

PENGUJIAN MEKANIK EKOSEMEN DARI ABU SAMPAH DALAM BENTUK PANEL BETON

Shinta Marito Siregar, S.Si, M.Si
FKIP UMN Al Washliyah
Email: shintasiregar.fis01@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan ekosemen dengan variasi komposisi abu sampah sebagai substitusi sebagian batu kapur. Jenis sampah rumah tangga yang digunakan sudah terpisah dari logam yang dibakar pada suhu sekitar 700°C. Abu dari hasil kalsinasi sampah rumah tangga diayak hingga ukuran 5 mm. Bahan baku pembuatan ekosemen jenis portland antara lain: batu kapur, tanah liat, MgCO₃ teknis, Fe₂O₃ teknis, gypsum, dan abu sampah rumah tangga. Semua bahan baku dicampur dengan air, perbandingan total berat bahan baku : air = 1:1, digiling dan diaduk menggunakan ball mill selama 24 jam. Kemudian dikalsinasi pada suhu: 1200, 1250, 1300, dan 1350°C (selama 2 jam). Dari hasil penelitian menunjukkan substitusi batu kapur dengan variasi komposisi abu sampah dan suhu kalsinasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik ekosemen dan beton ekosemen. Komposisi optimal dengan 30% abu sampah dan suhu kalsinasi 1300°C dapat mensubstitusi sebagian dari batu kapur dalam pembuatan ekosemen. Komposisi tersebut juga menghasilkan fasa-fasa dominan: C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF, mirip dengan fasa-fasa pada semen portland. Pada kondisi tersebut, hasil pengujian panel beton menunjukkan adanya korelasi berbanding lurus antar waktu pengerasan terhadap kuat tekan dan kuat patah. Nilai kuat tekan dan kuat patah yang optimum adalah sebesar 53,5 MPa dan 8,58 Mpa.

Kata kunci: ekosemen, abu sampah, mekanik

ABSTRACT

In this research will be made the creation of ecosement with a variation of the composition of waste ash as a substitution of some limestone. Type of household waste that already exists of metal burned at a temperature of about 700⁰ C. Ash from the result of household waste calcination sieved with size 5 mm. The raw materials for the manufacture of portland ecosystem are: limestone, clay, MgCO₃ technical, Fe₂O₃ technical, gypsum, and household waste ash. All raw materials are mixed with air, raw material ratio: air = 1: 1, milled and stirred using ball mill for 24 hours. Then calcined at temperature: 1200, 1250, 1300, and 135 0⁰ C (for 2 hours). The result showed that limestone substitution with variation of garbage ash composition and calcination temperature gave significant effect to ecosement and concrete ecosement characteristics. The optimal composition with 30% waste ash and the calcination temperature of 130 0⁰ C can substitute a portion of the limestone in the manufacture of the ecosement. This composition also produces the dominant phases: C₃S, C₂ S, C₃A and C₄AF, similar to the

phases in portland portland. Under these conditions, concrete panel test results indicate a straightening proportion between the hardening time of the compressive strength and the fracture strength. The value of compressive strength and strength of the optimum fracture is 53.5 MPa and 8.58 Mpa.

Keywords: *ecosement, waste ash, mechanics*

1. Pendahuluan

Sampah selalu menimbulkan masalah hingga saat ini. Berbagai cara dilakukan untuk menanggulangnya. Mulai dari pembakaran sampah anorganik, pembuatan pupuk kompos dari sampah organik, dan daur ulang sampah. Namun, masing-masing cara penanganan sampah tersebut mempunyai kelemahan dan terjadi kekurang optimalan dalam pemanfaatan produk hasil olahan sampah.

Saat ini, sampah hanya dikumpulkan untuk dibuang di tempat pembuangan akhir (TPA), kemudian ditumpuk atau dibakar begitu saja. Padahal, pembakaran sampah menimbulkan masalah baru. Pada pembakaran sampah secara biasa, mengakibatkan pencemaran udara karena sampah yang dibakar menghasilkan gas dioksin dan furan dalam jumlah banyak yang berbahaya bagi kesehatan. Kedua gas itu bersifat karsinogenik dan dapat menimbulkan kanker. Bahkan, bila terakumulasi di dalam tubuh dapat menimbulkan kematian.

Pengomposan yang dipandang sebagai salah satu solusi penanganan sampah juga mempunyai banyak kelemahan. Dari sisi ekonomis, kompos kurang bernilai ekonomis. Selain itu, sampah yang akan dibuat kompos jika tercampur dengan plastik, kemungkinan besar telah mengandung berbagai racun

dari plastik. Akibatnya, kompos yang dihasilkan adalah kompos beracun yang berbahaya bila digunakan sebagai pupuk tanaman pangan. Pengomposan juga memerlukan lahan yang cukup luas untuk proses pembusukannya. Sedangkan daur ulang sampah hanya dapat dilakukan untuk sampah yang berasal dari jenis plastik dan kertas. Hal ini menimbulkan keterbatasan lagi dalam pengelolaannya. Belum lagi, jumlah sampah yang dibuang sangat banyak jumlahnya (<http://www.beritaipstek.com>. 14 April 2007). Di Jakarta, sampah yang dihasilkan mencapai 6000 ton lebih per hari dengan volume 25.700 m³ per hari. Jika dihitung dalam setahun, volume sampah mencapai 170 kali lebih besar dari candi Borobudur, dengan volume candi Borobudur 55.000 m³. Belum lagi, volume sampah di daerah lain (Damanhuri, 2006).

Dengan meningkatnya populasi penduduk di setiap daerah atau kota, maka jumlah sampah yang dihasilkan setiap rumah tangga makin meningkat. Hal ini menjadi masalah besar bagi kota-kota besar yang padat penduduknya. Penanggulangan sampah secara tuntas belum dapat dilakukan dan umumnya dibuang pada penimbunan sampah terbuka (open dumping). Sampai saat ini, Jakarta masih menyewa lahan di Bekasi untuk menempatkan sampahnya dengan biaya sewa yang cukup mahal per tahunnya.

Dampak negatif dari sampah-sampah tersebut dapat terjadi di tempat

penampungan sementara (TPS) maupun di tempat penampungan akhir (TPA). Dampak negatif di TPS dan TPA biasanya dalam bentuk bau yang kurang sedap karena terjadi penguraian sampah secara anaerob. Selain itu, kumpulan lalat di atas sampah dapat menimbulkan berjangkitnya penyakit. Yang lebih berbahaya lagi, akan terjadi rembesan logam-logam berbahaya dalam air tanah atau sumber air dari sampah. Cairan dari sampah yang merembes tersebut disebut *leachet*. Air *leachet* ini jika terbawa aliran air, kemudian terserap di dalam tanah akan menimbulkan pencemaran air dan tanah karena air dan tanah telah mengandung bakteri *Escherichia coli* yang sangat banyak (Rukaesih, 2002).

Bahkan, hasil penelitian Dinas Kesehatan, Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa pencemaran di Bantar Gebang menunjukkan derajat keasaman air telah diambang batas, yaitu sebesar 40 % dan 95 % dari wilayah yang ada di sekitarnya ditemukan bakteri *Escherichia coli* di dalam air tanah. Bakteri ini dapat menyumbat saluran pernafasan dan menimbulkan penyakit (Usman, 2007).

Melihat berbagai permasalahan tentang sampah di atas, sangatlah perlu kita mengolah dan memanfaatkan sampah untuk menjadikan sampah lebih berguna. Salah satunya, yaitu pemanfaatan sampah untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan semen. Hal ini disebabkan karena semen mempunyai prospek bisnis yang sangat bagus di Indonesia. Setiap tahun permintaan semen selalu meningkat.

Jumlah produksi semen selama periode tahun 1995-2005 dapat diketahui

bahwa rata-rata tingkat pertumbuhan jumlah produksi semen adalah 6,2% per tahun. Dengan melihat besarnya rata-rata tingkat pertumbuhan jumlah produksi tersebut, maka diharapkan pabrik semen semakin banyak jumlahnya. Apalagi, bahan dasar untuk pembuatannya semakin mudah didapat dan murah, yaitu dari sampah yang terbuang.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan ekosemen jenis *portland* dengan menggunakan bahan baku abu sampah. Dari hasil penelitian akan dilihat sejauh mana pengaruh variasi komposisi abu sampah terhadap karakteristik ekosemen seperti: kuat tekan dan kuat patah setelah di aging.

2. Tujuan Penelitian

1. Menguasai teknologi pembuatan ekosemen dan karakterisasinya.
2. Memanfaatkan limbah abu sampah sebagai bahan substitusi sebagian batu kapur untuk pembuatan ekosemen.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi abu sampah dan suhu kalsinasi terhadap karakteristik dari ekosemen seperti: kuat tekan dan kuat patah.

3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah untuk menambah ilmu pengetahuan tentang teknologi pembuatan ekosemen dan mengetahui manfaatnya bagi dunia usaha di bidang konstruksi. Secara umum, bila berhasil membuat ekosemen dengan menggunakan bahan baku abu sampah serta memiliki kualitas seperti semen pada umumnya (semen *portland*). Harapan kedepan, nantinya akan mampu menurunkan tingkat pencemaran

lingkungan oleh timbunan sampah serta mengurangi pencemaran gas CO₂.

4. Metodologi Penelitian

Bahan Baku

1. Abu hasil kalsinasi sampah rumah tangga
2. Kapur (CaCO₃ teknis)
3. Lempung (Clay) dari Sukabumi
4. Magnesium karbonat (MgCO₃ teknis)
5. Besi Oksida (Fe₂O₃ teknis)
6. Gypsum (CaSO₄.2H₂O teknis)

Alat

1. Timbangan
2. Alat-alat gelas
3. Alat Pengaduk Mekanik
4. Tungku Listrik Thermolyn
5. Anderson Pipet *Particle Size*
6. Cetakan beton (*Mould Steel*)
7. Timer (*Stop Watch*)
8. *Crucible Refractory*
9. *Universal Testing Machine* (UTM)
10. *X-Ray Flourocent* (XRF)
11. Lemari Pengering

Prosedur Pembuatan Ekosemen

1. Persiapkan terlebih dahulu abu dari hasil kalsinasi sampah rumah tangga dengan suhu kalsinasi sekitar 700°C. Jenis sampah yang dibakar adalah sampah kering, misalnya: kertas, rumput, dedaunan, kayu, dan lain-lain.
2. Kemudian abu diayak dengan ayakan ukuran 5 mm.
3. Bahan Baku: CaCO₃, Abu sampah, Lempung, MgCO₃, dan Fe₂O₃ ditimbang sesuai dengan komposisi, seperti pada tabel 4.1. Kemudian dicampur dengan air, perbandingan total berat serbuk:berat air = 1:1. Air dan serbuk bahan baku dimasukkan ke dalam *ball mill* dan digiling sambil dicampur selama 24 jam, supaya

percampurannya betul-betul homogen.

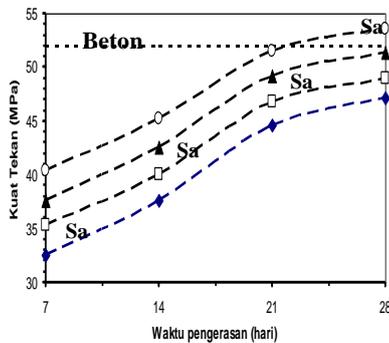
4. Setelah digiling dengan *ball mill*, kemudian dikeringkan di dalam lemari pengering pada suhu 100°C, sampai diperoleh campuran serbuk yang betul-betul kering.
5. Campuran serbuk yang telah kering, selanjutnya dibakar atau dikalsinasi dengan menggunakan tungku listrik pada suhu: 1200, 1250, 1300, dan 1350°C yang masing-masing ditahan selama 2 jam.
6. Hasil sampel yang telah dikalsinasi disebut sebagai klinker yang menggumpal dan keras. Untuk dijadikan ekosemen harus ditambahkan bubuk gipsum dan digiling menggunakan *ball mill* (proses kering) selama 24 jam.
7. Selanjutnya diayak hingga lolos ayakan 400 mesh dan diperoleh bubuk halus sebagai ekosemen.
8. Pengujian ekosemen dalam bentuk panel beton, maka perlu dilakukan pencampuran ekosemen dengan agregat (pasir). Perbandingan komposisi panel beton dibuat tetap, yaitu: perbandingan ekosemen : agregat (pasir) = 1 : 3 (ratio volum). Adapun besaran fisis yang diamati pada panel beton, antara lain: pengujian mekanik. Pengujian mekanik meliputi: kekuatan tekan dan patah dari panel beton yang telah di *aging*, selama: 7, 14, 21 dan 28 hari.

5. Hasil Dan Pembahasa

Pengujian Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Untuk menguji kuat tekan dari beton ekosemen yang telah dibuat menggunakan alat *Universal Testing*

Mechine (UTM), dan mengacu pada standar ASTM C 39 – 2001. Hasil pengujian kuat tekan diperlihatkan pada gambar 5.1.



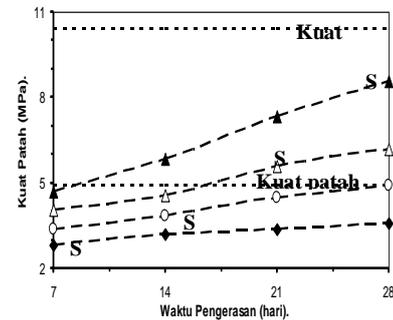
Gambar 1.1. Hubungan antara kuat tekan beton ekosemen

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa kuat tekan beton ekosemen yang diperoleh berkisar antara 32,5 – 53,5 MPa dan kuat tekan beton dengan semen dari abu insinerator dengan kode sampel C40 adalah sekitar 52 MPa (Lian Huizhen and Yan Peiyu, 2008). Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pengerasan berbanding lurus terhadap kuat tekan beton ekosemen. Sedangkan untuk komposisi 30 abu sampah yang dibakar pada suhu 1300°C dan dikeringkan selama 21 hari menghasilkan kuat tekannya sekitar 51,5 MPa dan untuk 28 hari sebesar 53,5 MPa. Apabila dilihat kuat tekan dari ekosemen yang dikeringkan selama 28 hari adalah sebesar 55 N/mm² (55 MPa), sumber: (Anonym, 2006).

Pengujian Kuat Patah (*Flexural Strength*)

Untuk menguji kuat patah dari beton ekosemen yang telah dibuat menggunakan alat *Universal Testing Mechine* (UTM), mengacu pada standar ASTM C 348 – 1997. Hasil pengujian kuat patah diperlihatkan pada gambar 2.

D



Gambar 2. Hubungan antara kuat

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa kuat patah dari beton ekosemen adalah berkisar antara 2,82 – 8,58 MPa, kuat patah dari beton konvensional sebesar 4,9 MPa (Sebayang, 2008) dan kuat patah dari ekosemen dari limbah abu insinerator adalah 10,4 MPa (Lian Huizhen and Yan Peiyu, 2008). Ternyata untuk sampel B dengan komposisi 10% abu sampah, suhu pembakaran 1350°C dan dikeringkan selama 28 hari memenuhi standar beton konvensional, yaitu sebesar 4,9 MPa. Untuk sampel C atau 20% abu sampah, dibakar pada suhu 1300°C, dikeringkan selama 21 hari dan dikeringkan selama 28 hari masing-masing menghasilkan kuat patah sebesar 5,59 dan 6,20 MPa. Nilai yang dihasilkan relatif lebih tinggi dari beton konvensional. Sedangkan untuk sampel D atau 30% abu sampah yang dibakar pada suhu 1300°C, pada 14, 21 dan 28 hari masing-masing menghasilkan kuat patah sebesar: 5,84, 7,32 dan 8,58 MPa, nilai ini lebih tinggi dari pada nilai kuat patah beton konvensional.

6. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Ekosemen telah berhasil dibuat dengan menggunakan bahan baku: abu sampah, batu kapur, tanah liat, MgCO₃ teknis, Fe₂O₃ teknis, dan *gypsum*. Melalui substitusi batu kapur dengan abu sampah,

variasi komposisi abu sampah dan suhu pembakaran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik ekosemen.

7.

Komposisi optimal abu sampah yang dapat mensubstitusi sebagian dari batu kapur dalam pembuatan ekosemen adalah dengan kode sampel D atau 30% abu sampah dan suhu pembakaran 1300°C. Pada suhu pembakaran 1300°C dan jumlah abu sebanyak 30% menghasilkan fasa-fasa dominan: C₃S, C₂S, C₃A dan C₃AF, mirip dengan fasa-fasa pada semen *portland*. Pada kondisi tersebut, hasil pengujian panel beton menunjukkan adanya korelasi antar waktu pengerasan terhadap kuat tekan dan kuat patah adalah berbanding lurus. Nilai kuat tekan dan kuat patah yang optimum adalah sebesar 53,5 MPa dan 8,58 MPa masing-masing pada beton ekosemen dengan kode sampel D atau 30% abu sampah, suhu pembakaran 1300°C dan dikeringkan selama 28 hari.

Saran

Untuk melengkapi penelitian ini perlu dikaji studi kelayakannya, agar dapat diterapkan dalam skala industri kecil dan menengah. Adanya usaha penggantian sebagian CaCO₃ (batu kapur) dengan abu

sampah tentunya dapat memberikan kontribusi pengurangan emisi CO₂.

Daftar Pustaka

- ASTM C 348-97, 2002, *Standard Tests Method for Flexural Strength of Hydraulic Cement Mortar*, ASTM. USA.
- ASTM C. 133-97, 1997, *Standard Test Method for Cold Crushing Strength and Modulus of Rupture of Refractories*, ASTM. USA.
- ASTM C 39/C 39M – 01, 2005, *Standard Tests Method for Compressive Strength and Modulus of Cylindrical Concrete Speciment*, ASTM. USA.
- Brindley, G.W., 1980, *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*, Mineralogical Society Monograph NO. 5, London.
- Dedy Eka Priyanto, 2008, *Ekosemen: Produksi semen dari sampah*.
- I Gede Agung Yudana, 2007, *Menyulap Limbah Jadi Beton Unggul*, Warta Semen dan Beton Indonesia, Vol 5 No. 3.
- Mulyono T, 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.