 15 %	
Pasir Silika	: 4 %	
Pasir Besi	: 1 %	
Gypsum	: 5 %	

Basis produksi ekosemen di *scale up* dengan kapasitas produksi per hari adalah 25 sak dengan masing-masing berisi 40 kg. Berikut adalah estimasi anggaran biaya :

Tabel 7.1. Biaya Investasi Peralatan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga Per unit	Total Biaya
1	Crusher	1 buah	6.000.000	6.000.000
2	Mixer	1 buah	300.000	300.000
3	Tungku Pembakaran	2 buah	2.000.000	4.000.000
4	Blower	1 buah	200.000	200.000
5	Ballmill	1 buah	2.500.000	2.500.000
6	Centong	2 buah	5.000	10.000
7	Bak	3 buah	15.000	45.000
8	Lap	3 buah	4.000	12.000
TOTAL				13.067.000

**Tabel 7.2.** Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi

No	Keterangan	Kuantitas	Harga	Total Biaya
1	Batu Kapur	640	-	-
2	Cangkang Kerang	160	-	-
3	Tanah Liat	150	-	-
4	Pasir Silika	40	3000/kg	3.120.000
5	Pasir Besi	10	200/kg	52.000
6	Gypsum	50	70000/kg	3.250.000
7	Aquadest	7 liter	1500/liter	273.000
8	Kertas Sak Semen	25 buah	1000/buah	390.000
TOTAL				7.085.000

Tabel 7.3. Biaya Pendukung Utilitas

No	Keterangan	Kuantitas	Harga	Total Biaya
1	Air	50 m ³	5000	250.000
2	Listrik	100 KWh	1300	130.000
TOTAL				380.000

Tabel 7.4. Biaya Pendukung Lainnya

No	Keterangan	Kuantitas	Harga	Total Biaya
1	Gaji Karyawan	2 orang	2.000.000	4.000.000
2	Maintenance Peralatan	-	5.000.000	5.000.000
TOTAL				9.000.000

VI.1. Fixed Cost (FC)

Fixed cost atau biaya tetap adalah total biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak berproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan dan *maintenance* peralatan.



1. Nilai Asset Peralatan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Harga Awal Peralatan} - \text{Total Harga Akhir Umur Peralatan}}{\text{Waktu (Tahun)}} \\ &= \frac{13.067.000 - 6.000.000}{20} = 353.350 \end{aligned}$$

Sehingga nilai asset peralatan pada akhir tahun ke-20 :
 $13.067.000 - 20 (353.350) = 6.000.000$

2. Sewa Bangunan	= 8.000.000
3. Utilitas	= 380.000
4. Gaji Karyawan	= 4.000.000
5. Maintenance Peralatan	= 5.000.000
	<hr/>
	23.380.000 +

VI.2. Variable Cost (VC)

Variable cost atau biaya variabel total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi. Biaya variabel akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variabel meliputi kebutuhan bahan baku.

1. Biaya Variabel per Produksi	= 272.500
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan	= 272.500 x 26
	= 7.085.000

Dari hasil *fixed cost* dan *variable cost* maka dapat diketahui biaya total produksi (TC) dalam waktu satu bulan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{TC} &= \text{FC} + \text{VC} \\ \text{TC} &= 23.380.000 + 7.085.000 \\ \text{TC} &= 30.465.000 \end{aligned}$$



VI.3. Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$\text{HPP} = \frac{\text{TC}}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

$$\text{HPP} = \frac{30.465.000}{26000}$$

$$\text{HPP} = 1.171,73$$

2. Laba (30 % dari HPP)

$$\text{Laba} = 30 \% \times 1.171,73 = 351,52$$

3. Harga Jual

$$\text{Harga Jual} = \text{HPP} + \text{Laba}$$

$$\text{Harga Jual} = 1.171,73 + 351,52 = 1.523,25$$

4. Hasil Penjualan per Bulan

$$\text{Hasil Penjualan/Bulan} = \text{Harga Jual} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Hasil Penjualan/Bulan} = 1.523,25 \times (650 \text{ sak})$$

$$\text{Hasil Penjualan/Bulan} = 990.112,50$$

5. Laba per Bulan

$$\text{Laba/Bulan} = \text{Laba} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Laba/Bulan} = 351,52 \times (650 \text{ sak})$$

$$\text{Laba/Bulan} = 228.487,50$$

6. Laba per Tahun

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Laba/Bulan} \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = 228.487,50 \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = 2.741.850,00$$

**VI.4. Break Even Point (BEP)**

Break even point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. BEP ini digunakan untuk menganalisa proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa uang yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal. Berikut adalah tabel perhitungan biaya penjualan untuk memperoleh BEP :

Tabel 7.5. Perhitungan Biaya Penjualan

Ekosemen yang Dijual	Penghasilan Total	Fixed Cost	Variabel Cost	Total Biaya
0	0	23.380.000	0	0,00
25 sak	1.523.250	23.380.000	1.171.731	24.551.731
50 sak	3.046.500	23.380.000	2.343.462	25.723.462
75 sak	4.569.750	23.380.000	3.515.192	26.895.192
100 sak	6.093.000	23.380.000	4.686.923	28.066.923
125 sak	7.616.250	23.380.000	7.030.385	30.410.385
150 sak	9.139.500	23.380.000	7.030.385	30.410.385
175 sak	10.662.750	23.380.000	8.202.115	31.582.115
200 sak	12.186.000	23.380.000	9.373.846	32.753.846
225 sak	13.709.250	23.380.000	10.545.577	33.925.577
250 sak	15.232.500	23.380.000	11.717.308	35.097.308
275 sak	16.755.750	23.380.000	12.889.038	36.269.038
300 sak	18.279.000	23.380.000	14.060.769	37.440.769
325 sak	19.802.250	23.380.000	15.232.500	38.612.500
350 sak	21.325.500	23.380.000	16.404.230	39.784.230
375 sak	22.848.750	23.380.000	17.575.961	40.955.961
400 sak	24.372.000	23.380.000	18.747.692	42.127.692
425 sak	25.895.250	23.380.000	19.919.423	43.299.423
450 sak	27.418.500	23.380.000	21.091.153	44.471.153
475 sak	28.941.750	23.380.000	22.262.884	45.642.884
500 sak	30.465.000	23.380.000	23.434.615	46.814.615
525 sak	31.988.250	23.380.000	24.606.346	47.986.346
550 sak	33.511.500	23.380.000	25.778.076	49.158.076

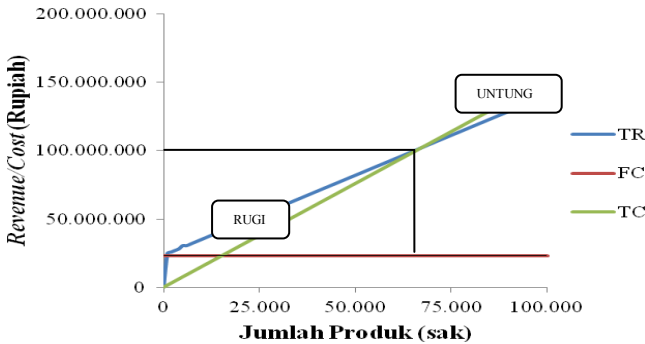
VI-6

BAB VI Analisis Keuangan



575 sak	35.034.750	23.380.000	26.949.807	50.329.807
600 sak	36.558.000	23.380.000	28.121.538	51.501.538
1.662 sak	101.313.333	23.380.000	77.933.333,33	101.313.333
1.750 sak	106.627.500	23.380.000	82.021.153,85	105.401.153
2.000 sak	121.860.000	23.380.000	93.738.461,54	117.118.461
2.250 sak	137.092.500	23.380.000	105.455.769	128.835.769
2.500 sak	152.325.000	23.380.000	117.173.076	140.553.076

Dari tabel 7.5. maka dapat dibuat grafik 7.1. sehingga dapat diketahui BEP :



Gambar 7.1. Grafik *Break Even Point* (BEP)

Keterangan :

BEP = *Break Even Point*

TC = *Total Cost*

TR = *Total Revenue*

FC = *Fixed Cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada saat produksi mencapai 1.622 sak dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar 101.313.333,33 dalam 66,51 hari dan atau 2,22 bulan.

Sumber: Engineering Economics, James L. Riggs

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap ekosemen, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : hasil pengujian densitas ekosemen pada substitusi 0%, 20%, 40%, 60% dan 100% cangkang kerang, menunjukkan semakin banyak substitusi cangkang kerang maka densitas semakin menurun. Hasil yang sama didapatkan pula pada pengujian kuat tekan ekosemen pada substitusi 0%, 20%, 40%, 60% dan 100% cangkang kerang menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dengan semakin banyak substitusi cangkang kerang, tetapi mengalami peningkatan pada setiap penambahan umur. Dalam pengujian waktu pengikatan ekosemen menunjukkan semakin banyak substitusi cangkang kerang maka waktu pengikatan semen akan semakin lama, namun hasil ini masih dalam batasan standar menurut SNI 15-2049-2004, yaitu untuk waktu ikat awal min. 45 menit dan waktu ikat akhir maks. 375 menit. Hasil terbaik terdapat pada variabel 0% cangkang kerang dan 100% batu kapur (blanko), dengan kandungan mineral utama C₃S 67,27%; C₂S 4,95%; C₃A 5,29% dan C₄AF 8,9%.

Dari data pengujian menunjukkan hasil pada ekosemen dengan substitusi 20%, 40%, 60% dan 100% cangkang kerang yang telah dibuat tidak lebih baik dari blanko (0% cangkang kerang), hal ini menunjukkan bahwa substitusi cangkang kerang dalam pembuatan ekosemen kurang efektif.

VII.2. Saran

Berdasarkan hasil pengalaman dalam melakukan penelitian di laboratorium, dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian lanjutan :

1. Perlu adanya penambahan jumlah variasi dalam variabel agar didapatkan data yang lebih lengkap dan akurat.



2. Perlu adanya pembandingan dengan menggunakan blanko semen jenis lain seperti *PPC* atau *PCC* untuk mengetahui hasil terbaik yang didapatkan.
3. Perlu adanya tambahan pengujian terhadap karakteristik semen baik fisika maupun kimia semen, seperti ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi semen dan lain-lain.
4. Perlu adanya penelitian terhadap bahan tambahan lain yang memiliki kandungan CaO kemudian dibandingkan dengan kandungan CaO pada cangkang kerang (*Anadara Grandis*).

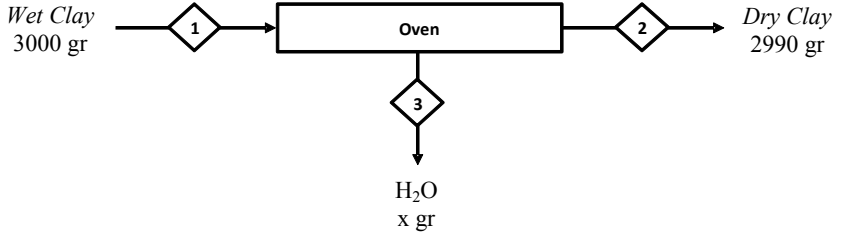
DAFTAR PUSTAKA

- Ariesta, F. (2013). Studi Eksperimental pembuatan ekosemen dari abu sampah dan cangkang kerang sebagai bahan alternatif pengganti semen. 1-5.
- ASTM C.150.2007 Standard Specification for Portland Cement (hal 1-10).
- Don. W. Green, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineers Handbook*. America: The Mc Graw-Hill Companies.
- Geankoplis, C. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: Prentice-Hall International.
- Kimia, D. J. (2009). *Departemen Roadmap Industri Semen*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Edisi Kedua. Yogyakarta: ANDI.
- Nawy, Edward G, Reinforce. 1985. *Concrete a Fundamental Approach*. Cetakan Pertama PT Eresco. Bandung
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton*. Edisi Pertama. Yogyakarta: ANDI.
- Nurbahri, W. (2011, Juni 10). *SEMEN*. Dipetik Juni 2015, 11, dari <http://mvyNurbahriWelcometomyblogWi.html>
- PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Pabrik Gresik dan Pabrik Tuban.
- Samekto, W. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius (Anggoata IKAPI).
- Siregar, S. M. (2009). *Pemanfaatan Kulit Kerang Dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer* .

- Sudarsono, T. A. (2012). 2012. *Pengaruh water cement ratio terhadap setting time semen injeksi pada conveyor drift ditambang bawah tanah* , 1-12.
- Susanti, N. (2009). Pembuatan Ekosemen dari abu sampah dan uji aplikasinya untuk panel beton. 1-117.
- Standart Nasional Indonesia 15-2049-2004. Semen Portland.
- Syahpoetri, N. A. (t.thn.). Pemanfaatan abu kulit kerang (*Anadara grandis*) untuk pembuatan ekosemen. 1-14.
- Widjojoko, L. (2010). Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar. 1-8.
- Wuryati, S. (2001). Dalam *Teknologi Beton* (hal. 1-9). Yogyakarta: Penerbit Kanisius (Anggota IKAPI).

APPENDIKS A NERACA MASSA

1. Neraca Massa Pengeringan Tanah Liat



Bahan Masuk = Bahan Keluar
Wet Clay = *Dry Clay* + H₂O
 3000 gr = 2990 gr + a gr
 x = 10 gr

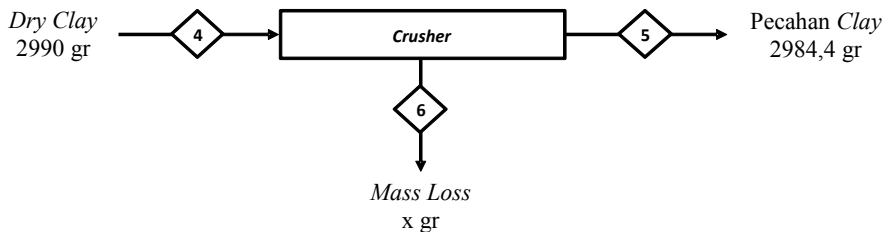
Aliran Masuk (1)		Aliran Keluar (2)	
<i>Wet Clay</i>	3000	<i>Dry Clay</i>	2990
		Aliran Keluar (3)	
		H ₂ O	10
Total	3000	Total	3000

Komponen Tanah Liat (%)	
SiO ₂	68.74
Al ₂ O ₃	21.08
Fe ₂ O ₃	7
CaO	1
MgO	2.18

Neraca massa tanah liat pada oven :

Aliran Masuk (1)		Aliran Keluar (2)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Clay</i>		<i>Dry Clay</i>	
SiO ₂	2062,2	SiO ₂	2055,326
Al ₂ O ₃	632,4	Al ₂ O ₃	630,292
Fe ₂ O ₃	210	Fe ₂ O ₃	209,3
CaO	30	CaO	29,9
MgO	65,4	MgO	65,182
		Aliran Keluar (3)	
		H ₂ O	10
Total	3000	Total	3000

2. Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di *Crusher*



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Dry Clay} &= \text{Pecahan Clay} + \text{Mass Loss} \\
 2990 \text{ gr} &= 2984,4 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 5,6 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

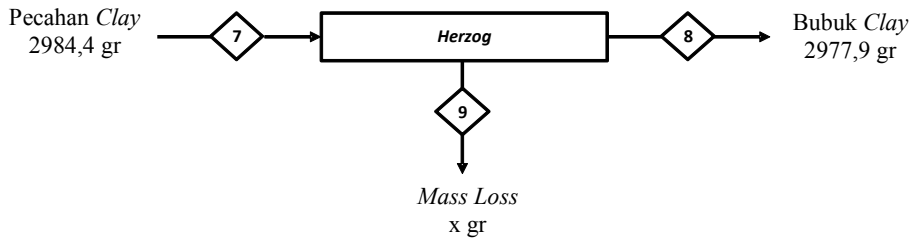
Aliran Masuk (4)		Aliran Keluar (5)	
<i>Dry Clay</i>	2990	<i>Clay Powder</i>	2984.4
		Aliran Keluar (6)	
		<i>Mass Loss</i>	5.6
Total	2990	Total	2990

Komponen Tanah Liat (%)	
SiO ₂	68.74
Al ₂ O ₃	21.08
Fe ₂ O ₃	7
CaO	1
MgO	2.18

Neraca massa tanah liat pada *crusher* :

Aliran Masuk (4)		Aliran Keluar (5)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry Clay</i>		<i>Pecahan Clay</i>	
SiO ₂	2055.326	SiO ₂	2051.47656
Al ₂ O ₃	630.292	Al ₂ O ₃	629.11152
Fe ₂ O ₃	209.3	Fe ₂ O ₃	208.908
CaO	29.9	CaO	29.844
MgO	65.182	MgO	65.05992
		Aliran Keluar (6)	
		<i>Mass Loss</i>	5.6
Total	2990	Total	2990

3. Neraca Massa Penghalusan Tanah Liat di Herzog



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Dry Clay} &= \text{Bubuk Clay} + \text{Mass Loss} \\
 2984,4 \text{ gr} &= 2977,9 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 6,5 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

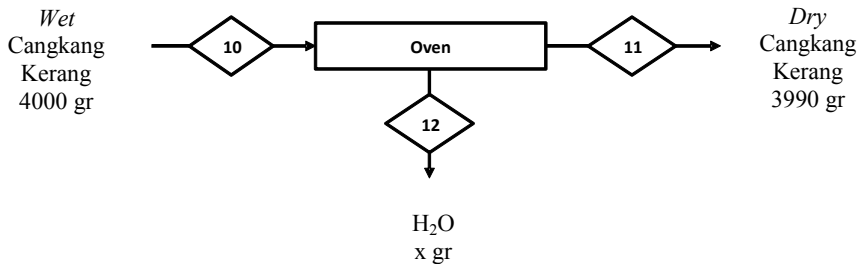
Aliran Masuk (7)		Aliran Keluar (8)	
<i>Dry Clay</i>	2984.4	<i>Clay Powder</i>	2977.9
		Aliran Keluar (9)	
		<i>Mass Loss</i>	6.5
Total	2984.4	Total	2984.4

Komponen Tanah Liat (%)	
SiO ₂	68.74
Al ₂ O ₃	21.08
Fe ₂ O ₃	7
CaO	1
MgO	2.18

Neraca massa tanah liat pada herzog :

Aliran Masuk (7)		Aliran Keluar (8)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pecahan <i>Clay</i>		<i>Bubuk Clay</i>	
SiO ₂	2051.47656	SiO ₂	2047.00846
Al ₂ O ₃	629.11152	Al ₂ O ₃	627.74132
Fe ₂ O ₃	208.908	Fe ₂ O ₃	208.453
CaO	29.844	CaO	29.779
MgO	65.05992	MgO	64.91822
		Aliran Keluar (9)	
		<i>Mass Loss</i>	6.5
Total	2984.4	Total	2984.4

4. Neraca Massa Pengeringan Cangkang Kerang



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Wet CK} &= \text{Dry CK} + \text{H}_2\text{O} \\
 4000 \text{ gr} &= 3990 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 10 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

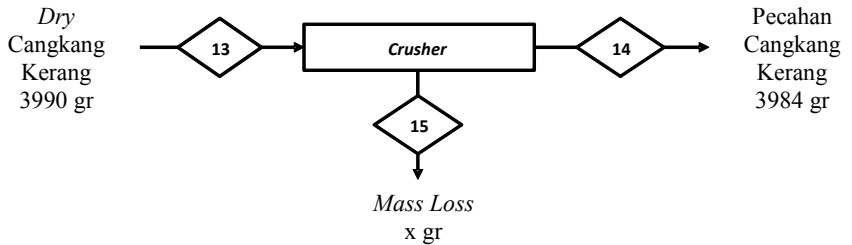
Aliran Masuk (10)		Aliran Keluar (11)	
<i>Wet CK</i>	4000	<i>Dry CK</i>	3990
		Aliran Keluar (12)	
		H ₂ O	10
Total	4000	Total	4000

Komponen CK (%)	
CaO	97.99
Al ₂ O ₃	0.44
Fe ₂ O ₃	0.28
SiO ₂	1.13
MgO	0.16

Neraca massa cangkang kerang pada oven :

Aliran Masuk (7)		Aliran Keluar (8)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Cangkang Kerang</i>		<i>Dry Cangkang Kerang</i>	
CaO	3919,6	CaO	3909,801
Al ₂ O ₃	17,6	Al ₂ O ₃	17,556
Fe ₂ O ₃	11,2	Fe ₂ O ₃	11,172
SiO ₂	45,2	SiO ₂	45,087
MgO	6,4	MgO	6,384
		Aliran Keluar (9)	
		H ₂ O	10
Total	4000	Total	4000

5. Neraca Massa Penghalusan Cangkang Kerang di *Crusher*



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Dry CK} &= \text{Pecahan CK} + \text{Mass Loss} \\
 3990 \text{ gr} &= 3984 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 6 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

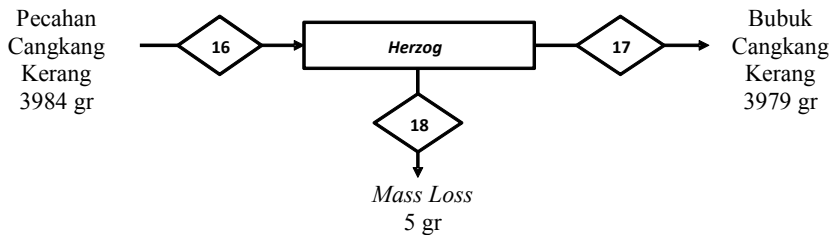
Aliran Masuk (13)		Aliran Keluar (14)	
Dry CK	3990	Pecahan CK	3984
		Aliran Keluar (15)	
		Mass Loss	6
Total	3990	Total	3990

Komponen CK (%)	
CaO	97.99
Al ₂ O ₃	0.44
Fe ₂ O ₃	0.28
SiO ₂	1.13
MgO	0.16

Neraca massa cangkang kerang pada *crusher* :

Aliran Masuk (10)		Aliran Keluar (11)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry Cangkang Kerang</i>		Pecahan Cangkang Kerang	
CaO	3909,801	CaO	3903,9216
Al ₂ O ₃	17,556	Al ₂ O ₃	17,5296
Fe ₂ O ₃	11,172	Fe ₂ O ₃	11,1552
SiO ₂	45,087	SiO ₂	45,0192
MgO	6,384	MgO	6,3744
		Aliran Keluar (12)	
		<i>Mass Loss</i>	6
Total	3990	Total	3990

V.6 Neraca Massa Penghalusan Cangkang Kerang di Herzog



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Pecahan CK} &= \text{Bubuk CK} + \text{Mass Loss} \\
 3984 \text{ gr} &= 3979 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 5 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

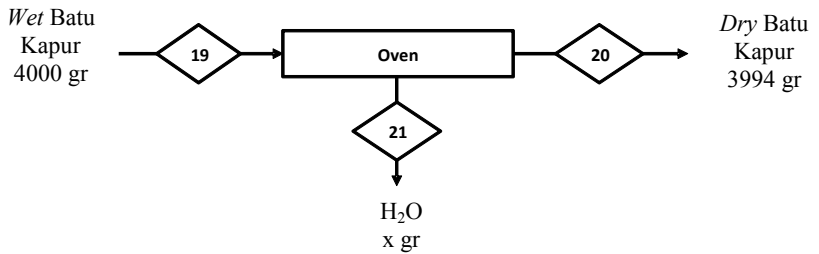
Aliran Masuk (16)		Aliran Keluar (17)	
Pecahan CK	3984	Bubuk CK	3979
		Aliran Keluar (18)	
		<i>Mass Loss</i>	5
Total	3984	Total	3984

Komponen CK (%)	
CaO	97.99
Al ₂ O ₃	0.44
Fe ₂ O ₃	0.28
SiO ₂	1.13
MgO	0.16

Neraca massa cangkang kerang pada Herzog :

Aliran Masuk (13)		Aliran Keluar (14)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pecahan Cangkang Kerang		Bubuk Cangkang Kerang	
CaO	3903,9216	CaO	3899,0221
Al ₂ O ₃	17,5296	Al ₂ O ₃	17,5076
Fe ₂ O ₃	11,1552	Fe ₂ O ₃	11,1412
SiO ₂	45,0192	SiO ₂	44,9627
MgO	6,3744	MgO	6,3664
		Aliran Keluar (15)	
		<i>Mass Loss</i>	5
Total	3984	Total	3984

7. Neraca Massa Pengeringan Batu Kapur



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Wet BK} &= \text{Dry BK} + H_2O \\
 4000\text{ gr} &= 3994\text{ gr} + x\text{ gr} \\
 x &= 6\text{ gr}
 \end{aligned}$$

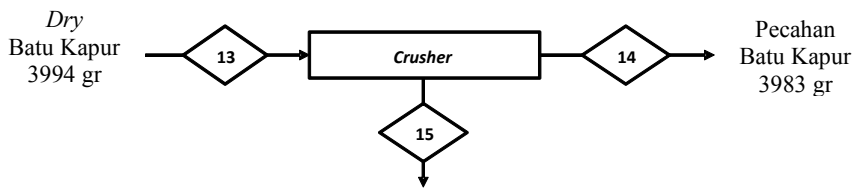
Aliran Masuk (19)		Aliran Keluar (20)	
<i>Wet BK</i>	4000	<i>Dry BK</i>	3994
		Aliran Keluar (21)	
		H_2O	6
Total	4000	Total	4000

Komponen BK (%)	
CaO	98.32
Al ₂ O ₃	0.18
Fe ₂ O ₃	0.15
SiO ₂	0.45
MgO	0.9

Neraca massa batu kapur pada oven :

Aliran Masuk (16)		Aliran Keluar (17)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Batu Kapur</i>		<i>Dry Batu Kapur</i>	
CaO	3932,8	CaO	3926,9008
Al ₂ O ₃	7,2	Al ₂ O ₃	7,1892
Fe ₂ O ₃	6	Fe ₂ O ₃	5,991
SiO ₂	18	SiO ₂	17,973
MgO	36	MgO	35,946
		Aliran Keluar (18)	
		H ₂ O	6
Total	4000	Total	4000

8. Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di *Crusher*



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Ke} && x \text{ gr} \\
 \text{Dry CK} &= \text{Pecahan CK} + \text{Mass Loss} \\
 3994 \text{ gr} &= 3983 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 11 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

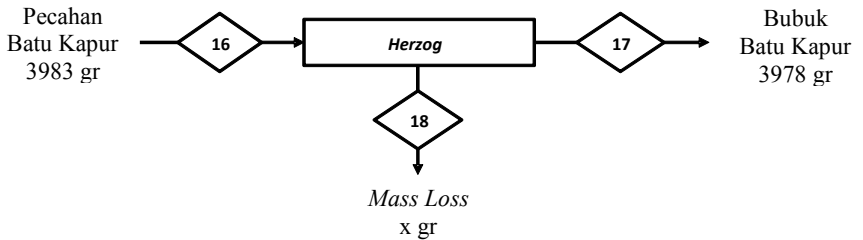
Aliran Masuk (22)		Aliran Keluar (23)	
<i>Dry</i> BK	3994	Pecahan BK	3983
		Aliran Keluar (24)	
		<i>Mass Loss</i>	11
Total	3994	Total	3994

Komponen BK (%)	
CaO	98.32
Al ₂ O ₃	0.18
Fe ₂ O ₃	0.15
SiO ₂	0.45
MgO	0.9

Neraca massa batu kapur pada *crusher* :

Aliran Masuk (19)		Aliran Keluar (20)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Dry</i> Batu Kapur		Pecahan Batu Kapur	
CaO	3926,9008	CaO	3916,0856
Al ₂ O ₃	7,1892	Al ₂ O ₃	7,1694
Fe ₂ O ₃	5,991	Fe ₂ O ₃	5,9745
SiO ₂	17,973	SiO ₂	17,9235
MgO	35,946	MgO	35,847
		Aliran Keluar (21)	
		<i>Mass Loss</i>	11
Total	3994	Total	3994

9. Neraca Massa Penghalusan Batu Kapur di Herzog



$$\begin{aligned} \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\ \text{Pecahan BK} &= \text{Bubuk BK} + \text{Mass Loss} \\ 3983 \text{ gr} &= 3978 \text{ gr} + x \text{ gr} \\ x &= 5 \text{ gr} \end{aligned}$$

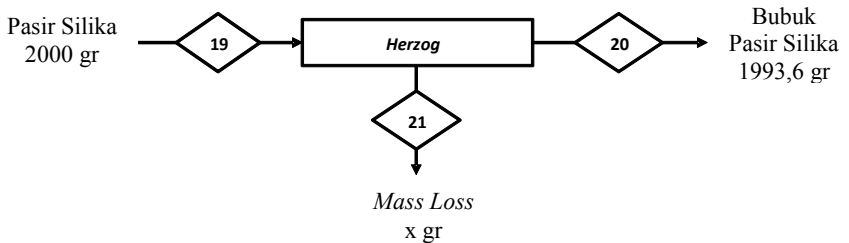
Aliran Masuk (25)		Aliran Keluar (26)	
Pecahan BK	3983	Bubuk BK	3978
		Aliran Keluar (27)	
		Mass Loss	5
Total	3983	Total	3983

Komponen BK (%)	
CaO	98.32
Al ₂ O ₃	0.18
Fe ₂ O ₃	0.15
SiO ₂	0.45
MgO	0.9

Neraca massa batu kapur pada Herzog :

Aliran Masuk (21)		Aliran Keluar (22)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pecahan Batu Kapur		Bubuk Batu Kapur	
CaO	3916,0856	CaO	3898,0422
Al ₂ O ₃	7,1694	Al ₂ O ₃	17,5032
Fe ₂ O ₃	5,9745	Fe ₂ O ₃	11,1384
SiO ₂	17,9235	SiO ₂	44,9514
MgO	35,847	MgO	6,3648
		Aliran Keluar (23)	
		<i>Mass Loss</i>	5
Total	3983	Total	3983

10. Neraca Massa Penghalusan Pasir Silika di Herzog



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Pasir Silika} &= \text{Bubuk PS} + \text{Mass Loss} \\
 2000 \text{ gr} &= 1993,6 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 6,4 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

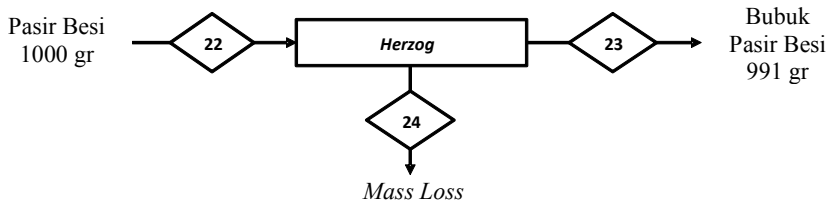
Aliran Masuk (28)		Aliran Keluar (29)	
Pasir Silika	2000	Bubuk PS	1993.6
		Aliran Keluar (30)	
		<i>Mass Loss</i>	6.4
Total	2000	Total	2000

Komponen Pasir Silika (%)	
SiO ₂	89.62
Al ₂ O ₃	4.55
Fe ₂ O ₃	1.85
CaO	3.82
MgO	0.16

Neraca massa pasir silika pada Herzog :

Aliran Masuk (24)		Aliran Keluar (25)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Pasir Silika		Bubuk Pasir Silika	
SiO ₂	1792,4	SiO ₂	1786,66432
Al ₂ O ₃	91	Al ₂ O ₃	90,7088
Fe ₂ O ₃	37	Fe ₂ O ₃	36,8816
CaO	76,4	CaO	76,15552
MgO	3,2	MgO	3,18976
		Aliran Keluar (26)	
		<i>Mass Loss</i>	6,4
Total	2000	Total	2000

11. Neraca Massa Penghalusan Pasir Besi di Herzog



$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Kelt} && x \text{ gr} \\
 \text{Pasir Besi} &= \text{Bubuk PB} + \text{Mass Loss} \\
 1000 \text{ gr} &= 991 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 9 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Aliran Masuk (31)		Aliran Keluar (32)	
Pasir Besi	1000	Bubuk PB	991
		Aliran Keluar (33)	
		Mass Loss	9
Total	1000	Total	1000

Komponen Pasir Besi (%)	
Fe ₂ O ₃	58.89
Al ₂ O ₃	5.12
SiO ₂	32.12
CaO	3.74
MgO	0.13

Neraca massa pasir besi pada Herzog :

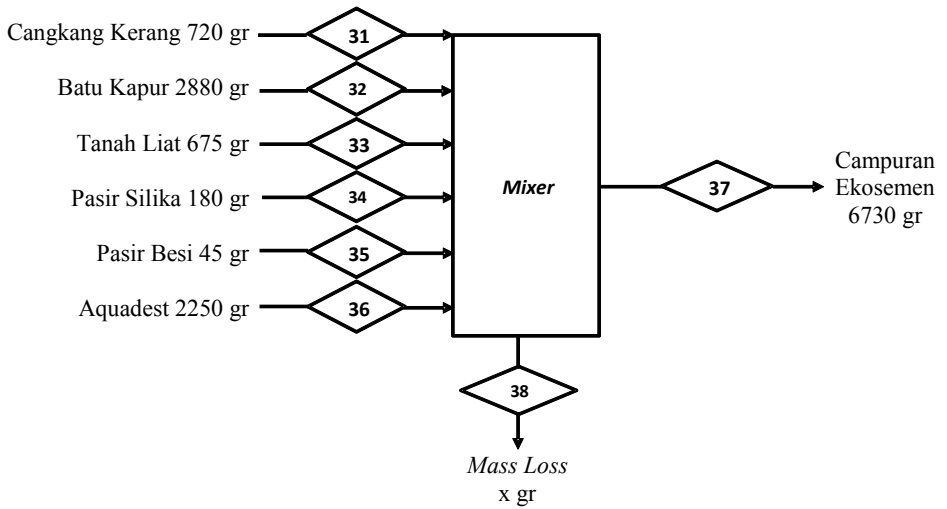
Aliran Masuk (27)		Aliran Keluar (28)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Cooper Slag</i>		<i>Bubuk Cooper Slag</i>	
Fe ₂ O ₃	588,9	SiO ₂	583,5999
Al ₂ O ₃	51,2	Al ₂ O ₃	50,7392
SiO ₂	321,2	Fe ₂ O ₃	318,3092
CaO	37,4	CaO	37,0634
MgO	1,3	MgO	1,2883
		Aliran Keluar (29)	
		<i>Mass Loss</i>	9
Total	1000	Total	1000

12. Neraca Massa Mixer

Basis = 4500 gr

Komponen	%	Variabel CK 2 (%)	Massa (gr)
Cangkang Kerang	80	20	720
Batu Kapur		80	2880
Clay	15	15	675
Pasir Silika	4	4	180
Pasir Besi	1	1	45
Total	100		4500

Penambahan Aquadest = 0,5 x Massa Campuran
 = 0,5 x 4500 gr
 = 2250 gr



Bahan Masuk = Bahan Keluar
 Campuran Masuk = Campuran Ekosemen + *Mass Loss*
 6750 gr = 6730 gr + x gr
 x = 20 gr

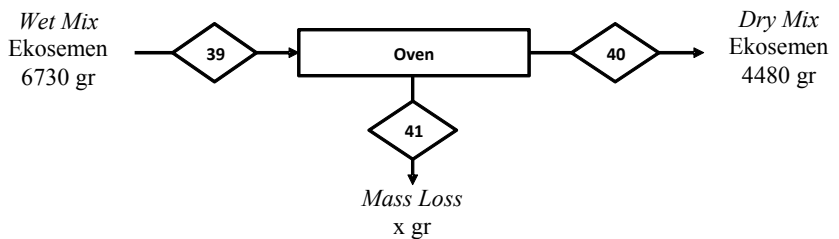
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aquadest	2250	Campuran Ekosemen	6730
Cangkang Kerang	720		
Batu Kapur	2880		
Tanah Liat	675		
Pasir Silika	180		
Pasir Besi	45	<i>Mass Loss</i>	20
Total	6750	Total	6750

Neraca massa ekosemen pada *mixer* :

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Aliran 30		Aliran36	
Cangkang Kerang		Mix Ekosemen	6730
CaO	705,528		
Al ₂ O ₃	3,168		
Fe ₂ O ₃	2,016		
SiO ₂	8,136		
MgO	1,152		
Aliran 31			
Batu Kapur			
CaO	2822,112		
Al ₂ O ₃	12,672		
Fe ₂ O ₃	8,064		
SiO ₂	32,544		
MgO	4,608		
Aliran 32		Aliran 37	
Tanah Liat		<i>Mass Loss</i>	20
CaO	463,995		
Al ₂ O ₃	142,29		
Fe ₂ O ₃	47,25		
SiO ₂	6,75		
MgO	14,715		
Aliran 33			
Pasir Silika			

CaO	161,316		
Al ₂ O ₃	8,19		
Fe ₂ O ₃	3,33		
SiO ₂	6,876		
MgO	0,288		
Aliran 34			
Pasir Besi			
CaO	26,5005		
Al ₂ O ₃	2,304		
Fe ₂ O ₃	14,454		
SiO ₂	1,683		
MgO	0,0585		
Aliran 35			
Aquadest	2250		
Total	6750	Total	6750

13. Neraca Massa Pengeringan Campuran Ekosemen



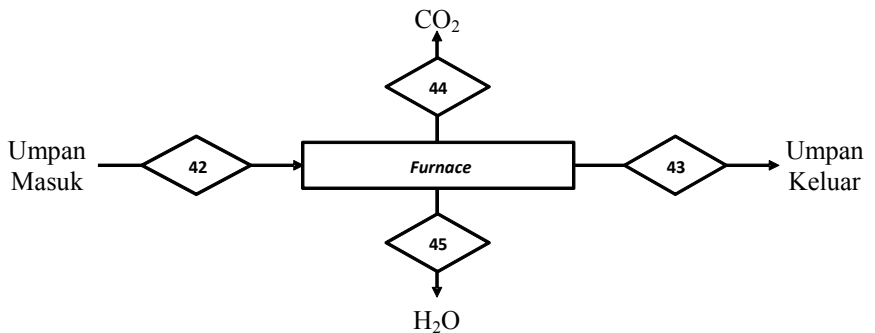
$$\begin{aligned}
 \text{Bahan Masuk} &= \text{Bahan Keluar} \\
 \text{Wet Mix Ekosemen} &= \text{Dry Mix Ekosemen} + \text{Mass Loss} \\
 6730 \text{ gr} &= 4480 \text{ gr} + x \text{ gr} \\
 x &= 2250 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Neraca massa campuran ekosemen pada oven :

Aliran Masuk (38)		Aliran Keluar (39)	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
<i>Wet Mix Ekosemen</i>		<i>Dry Mix Ekosemen</i>	
<i>Mix Ekosemen</i>	6730	<i>Mix Ekosemen</i>	4480
		Aliran Keluar (40)	
		H ₂ O	2250
Total	6730	Total	6730

V.14 Neraca Massa Kalsinasi pada *Furnace*

Bahan masuk *furnace* = 4480 gr



Komponen	% Berat
CaO	71,84
SiO ₂	21,3
Al ₂ O ₃	3,3
Fe ₂ O ₃	2,6
MgO	0,8
H ₂ O	0,16
Total	100

Diketahui :

Komponen	BM (gr/mol)
CaCO ₃	50
MgO	20
CaO	28
MgCO ₃	42
CO ₂	22

$$\begin{aligned} \% \text{ CaCO}_3 &= \frac{\text{BM CaCO}_3}{\text{BM CaO}} \times \% \text{ CaO} \\ &= \frac{50 \text{ gr/mol}}{28 \text{ gr/mol}} \times 71,84\% \\ &= 128,28 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ MgCO}_3 &= \frac{\text{BM MgCO}_3}{\text{BM MgO}} \times \% \text{ MgO} \\ &= \frac{42 \text{ gr/mol}}{20 \text{ gr/mol}} \times 0,8\% \\ &= 1,68\% \end{aligned}$$

Komponen	%
CaCO ₃	128,28
SiO ₂	21,3
Al ₂ O ₃	3,3
Fe ₂ O ₃	2,6
MgCO ₃	1,68
H ₂ O	0,16
total	157,32

Untuk merubah total menjadi 100% maka :

$$\text{CaCO}_3 = \frac{128,28\%}{157,32\%} \times 100\% = 81,54\%$$

$$\text{SiO}_2 = \frac{21,3\%}{157,32\%} \times 100\% = 13,54\%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{3,3\%}{157,32\%} \times 100\% = 2,09\%$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{2,6\%}{157,32\%} \times 100\% = 1,65\%$$

$$\text{MgCO}_3 = \frac{1,73\%}{157,32\%} \times 100\% = 1,07\%$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{0,16\%}{157,32\%} \times 100\% = 0,1\%$$

Sehingga komposisi umpan masuk *furnace* :

Komponen	% Berat	Massa (gr)
CaCO ₃	81,54	3653,058259
SiO ₂	13,54	606,5378469
Al ₂ O ₃	2,09	93,97065233
Fe ₂ O ₃	1,65	74,03748366
MgCO ₃	1,07	47,83960482
H ₂ O	0,1	4,55615284
Total	100%	4480

Reaksi kalsinasi *furnace* berlangsung dengan derajat kalsinasi 86% (data pabrik),

Komponen yang mengalami kalsinasi, yaitu CaCO₃ dan MgCO₃

Reaksi (1) :



$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 0,86 \times \text{berat CaCO}_3 \text{ dalam umpan} \\ &= 0,86 \times 3653,06 \\ &= 3141,63 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CaO terbentuk} &= \frac{\text{BM CaO}}{\text{BM CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\
 &= \frac{28 \text{ gr/mol}}{50 \text{ gr/mol}} \times 3141,63 \text{ gr} \\
 &= 1759,31 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} &= \frac{\text{BM CO}_2}{\text{BM CaCO}_3} \times \text{berat CaCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} \\
 &= \frac{22 \text{ gr/mol}}{50 \text{ gr/mol}} \times 3141,63 \text{ gr} \\
 &= 1382,32 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CaCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Berat CaCO}_3 \text{ dalam umpan} - (\text{Berat CaO} + \text{Berat CO}_2) \\
 &= 3653,06 - (1759,31 + 1382,32) \\
 &= 511,43 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Reaksi (2) :



$$\begin{aligned}
 \text{MgCO}_3 \text{ yang terkalsinasi} &= 0,86 \times \text{berat MgCO}_3 \text{ dalam umpan} \\
 &= 0,86 \times 47,84 \text{ gr} \\
 &= 41,14 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MgO yang terbentuk} &= \frac{\text{BM MgO}}{\text{BM MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\
 &= \frac{20 \text{ gr/mol}}{42 \text{ gr/mol}} \times 41,14 \text{ gr} \\
 &= 16,46 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ terbentuk} &= \frac{\text{BM CO}_2}{\text{BM MgCO}_3} \times \text{berat MgCO}_3 \text{ terkalsinasi} \\
 &= \frac{22 \text{ gr/mol}}{42 \text{ gr/mol}} \times 41,14 \text{ gr} \\
 &= 21,55 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MgCO}_3 \text{ sisa} &= \text{Berat MgCO}_3 - (\text{berat MgO} + \text{berat CO}_2) \\
 &= 47,84 - (16,46 + 21,55) \text{ gr} \\
 &= 9,83 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Komposisi umpan *furnace* setelah kalsinasi :

Komponen	% Berat	Massa (gr)
CaO	63,79	1961,148375
SiO ₂	12,22	375,6894989
Al ₂ O ₃	3,2	98,38022885
Fe ₂ O ₃	3,1	95,3058467
CaCO ₃ sisa	16,63	511,4281563
MgCO ₃ sisa	0,32	9,832177829
MgO	0,74	22,75042792
Total	100	3074,534711

$$\begin{aligned}
 \text{Total CO}_2 &= \text{CO}_2 \text{ terbentuk reaksi I} + \text{CO}_2 \text{ terbentuk reaksi II} \\
 &= 1382,32 \text{ gr} + 21,55 \\
 &= 1403,8678 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

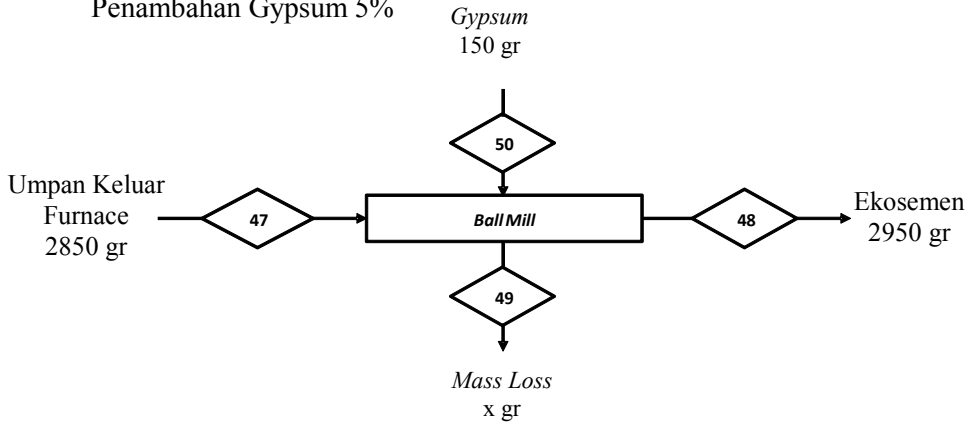
Maka dari perhitungan dapat diketahui :

Input		Output	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)
Aliran 41		Aliran 42	
Umpan Masuk	4480	Umpan Keluar	3074,3822
		Aliran 43	
		CO ₂ hasil kalsinasi	1403,8678
		Aliran 44	
		H ₂ O yg menguap	1,75
Total	4480	Total	4480

15. Neraca Massa Penghalusan Ekosemen

Basis ekosemen = 3000 gr

Penambahan Gypsum 5%



Bahan Masuk

Umpan Keluar *Furnace* + Gypsum

2850 gr + 150 gr

x

= Bahan Keluar

= Ekosemen + *Mass Loss*

= 2950 gr + x gr

= 50 gr

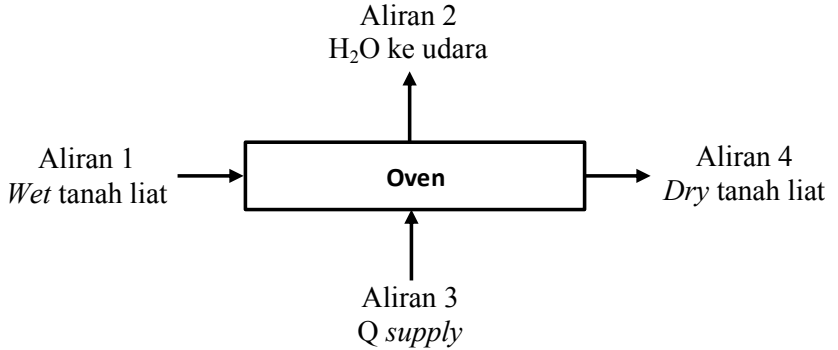
Neraca massa ekosemen pada *ball mill* :

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Komposisi (gr)	Komponen	Komposisi (gr)
Aliran 45		Aliran 47	
Umpan Keluar Furnace		Ekosemen	
CaO	1818,015	CaO	1790,65
SiO ₂	348,27	SiO ₂	339,25
Al ₂ O ₃	91,2	Al ₂ O ₃	89,68
Fe ₂ O ₃	88,35	Fe ₂ O ₃	87,025
CaCO ₃		CaCO ₃	
sisia	473,955	sisia	466,1

MgCO ₃ sisa	9,12	MgCO ₃ sisa	8,85
MgO	21,09	MgO	20,945
Aliran 46		SO ₃	147,5
Gypsum		Aliran 48	
SO ₃	150	<i>Mass Loss</i>	50
Total	3000	Total	3000

APPENDIKS B NERACA PANAS

VI.1 Neraca Panas Pengeringan Tanah Liat



Diketahui C_p , sebagai berikut:

Komponen	Suhu	C_p (J/gr °C)	Sumber
CaO	30°C	214,671	Himmelblau
Al ₂ O ₃	30°C	152,812	Perry's
Fe ₂ O ₃	30°C	519,708	Himmelblau
SiO ₂	30°C	762,035	Thermodynamic
MgO	30°C	186,371	Himmelblau
CaO	100°C	3343,816	Himmelblau
Al ₂ O ₃	100°C	17331	Himmelblau
Fe ₂ O ₃	100°C	8248,016	Himmelblau
SiO ₂	100°C	25513,732	Himmelblau
MgO	100°C	2944,831	Himmelblau
H ₂ O	100°C	2736,774	Himmelblau

Q masuk :

Aliran 1	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	2062,4	762,035	30	5	7858104,92
Al ₂ O ₃	632,4	152,812	30	5	483191,544
Fe ₂ O ₃	210	519,708	30	5	545693,4
CaO	30	214,671	30	5	32200,65
MgO	65,4	186,371	30	5	60943,317
Total	3000				8980133,831

$$\begin{aligned} Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 1} + \text{Aliran 3} \\ &= 8980133,831 \text{ joule} + Q \text{ supply} \end{aligned}$$

Q keluar :

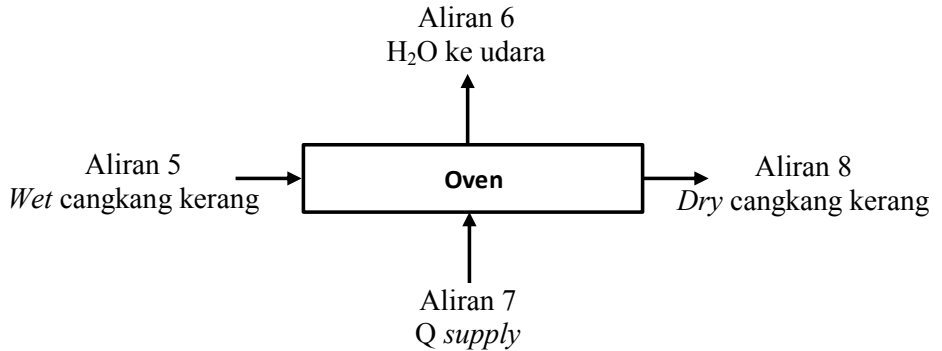
Aliran 2	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	10	2736,774	100	75	2052580,5

Aliran 4	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	2055,326	25513,732	100	75	3932927755
Al ₂ O ₃	630,292	17331	100	75	819269298,9
Fe ₂ O ₃	209,3	8248,016	100	75	129473231,2
CaO	29,9	3343,816	100	75	7498507,38
MgO	65,182	2944,831	100	75	14396248,07
Total	2990				4903565041

$$\begin{aligned} Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 2} + \text{Aliran 4} \\ &= 2052580,5 + 4903565041 \\ &= 4905617621 \text{ joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{supply}} &= Q_{\text{total keluar}} - Q_{\text{aliran 1}} \\
 &= 454905617621 \text{ joule} - 8980133,831 \text{ joule} \\
 &= 4896637487 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

VI.2 Neraca Panas Pengeringan Cangkang Kerang



Diketahui C_p , sebagai berikut:

Komponen	Suhu	C_p (J/gr °C)	Sumber
CaO	30°C	214,671	Himmelblau
Al ₂ O ₃	30°C	152,812	Perry's
Fe ₂ O ₃	30°C	519,708	Himmelblau
SiO ₂	30°C	762,035	Thermodynamic
MgO	30°C	186,371	Himmelblau
CaO	100°C	3343,816	Himmelblau
Al ₂ O ₃	100°C	17331	Himmelblau
Fe ₂ O ₃	100°C	8248,016	Himmelblau
SiO ₂	100°C	25513,732	Himmelblau
MgO	100°C	2944,831	Himmelblau

H ₂ O	100°C	2736,774	Himmelblau
------------------	-------	----------	------------

Q masuk :

Aliran 5	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3919,6	762,035	30	5	14934361,93
Al ₂ O ₃	17,6	152,812	30	5	13447,456
Fe ₂ O ₃	11,2	519,708	30	5	29103,648
CaO	45,2	214,671	30	5	48515,646
MgO	6,4	186,371	30	5	5963,872
Total	3000				15031392,55

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 5} + \text{Aliran 7} \\
 &= 15031392,55 \text{ joule} + Q \text{ supply}
 \end{aligned}$$

Q keluar :

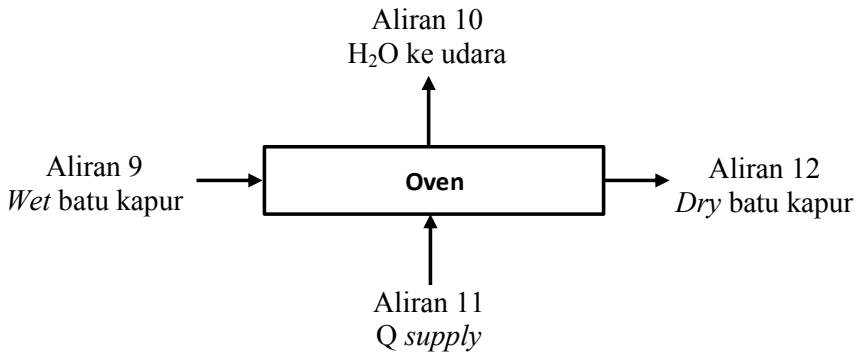
Aliran 6	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	10	2736,774	100	75	2052580,5

Aliran 8	massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3909,801	25513,732	100	75	7481521117
Al ₂ O ₃	17,556	17331	100	75	22819727,7
Fe ₂ O ₃	11,172	8248,016	100	75	6911012,606
CaO	45,087	3343,816	100	75	11307197,4
MgO	6,384	2944,831	100	75	1409985,083
Total	3990				7523969039

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 6} + \text{Aliran 8} \\
 &= 2052580,5 + 57523969039 \\
 &= 7526021620 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{supply} &= Q_{total\ keluar} - Q_{aliran\ 5} \\
 &= 7526021620 \text{ joule} - 15031392,55 \text{ joule} \\
 &= 7510990227 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

VI.3 Neraca Panas Pengeringan Batu Kapur



Diketahui C_p , sebagai berikut:

Komponen	Suhu	C_p (J/gr °C)	Sumber
CaO	30°C	214,671	Himmelblau
Al ₂ O ₃	30°C	152,812	Perry's
Fe ₂ O ₃	30°C	519,708	Himmelblau
SiO ₂	30°C	762,035	Thermodynamic
MgO	30°C	186,371	Himmelblau
CaO	100°C	3343,816	Himmelblau
Al ₂ O ₃	100°C	17331	Himmelblau
Fe ₂ O ₃	100°C	8248,016	Himmelblau
SiO ₂	100°C	25513,732	Himmelblau
MgO	100°C	2944,831	Himmelblau
H ₂ O	100°C	2736,774	Himmelblau

Q masuk :

Aliran 9	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3932,8	762,035	30	5	14984656,24
Al ₂ O ₃	7,2	152,812	30	5	5501,232
Fe ₂ O ₃	6	519,708	30	5	15591,24
CaO	18	214,671	30	5	19320,39
MgO	36	186,371	30	5	33546,78
Total	3000				15058615,88

$$\begin{aligned} Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 9} + \text{Aliran 11} \\ &= 15058615,88 \text{ joule} + Q \text{ supply} \end{aligned}$$

Q keluar :

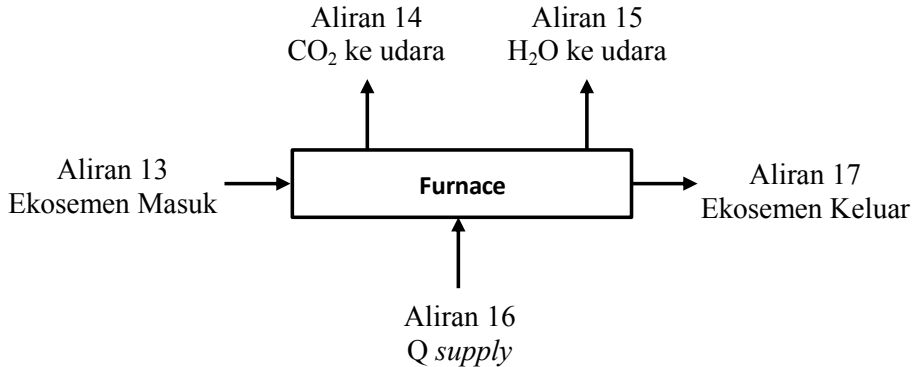
Aliran 10	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	6	2736,774	100	75	1231548,3

Aliran 12	massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
SiO ₂	3926,9008	25513,732	100	75	7514242095
Al ₂ O ₃	7,1892	17331	100	75	9344701,89
Fe ₂ O ₃	5,991	8248,016	100	75	3706039,789
CaO	17,973	3343,816	100	75	4507380,373
MgO	35,946	2944,831	100	75	7939117,134
Total	3994				7539739334

$$\begin{aligned} Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 10} + \text{Aliran 12} \\ &= 1231548,3 + 7539739334 \\ &= 7540970883 \text{ joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{supply} &= Q_{total\ keluar} - Q_{Aliran\ 9} \\
 &= 7540970883 \text{ joule} - 15058615,88 \text{ joule} \\
 &= 7525912267 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

VI.4 Neraca Panas Kalsinasi



Diketahui C_p :

Komponen	Suhu	C_p (J/g $^{\circ}C$)	Sumber
CaCO ₃	30 $^{\circ}C$	414,982	Himmelblau
Al ₂ O ₃	30 $^{\circ}C$	152,812	Perry's
Fe ₂ O ₃	30 $^{\circ}C$	519,708	Himmelblau
SiO ₂	30 $^{\circ}C$	762,035	Thermodynamic
MgCO ₃	30 $^{\circ}C$	659	NIST
H ₂ O	30 $^{\circ}C$	168,274	Himmelblau
CaCO ₃	1400 $^{\circ}C$	177027,3442	Himmelblau
Al ₂ O ₃	1400 $^{\circ}C$	43957,308	Himmelblau
Fe ₂ O ₃	1400 $^{\circ}C$	228226,11	Himmelblau
SiO ₂	1400 $^{\circ}C$	7276607,935	Himmelblau
MgCO ₃	1400 $^{\circ}C$	181225	NIST

MgO	1400°C	66857,888	Himmelblau
CaO	1400°C	83791,163	Himmelblau
CO ₂	1400°C	7,17E+21	Himmelblau
H ₂ O	1400°C	56252,118	Himmelblau

Q masuk :

Aliran 13	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CaCO ₃	3653,058259	414,982	30	5	7579767,113
SiO ₂	606,5378469	762,035	30	5	2311015,341
Al ₂ O ₃	93,97065233	43957,308	30	5	20653484,54
Fe ₂ O ₃	74,03748366	228226,11	30	5	84486434,44
MgCO ₃	47,83960482	659	30	5	157631,4979
H ₂ O	4,55615284	168,274	30	5	3833,410315
Total	3000				115192166,3

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total masuk} &= \text{Aliran 13} + \text{Aliran 16} \\
 &= 115192166,3 \text{ joule} + Q \text{ supply}
 \end{aligned}$$

Q keluar :

Aliran 14	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CO ₂	6	7,17E+21	1400	1375	5,91395E+25

Aliran 15	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
H ₂ O	6	56252,118	1400	1375	464079973,5

Aliran 17	Massa (gr)	Cp (J/gr °C)	T (°C)	ΔT (°C)	ΔH (joule)
CaO	1961,148375	83791,163	1400	1375	2,25949E+11
SiO ₂	375,6894989	7276607,935	1400	1375	3,7589E+12

Al ₂ O ₃	98,38022885	43957,308	1400	1375	5946228779
Fe ₂ O ₃	95,3058467	228226,11	1400	1375	29908013648
CaCO ₃ sisa	511,4281563	177027,3442	1400	1375	1,24488E+11
MgCO ₃ sisa	9,832177829	181225	1400	1375	2450025087
MgO	22,75042792	66857,888	1400	1375	2091437648
Total	3074,534711				4,14519E+12

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total keluar} &= \text{Aliran 14} + \text{Aliran 15} + \text{Aliran 17} \\
 &= (5,91395\text{E}+25) + 464079973,5 + (4,14519\text{E}+12) \\
 &= 5,91395\text{E}+25 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ supply} &= Q \text{ total keluar} - Q \text{ Aliran 13} \\
 &= (5,91395\text{E}+25 \text{ joule}) - (115192166,3 \text{ joule}) \\
 &= 5,91395\text{E}+25 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

APPENDIKS C PENGUJIAN EKOSEMEN

❖ Pengujian Densitas Ekosemen

1) CK 1

- Volume Awal = 0,2 ml
- Volume Akhir = 20,1 ml
- Suhu = 25,5 °C
- Berat Sampel (m) = 60 gram
- Δ Volume (V) = 20,1 ml – 0,2 ml = 19,9 ml

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m}{V} = \frac{60 \text{ gr}}{19,9 \text{ ml}} = 3,0151 \text{ gr/ml}$$

$$= 3,0151 \text{ gr/cm}^3$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh hasil pengujian densitas tiap variabel ekosemen dengan cara yang sama, sebagai berikut:

$$\text{CK 1} = 3,0151 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{CK 2} = 3,0076 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{CK 3} = 3,0001 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{CK 4} = 2,9926 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{CK 5} = 2,9851 \text{ gr/cm}^3$$

❖ Pengujian Kehalusan Ekosemen

1) CK 1

- Densitas = 3,0151 gr/cm³
- Volume Bed = 1,8673
- **Berat (gr)** = *densitas x vol. bed x 0,5*
- **Berat** = 3,0151 x 1,8673 x 0,5 = 2,8151 gr

Dari perhitungan diatas, diperoleh hasil pengujian berat tiap variabel ekosemen dengan cara yang sama, sebagai berikut:

- CK 1 = 2,8151 gr
 CK 2 = 2,8081 gr
 CK 3 = 2,8010 gr
 CK 4 = 2,7940 gr
 CK 5 = 2,7870 gr

Dari berat masing-masing ekosemen ini, selanjutnya akan di masukkan kedalam torak/*plunger* untuk pengujian kehalusan dengan alat *Blaine*.

❖ Pengujian Kuat Tekan Ekosemen

$$P = \frac{F}{A} = \frac{Kg}{cm^2} = Kg/cm^2$$

Keterangan:

- P = Kuat Tekan Ekosemen (Kg/cm^2)
 F = Beban Ekosemen (Kg)
 A = Luas Cetakan Benda Uji Ekosemen (5 cm x 5 cm)

➤ Umur 1 Hari

1) CK 1

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2785 Kg}{25 cm^2} = 111,4 Kg/cm^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2847 Kg}{25 cm^2} = 113,88 Kg/cm^2$$

2) CK 2

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1876 Kg}{25 cm^2} = 75,04 Kg/cm^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2005 Kg}{25 cm^2} = 80,2 Kg/cm^2$$

3) CK 3

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1458 Kg}{25 cm^2} = 58,32 Kg/cm^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1495 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 59,8 \text{ Kg/cm}^2$$

4) CK 4

$$P = \frac{F}{A} = \frac{850 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 34 \text{ Kg/cm}^2$$

5) CK 5

$$P = \frac{F}{A} = \frac{750 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

➤ **Umur 3 Hari**

1) CK 1

$$P = \frac{F}{A} = \frac{6558 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 262,32 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{6391 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 255,64 \text{ Kg/cm}^2$$

2) CK 2

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5562 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 222,48 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5609 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 224,36 \text{ Kg/cm}^2$$

3) CK 3

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4010 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 160,4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4194 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 167,76 \text{ Kg/cm}^2$$

4) CK 4

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3385 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 135,4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3318 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 132,72 \text{ Kg/cm}^2$$

5) CK 5

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2896 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 115,84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3139 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 125,56 \text{ Kg/cm}^2$$

➤ **Umur 7 Hari**

1) CK 1

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7866 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 314,64 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8341 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 333,64 \text{ Kg/cm}^2$$

2) CK 2

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7426 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 297,04 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7382 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 295,28 \text{ Kg/cm}^2$$

3) CK 3

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5767 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 230,68 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5880 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 235,2 \text{ Kg/cm}^2$$

4) CK 4

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4834 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 193,36 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4747 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 189,88 \text{ Kg/cm}^2$$

5) CK 5

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4151 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 166,04 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4393 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 175,72 \text{ Kg/cm}^2$$

➤ **Umur 28 Hari**

1) CK 1

$$P = \frac{F}{A} = \frac{10548 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 421,9 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{10074 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 403,0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{9319 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 372,7 \text{ Kg/cm}^2$$

2) CK 2

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8394 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 335,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8866 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 354,6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8047 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 321,9 \text{ Kg/cm}^2$$

3) CK 3

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7288 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 291,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{6910 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 276,4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{7461 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 298,4 \text{ Kg/cm}^2$$

4) CK 4

$$P = \frac{F}{A} = \frac{6202 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 248,1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5667 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 226,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5943 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 237,7 \text{ Kg/cm}^2$$

5) CK 5

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5293 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 211,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5642 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 225,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5174 \text{ Kg}}{25 \text{ cm}^2} = 207,0 \text{ Kg/cm}^2$$

❖ Pengujian Waktu Pengikatan Ekosemen

1) CK 1

- Waktu Ikat Awal
= 08:34 – 11.13
= 159 menit

- Waktu Ikat Akhir
= 11:13 - 12:06
= 212 menit

2) CK 1

- Waktu Ikat Awal
= 08:50 – 11:44
= 174 menit
- Waktu Ikat Akhir
= 11:44 - 12:29
= 219 menit

3) CK 1

- Waktu Ikat Awal
= 09:00 – 12:13
= 193 menit
- Waktu Ikat Akhir
= 12:13 – 13:09
= 249 menit

4) CK 1

- Waktu Ikat Awal
= 09:10 – 12:34
= 204 menit
- Waktu Ikat Akhir
= 12:34 – 13:27
= 257 menit

5) CK 1

- Waktu Ikat Awal
= 09:20 – 12:40
= 200 menit

- Waktu Ikat Akhir
= 12:40 - 13:36
= 256 menit

TAHAP PRE-TREATMENT BAHAN

Mulai



Cangkang Kerang



Batu Kapur



Clay (High)



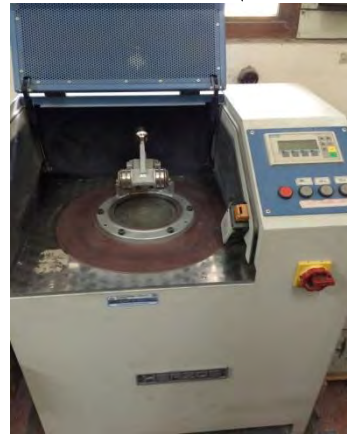
Pasir Silika



Pasir Besi



Jaw Crusher
(untuk yang kasar)



Herzog
(untuk yang halus)



Cangkang Kerang



Clay (High)



Batu Kapur



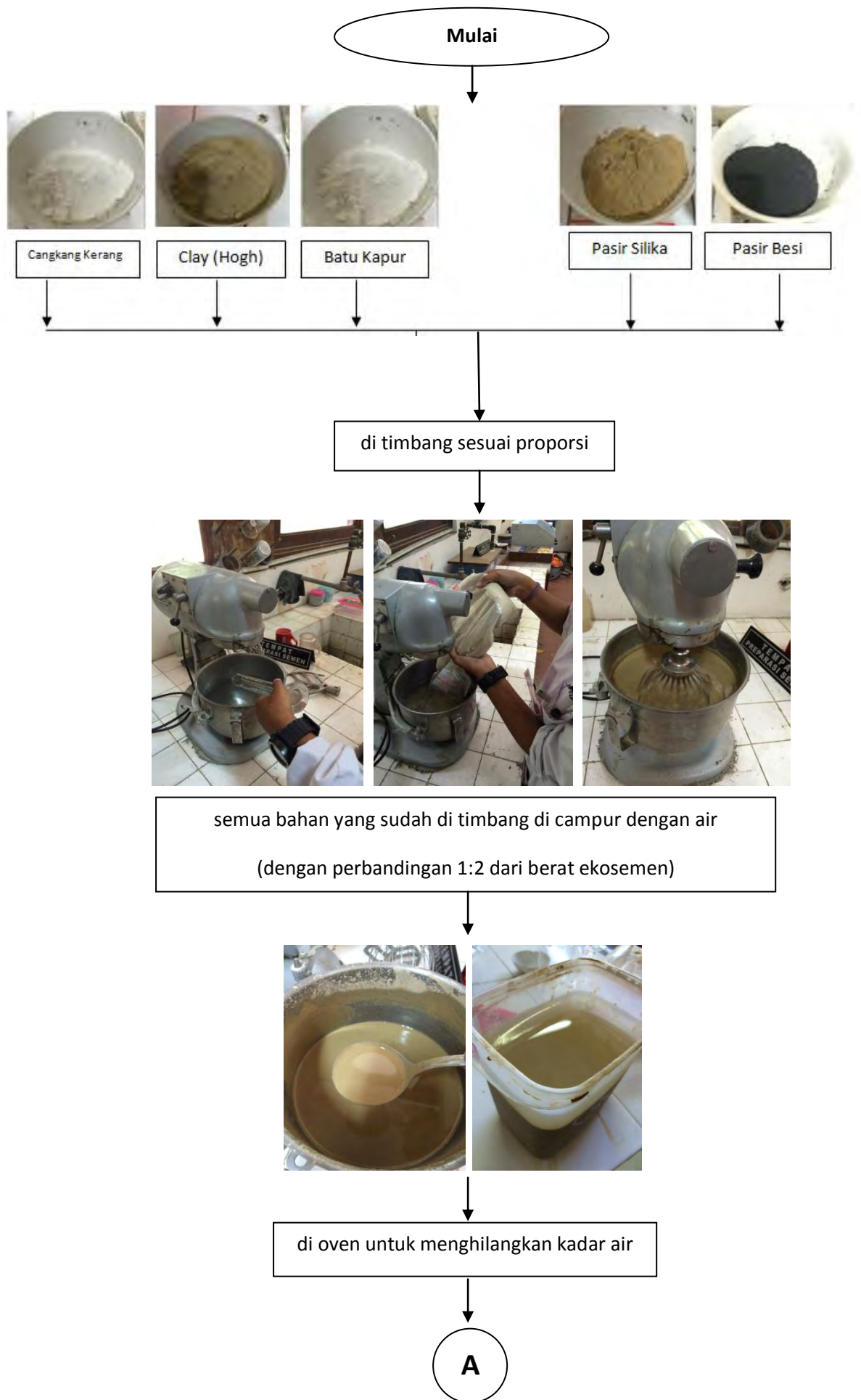
Pasir Silika



Pasir Besi

Selesai

TAHAP PROSES PERCOBAAN PEMBUATAN EKOSEMEN



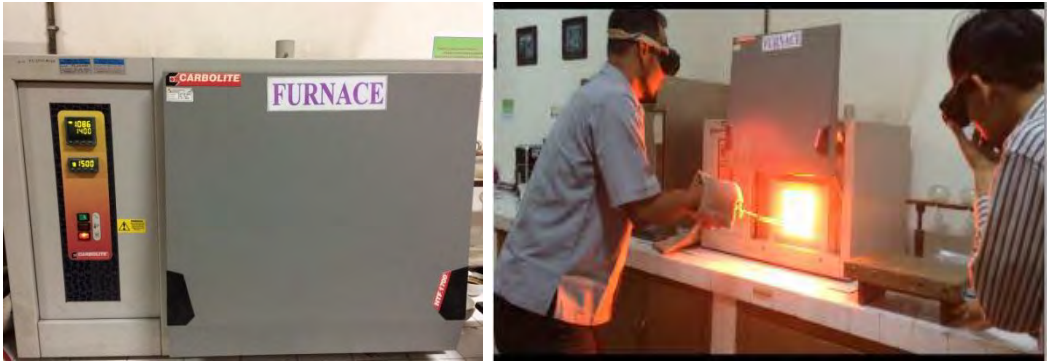
A



gambar ekosemen dari setelah di oven



di bulat-bulatkan seperti kelereng, untuk melanjutkan proses pembakaran



proses pembakaran ekosemen pada temperatur dalam furnace $\pm 1400^{\circ}\text{C}$, selanjutnya proses pendinginan secara mendadak

B

B

clinker

gypsum 5 %



proses penggilingan/pencampuran clinker dengan gypsum agar menjadi semen



ekosemen

Selesai

TAHAP ANALISA PENGUJIAN FISIKA EKOSEMEN (Uji Kuat Tekan)

Mulai



menimbang ekosemen, pasir, dan air sesuai proporsi tiap variabelnya



Mencampur semua adonan, dan mengatur kecepatan mixer sesuai prosedur

A

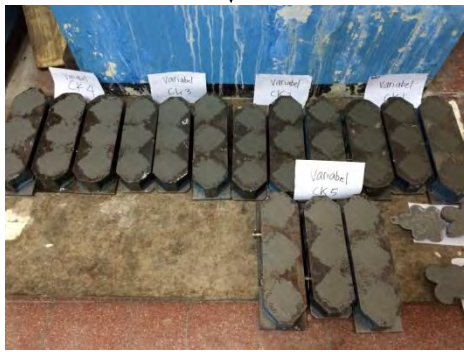
A



setelah pengadukan, rapikan adonan dari alat mixer



mencetak adonan ke dalam cetakan kubus 5x5x5 cm



hasil benda uji untuk kuat tekan

B

B



setelah benda uji siap digunakan, benda uji di rendam dengan air, namun untuk benda uji untuk kuat tekan umur 1 hari hanya menggunakan lap basah.



persiapkan benda uji yang akan digunakan untuk uji kuat tekan umur 1, 3, 7 dan 28 hari



masukkan benda uji ke dalam alat untuk di uji kuat tekannya

C

C



catat hasil kuat tekan tiap masing-masing benda uji

Selesai

TAHAP ANALISA PENGUJIAN FISIKA EKOSEMEN (Uji Lama Waktu Pengikatan)

Mulai



menimbang ekosemen dan aquadest sesuai proporsi untuk tiap variabelnya



ekosemen dan aquadest dimasukkan ke dalam mixer, dan melakukan pengadukan sesuai kecepatan



ekosemen hasil dari mixer, di ambil untuk siap dimasukkan ke dalam cetakan untuk pengujian

A

A



hasil cetakan ekosemen yang siap untuk di uji waktu pengikatan



benda uji di amati penurunan jarum vicat sampai pada 25 mm untuk menentukan waktu awal hingga pada 0 mm untuk waktu akhir

Selesai

TAHAP ANALISA PENGUJIAN FISIKA EKOSEMEN (Uji Densitas)

Mulai



menimbang ekosemen sebanyak 60 gram



menyiapkan labu ukur yang berisi minyak tanah, dan catat volume awal minyak sebelum dimasukkan ekosemen



A

A



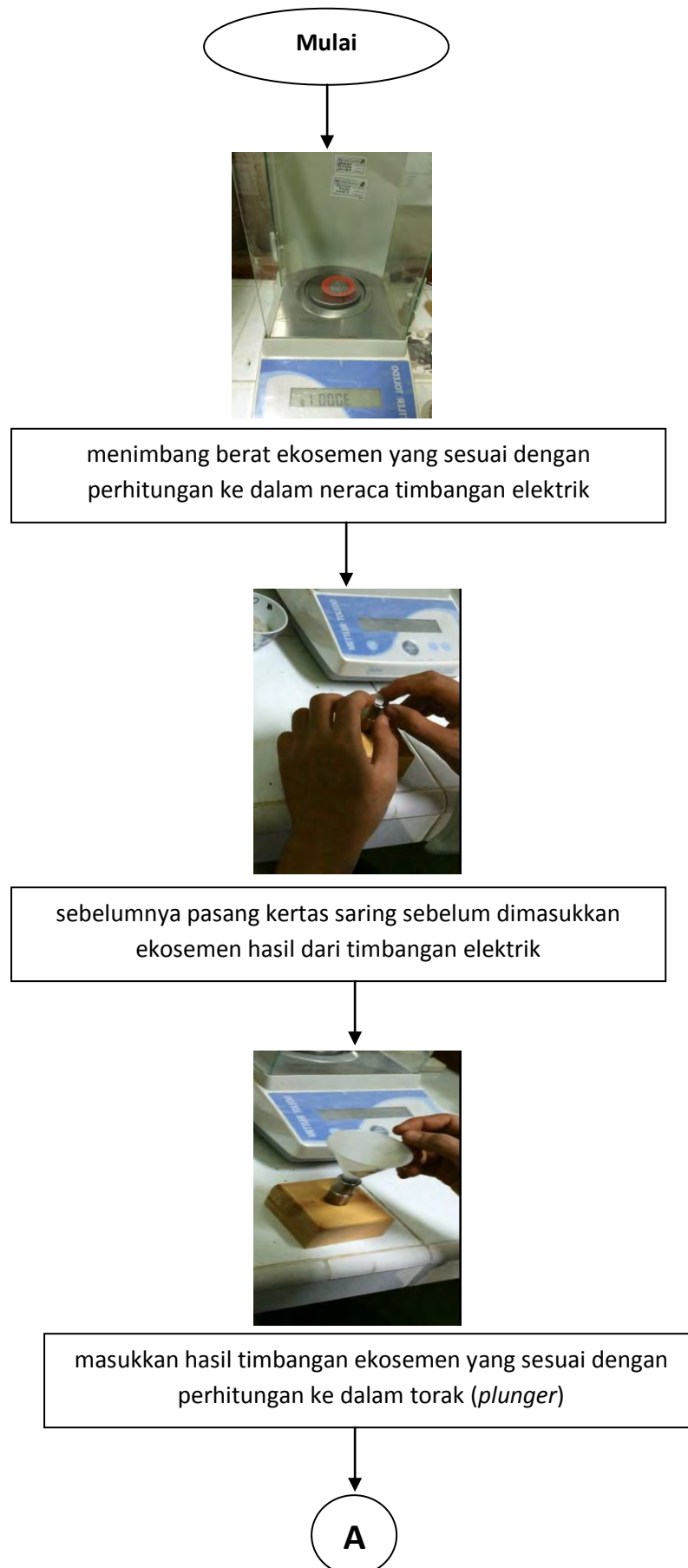
setelah ekosemen sudah dimasukkan semua ke dalam labu ukur, tutup labu ukurnya



selanjutnya, catat suhu saat pengujian densitas dan kenaikan minyak tanah setelah dimasukkan ekosemen

Selesai

TAHAP ANALISA PENGUJIAN FISIKA EKOSEMEN (Uji Kehalusan Butir)



A



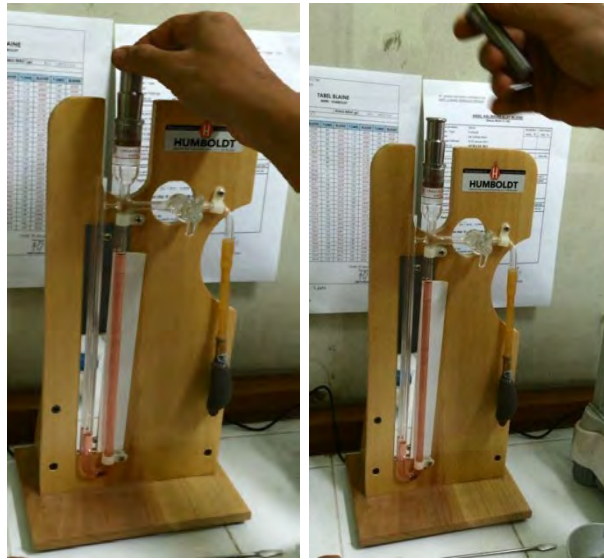
setelah ekosemen dimasukkan, pasang kertas saring kembali dan menutup torak (*plunger*)



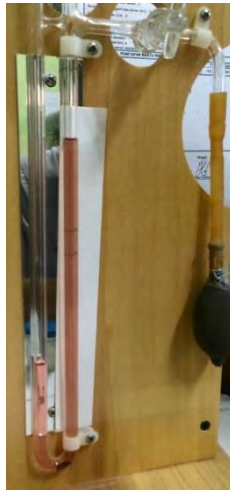
masukkan torak (*plunger*) ke dalam alat uji blaine, dan tutup rapat agar tidak ada udara yang masuk

B

B



pompa alat tersebut sampai cairan pada batas garis atas yang ditentukan, setelah mencapai batas buka torak (*plunger*)



nyalakan stopwatch dan amati ketika cairan sudah berada pada batas garis atas hingga selesai turun sampai batas bawah

C

C

P1 SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.
Pusat, Ujung Heterodigi Plokk.

TABEL BLAINE
MERK : HUMBOLDT

VOLUME BAD : 100 ml
RUMUS BLAINE : $279,21 \times \sqrt{t}$

T (det)	BLAINE	T (det)	BLAINE	T (det)	BLAINE	T (det)	BLAINE
20	1170	51	2709	82	3435	113	4053
21	1200	52	2736	83	3465	114	4080
22	1230	53	2763	84	3495	115	4110
23	1260	54	2790	85	3525	116	4140
24	1290	55	2817	86	3555	117	4170
25	1320	56	2844	87	3585	118	4200
26	1350	57	2871	88	3615	119	4230
27	1380	58	2898	89	3645	120	4260
28	1410	59	2925	90	3675	121	4290
29	1440	60	2952	91	3705	122	4320
30	1470	61	2979	92	3735	123	4350
31	1500	62	3006	93	3765	124	4380
32	1530	63	3033	94	3795	125	4410
33	1560	64	3060	95	3825	126	4440
34	1590	65	3087	96	3855	127	4470
35	1620	66	3114	97	3885	128	4500
36	1650	67	3141	98	3915	129	4530
37	1680	68	3168	99	3945	130	4560
38	1710	69	3195	100	3975	131	4590
39	1740	70	3222	101	4005	132	4620
40	1770	71	3249	102	4035	133	4650
41	1800	72	3276	103	4065	134	4680
42	1830	73	3303	104	4095	135	4710
43	1860	74	3330	105	4125	136	4740
44	1890	75	3357	106	4155	137	4770
45	1920	76	3384	107	4185	138	4800
46	1950	77	3411	108	4215	139	4830
47	1980	78	3438	109	4245	140	4860
48	2010	79	3465	110	4275	141	4890
49	2040	80	3492	111	4305	142	4920
50	2070	81	3519	112	4335	143	4950

© Humboldt, 20 Januari 2013

Revisi : 2008-02-28 No. 2, 14/03/13
Merk : HUMBOLDT No. 1000
No. 1000, No. 2, 14/03/13

catat hasil waktu yang di dapatkan, lalu sesuaikan dengan hasil blaine untuk mendapatkan hasil blaine dari ekosemen tersebut



keluarkan ekosemen dari torak (plunger), dan bersihkan alat uji blaine



rapikan alat uji blaine setelah digunakan

Selesai

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Noviani Arifin, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 6 November 1994, merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan, yaitu : TK Aisyah Bustanul A., SD Negeri Wonorejo I/312, SMP Negeri 42 Surabaya, SMA Negeri 7 Surabaya, penulis mengikuti ujian masuk diploma ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 2312030052.

Email : novianiiarifin@gmail.com

Penulis bernama Hudha Habshi, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 27 Mei 1994, merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan, yaitu : TK Eka Dharma, SD Negeri Dr Sutomo I/323, SMP Negeri 10 Surabaya, SMA Negeri 21 Surabaya, penulis mengikuti ujian masuk diploma ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 2312030080.

Email : hudhahabshi@gmail.com

