

Studi Eksperimental Pembuatan Ekosemen dari Abu Sampah dan Cangkang Kerang sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen

Frieska Ariesta S dan Dyah Sawitri

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: joe@ep.its.ac.id

Abstrak—Telah dibuat ekosemen dari bahan abu sampah organik dan abu cangkang kerang. Sampah organik dibakar dengan insinerator pada suhu 1000°C. Abu cangkang kerang dipanaskan dengan furnace pada suhu 700°C. Hasil pengujian komposisi awal XRD (X-Ray Diffraction), Abu sampah organik mengandung 69,7% CaCO₃; 12,1% KCl; 4% Cd_{0,15}Gd_{0,85}; 3% SiO₂; 8,1% Fe (Se_{0,5}Te_{0,5}) dan 3% Al₂ErGe₂, Abu cangkang kerang mengandung 100% CaCO₃. Ditentukan tiga variasi jumlah komposisi Abu sampah: Abu cangkang kerang yaitu Ekosemen A (58,2%:40%); Ekosemen B (49,1%:49,1%) dan Ekosemen C (54,01%:44,09%). Sebagai variabel kontrol digunakan Semen Portland jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*) merek 'Semen Gresik'.

Dilakukan pengujian fisika yaitu kuat tekan mortar dan densitas serbuk. Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari ekosemen. Dari hasil pengujian fisika didapat ekosemen B paling mendekati nilai 'Semen Gresik' OPC yaitu kuat tekan 3 hari (7,2 kg/cm²) dan densitas serbuk (2,535 gr/ml).

Kata Kunci—Semen portland, ekosemen, abu sampah organik, cangkang kerang.

I. PENDAHULUAN

DARI buku Statistik Persampahan Indonesia tahun 2008 yang dikeluarkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, persentase terbesar timbulan sampah kota metropolitan/ besar yang diambil dari 26 kota di Indonesia adalah berasal dari sampah dapur yang notabene adalah sampah organik sebesar 58% dari total keseluruhan. Fasilitas pengolahan sampah organik yang dimiliki oleh pemerintah dan swasta terbatas pada pengolahan pupuk kompos. Ternyata abu sampah mengandung 46% SiO₂ yang merupakan salah satu senyawa kimia utama pada semen portland [1].

Kerang laut merupakan salah satu hasil komoditi laut favorit. Sebagian besar pemanfaatan kerang laut terbatas pada daging kerang untuk dikonsumsi. Selama ini pemanfaatan kulit kerang hanya terbatas sebagai bahan baku kerajinan dan pakan ternak. Kenyataannya kulit kerang mengandung senyawa kapur CaO dengan persentasenya yaitu 66,70%. Senyawa CaO merupakan salah satu senyawa kimia utama penyusun semen [2].

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 [1].

Penelitian terbaru tentang ekosemen dilakukan oleh Nelvi Adi S. Dari Universitas Riau. Komposisi ekosemen terbaik yaitu 39% abu cangkang kerang, 39% batu kapur dan 20% tanah liat dengan penambahan pasir besi dan Magnesium oksida. Menghasilkan nilai kuat tekan pada umur 28 hari yaitu 196 kg/cm² [3].

Penelitian selanjutnya tentang ekosemen dilakukan oleh Nana Dyah Siswati dari UPN Veteran Jawa Timur. Hasil penelitian diketahui bahwa komposisi terbaik dari ekosemen yaitu 55% abu sampah organik dan 45% batu kapur, dengan pembakaran akhir dari ekosemen yaitu pada suhu 900°C. Menghasilkan kuat tekan umur 7 hari sebesar 72,6 kg/cm² [4].

Neli Susanti dari Universitas Sumatera Utara melakukan penelitian tentang ekosemen untuk tesisnya. Komposisi ekosemen terbaik yaitu 30% abu sampah organik, 40% batu kapur dan 20% tanah liat. Sisanya adalah penambahan gipsum, pasir besi dan Magnesium oksida (MgO). Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari menunjukkan hasil 540,45 kg/cm² untuk kuat patah 81,57 kg/cm² [3].

Kurangnya pemanfaatan sampah organik dan cangkang kerang serta telah adanya penelitian tentang ekosemen melatarbelakangi penelitian ini. Tujuan yang ingin dicapai yaitu mengetahui pembuatan ekosemen dari abu sampah organik dan cangkang kerang serta menganalisa sifat fisika dan kimianya. Sebagai variabel kontrol pada penelitian ini digunakan semen portland jenis *Ordinary Portland Cement* dari Semen Gresik.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Proses Pembuatan Ekosemen

Berikut ini adalah proses pembuatan ekosemen:

1. Abu sampah didapatkan dengan cara membakar sampah jenis organik seperti daun, ranting dan batang pohon di dalam alat insinerator pada suhu 1000°C. Untuk menghasilkan abu sampah seberat 3 kg diperlukan sampah organik seberat 27 kg.
2. Abu kerang didapatkan dengan cara pemanasan dalam furnace dari cangkang kerang yang telah ditumbuk halus

3. Tabel 1.

4. Variasi komposisi ekosemen (satuan dalam %)

Bahan	Sampel A	Sampel B	Sampel C
Abu sampah	58,2	49,1	54,01
Abu kerang	40	49,1	44,19
Pasir besi	0,5	0,5	0,5
Tanah liat	1,3	1,3	1,3



Gambar. 1. Ekosemen siap uji.

B. Pengujian Karakteristik Kimia Ekosemen

Pengujian kimia dilakukan di Laboratorium Kimia PT. Semen Gresik, Tbk. Meliputi delapan pengujian untuk mengetahui kandungan kimia pada ekosemen yaitu Bagian Tak Larut (*Insoluble*), Sulfur Trioksida (SO₃), Silikon Dioksida (SiO₂), Amonium Hidroksida (R₂O₃), Kalsium Oksida (CaO), Magnesium Oksida (MgO), Besi III Oksida (Fe₂O₃) dan Hilang Pijar (*Loss of Ignition*). Seluruh pengujian menggunakan metode pada SNI 15-2049-2004 untuk semen *portland*.

Pengujian komposisi awal abu sampah dan abu cangkang kerang serta komposisi akhir ekosemen dilakukan di Laboratorium Karakteristik Bahan Jurusan Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

C. Pengujian Karakteristik Fisika Ekosemen

Sedangkan untuk pengujian fisika dilakukan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan mortar dengan perendaman dalam air kapur jenuh selama 3 hari. Setelah 3 hari, mortar dikeluarkan dari air kapur jenuh dan diuji tekan dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*).

Pengujian massa jenis serbuk dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bahan Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Awal Abu Sampah dan Abu Kerang

Pengujian yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia awal sebelum pencampuran dari abu sampah organik dan abu cangkang kerang yaitu XRD (*X-Ray Diffraction*). Metode ini menggunakan prinsip difraksi dari sinar x untuk mengetahui jarak antar bidang kristal (Callister, 2003)

Persamaan yang digunakan adalah persamaan Bragg yaitu :

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

n = orde (1,2,3,.....)

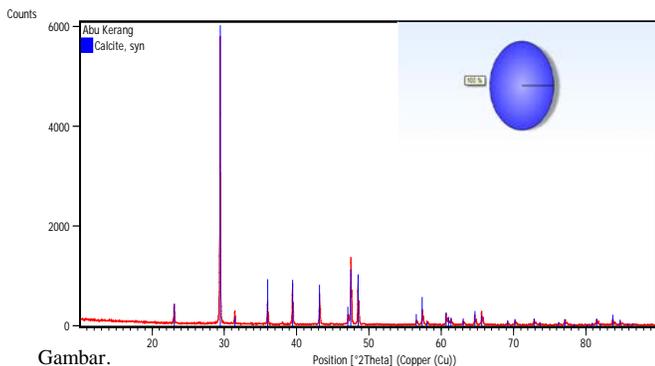
λ = panjang gelombang sinar-X

d = jarak antar kisi bidang dalam kristal

θ = sudut deviasi antara bidang normal dengan bidang datang

Pada gambar terdapat keterangan bahwa garis merah pola difraksi yang muncul dari abu cangkang kerang mendekati garis biru pola difraksi standar senyawa calcite (CaCO₃), sehingga dapat diketahui bahwa senyawa yang terkandung didalam abu cangkang kerang adalah senyawa *calcite* (CaCO₃). Grafik yang bersih pada pengujian

Data hasil pengujian komposisi awal dari abu sampah dan abu cangkang kerang dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan bahwa abu sampah mengandung senyawa kimia penyusun semen seperti CaCO₃, SiO₂, Fe dan Al. Sedangkan untuk abu cangkang kerang mengandung senyawa CaCO₃ yang merupakan unsur yang ada di dalam batu kapur sehingga kedua bahan yaitu abu sampah dan abu cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan pembuat ekosemen.



Gambar. 2. Grafik XRD komposisi kimia abu kerang.

- pada alu besi. Suhu yang digunakan untuk pemanasan hingga menjadi abu kerang adalah 700°C. Setelah diperoleh abu kerang dilakukan penumbukan hingga menjadi serbuk yang lebih halus dengan menggunakan mortar dan diayak menggunakan saringan.
- 5. Tanah liat yang masih berbentuk bongkahan dihancurkan dengan menggunakan alu besi, kemudian dihaluskan dengan menggunakan *blender dry mill*.
- 6. Pasir besi dihaluskan dengan cara digerus dengan menggunakan mortar.
- 7. Seluruh bahan pembuat ekosemen dicampur dengan beberapa variasi komposisi yang telah ditentukan. Pencampuran seluruh bahan menggunakan *dry ball mill* kecepatan 56 rpm.
- 8. Setelah dilakukan pencampuran bahan, selanjutnya dilakukan pembakaran pada suhu 1000°C menggunakan alat insinerator.
- 9. Kemudian ekosemen dihaluskan kembali dengan menggunakan mortar, setelah itu diayak dengan saringan no.200 (0,0075 mm).

Tabel 2.

Pengujian XRD komposisi Kimia Abu Sampah (satuan dalam %)

Nama Senyawa	Kadar
Calcite (CaCO ₃)	69,7
Potassium Chloride (KCl)	12,1
Cadmium Gadolinium (Cd _{0,15} Gd _{0,85})	4,0
Silicon Oxide (SiO ₂)	3,0
Iron Selenide Telluride (Fe (Se _{0,5} Te _{0,5}))	8,1
Aluminum Erbium Germanide (Al ₂ ErGe ₂)	3,0

Tabel 3.

Tabel komposisi pembuatan mortar

Bahan	Jumlah
Semen/ekosemen	166,67 gr
Pasir	458,33 gr
Akuades	80,67 ml

Tabel 4.

Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 3 hari

	A	B	C	SG OPC
F (kg)	40	180	40	2600
A (cm ²)	27,5	25	27,5	25
P (kg/cm ²)	1,4545	7,2	1,4545	104

Tabel 5.

Hasil pengujian massa jenis serbuk

Jenis	ρ (gr/ml)
A	1,69
B	2,535
C	1,676
SG OPC	2,54

Tabel 6.

Komposisi Akhir Ekosemen A,B,C dan SG OPC

Senyawa	Kadar (%)			
	A	B	C	SG OPC
CaCO ₃	95	83	93,1	-
KCl	3	-	-	-
SiO ₂	2	-	-	6
(MgAl ₂ Si ₃ O ₁₀) ₆	-	14	-	-
Na ₂ S ₂	-	3	-	-
AlPO ₄	-	-	6	-
K(IO ₃)	-	-	2	-
Ca ₃ SiO ₅	-	-	-	94

B. Pengujian Metode Fisika

Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan mortar yang dilakukan perendaman selama 7 hari di dalam air kapur jenuh. Pengujian kuat tekan mortar mengikuti metode yang telah ditetapkan pada SNI 15-2049-2004 untuk semen *portland*. Persamaan yang digunakan adalah :

$$P = \frac{F_m}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- P = Kuat tekan (MPa)
- F_m = Gaya tekan maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

Sebelumnya mortar dibuat dari campuran ekosemen, pasir dan akuades dengan komposisi seeperti pada Tabel 3.

Adonan mortar dicetak dalam cetakan kubus berukuran 50 x 50 x 50 mm. Kemudian ditunggu hingga mortar mengeras seutuhnya selama 3 hari dihitung dari proses pengerjaan.

Setelah 3 hari mortar yang telah mengeras dimasukkan ke dalam larutan kapur jenuh.

Pengujian kuat tekan tanpa melalui proses perendaman larutan kapur jenuh dilaksanakan pada tanggal 9 Juli 2013 di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.

Hasil pengujian kuat tekan tanpa melalui proses perendaman larutan kapur jenuh akan ditampilkan pada Tabel 4.

Dari tabel terlihat bahwa hasil uji kuat tekan ekosemen B memiliki nilai yang lebih baik jika dibandingkan dengan ekosemen A dan ekosemen C. Sedangkan untuk Semen Gresik OPC memiliki nilai kuat tekan yaitu 104 kg/cm².

Pengujian massa jenis dari ekosemen dilakukan dengan cara memasukkan serbuk ekosemen yang telah diketahui beratnya ke dalam akuades yang telah diukur volume sebelumnya. Volume dari akuades yang bertambah karena telah dimasukkan serbuk ekosemen kemudian diukur. Sehingga didapat lah nilai densitas serbuk dengan persamaan :

$$\rho = \frac{m}{(v_a - v_o)} \dots \dots \dots (4)$$

- Keterangan : ρ = massa jenis (gr/ml)
- m = massa ekosemen/semen (gr)
- v_a = volume akuades+semen (ml)
- v_o = volume akuades (ml)

C. Pengujian Komposisi Akhir Ekosemen

Untuk lebih mendukung hasil pengujian metode fisika yang telah dilakukan maka dilakukan pengujian komposisi akhir kepada ketiga jenis ekosemen dan Semen Gresik OPC dengan menggunakan XRD (X-Ray Diffraction). Pengujian memberikan hasil bahwa ketiga jenis ekosemen tidak terdapat kandungan C₃S (Ca₃SiO₅) yang memiliki sifat perekat. Senyawa ini tidak terbentuk karena tidak terpenuhinya suhu yang dibutuhkan untuk pembentukan senyawa C₃S yaitu 1400°C.

Fase *amorf* yang terkandung pada Semen Gresik OPC terjadi karena clinker atau bahan pembuat semen yang terdiri dari batu kapur,tanah liat,pasir besi dan pasir silika dengan komposisi tersendiri dibakar pada suhu 1400°C pada *rotary kiln*. *Rotary kiln* adalah tabung horizontal yang terus berputar dengan kecepatan tertentu pada saat pembakaran. *Rotary kiln* ditujukan agar *clinker* terbakar dengan merata dan serbuk menjadi homogen. Proses pembakaran yang terjadi pada pembuatan semen *portland* adalah kalsinasi dan sintering. Kalsinasi adalah proses pelepasan senyawa CO₂ ke udara luar terjadi pada suhu 820-900°C sedangkan proses sintering adalah proses peleburan senyawa-senyawa di dalam semen sehingga senyawa yang diinginkan seperti C₃S, C₃A dan C₄AF terbentuk. Proses sintering terjadi pada suhu 900-

1400°C, beberapa senyawa penting penyusun semen seperti *Silicon*, *Iron* dan *Aluminium* memiliki melting point berkisar antara 800-1500°C. Untuk senyawa *calcium* memiliki melting point 839,0°C, senyawa *Iron* atau besi memiliki melting point 1535,0°C. *Melting point* dari senyawa-senyawa utama penyusun ekosemen berada pada kisaran proses sintering sehingga dapat disimpulkan bahwa pada proses sintering dalam pembakaran akhir semen terjadi peleburan beberapa senyawa sehingga nantinya akan terbentuk senyawa yang diinginkan yaitu Trikalsium Silikat (C_3S).

Dari pengujian XRD didapatkan kesimpulan bahwa ketiga jenis ekosemen belum memiliki senyawa Trikalsium Silikat (C_3S) yang merupakan salah satu senyawa utama semen yang memiliki sifat perekat. Hal ini dikarenakan pemanasan akhir yang kurang sempurna dari ekosemen. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pemanasan akhir ekosemen pada suhu 1000°C. Sehingga hanya terjadi proses kalsinasi. Proses sintering belum sempurna karena beberapa senyawa seperti *silicon* dan *iron* belum mencapai melting point. Sehingga tidak terjadi peleburan senyawa yang diinginkan. Melting point dari *silicon* adalah 1414°C sedangkan untuk *iron* adalah 1535°C.

IV. KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat ekosemen dengan bahan utama abu sampah organik dan abu cangkang kerang sebagai pengganti batu kapur (*lime stone*).

Calcium,

1. Dari hasil pengujian fisika diketahui bahwa ekosemen B dengan memiliki hasil pengujian yang mendekati nilai hasil pengujian Semen Gresik OPC (*Ordinary Portland Cement*), komposisi dari ekosemen B yaitu : 49,1% abu sampah; 49,1% abu cangkang kerang; 0,5% pasir besi; 1,3% tanah liat. Pengujian Fisika untuk kuat tekan mortar umur 3 hari pada ekosemen B yaitu 7,2 kg/cm².
2. Dari hasil pengujian densitas serbuk diperoleh ekosemen B yang mendekati Semen Gresik OPC (*Ordinary Portland Cement*) yaitu 2,535 gr/ml.
3. Dari pengujian komposisi ekosemen dengan XRD diperoleh bahwa dari ketiga jenis ekosemen belum terbentuk senyawa Ca_3SiO_5 yang merupakan kandungan utama dari semen *portland*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Shimoda, S. Yokoyama, 1999, ' *Ecocement—a new Portland cement to solve municipal and industrial waste problems* ', Proc. of International Congress on Creating with Concrete , Dundee.
- [2] Shinta Marito Siregar.2009." *Pemanfaatan Kulit Kerang Dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*".Tesis.Jurusan Fisika Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan.
- [3] Nelvia Adi Syafpoetri, Monita Olivia, Lita Darmayanti.2012." *Pemanfaatan Abu Kulit Kerang (Anadara grandis) Untuk Pembuatan Ekosemen*".Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru.
- [4] Nana Dyah Siswati, Rubin Nanda, Riant Anggraini.2009." *Pembuatan Ekosemen Dari Sampah Organik* ".Jurnal Teknik Kimia Vol.3 No.2 . Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur.