



PENGARUH PENAMBAHAN BOTTOM ASH TERHADAP KARAKTERISTIK DARI SEMEN OPC (ORDINARY PORTLAND CEMENT) PT SEMEN INDONESIA TBK.

Wahyu Bagus Surya I. R., Wike Widiawati

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang
65141, Indonesia

dizza.capolizta29@gmail.com ; [sandra.santosa@polinema.co.id]

ABSTRAK

Bottom ash merupakan limbah (tailing) padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada *boiler* yang pada umumnya digunakan pada skala industri. Di Indonesia banyak dijumpai *bottom ash* dimana volumenya akan terus bertambah setiap tahun. Keberadaan *bottom ash* ini dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan masyarakat sekitar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh penambahan *bottom ash* terhadap semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Sampel semen OPC kemudian ditambah dengan variasi perbandingan komposisi *bottom ash* sesuai dengan variabel. Sampel yang sudah ditambah *bottom ash* diuji fisik dan kimianya. Pengujian sifat fisik semen yaitu konsistensi normal dan *setting time*. Sedangkan, pengujian sifat kimia semen yaitu LOI (*Loss on Ignition*). Hasil uji menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *bottom ash* akan membuat *setting time* semakin lama, kuat tekan semakin menurun, dan %LOI akan semakin besar. Dari hasil percobaan dan perhitungan bahan tambahan *bottom ash* sebagai bahan percobaan dapat disetujui layak ditinjau dari kuat tekan, pengaturan waktu, komposisi oksida, dan sekaligus sebagai sumber pemanfaatan limbah B3.

Kata Kunci: Bottom Ash, Kuat Tekan, Limbah, Semen, Setting Time

ABSTRACT

Bottom ash is solid waste (tailings) produced from burning coal in boilers which is generally used on an industrial scale. In Indonesia, bottom ash is often found, the volume of which continues to increase every year. The existence of bottom ash is considered waste that can pollute the environment and affect the surrounding community. The aim of this research is to determine the characteristics and effect of adding bottom ash to OPC (*Ordinary Portland Cement*) cement. The OPC cement samples were then added with variations in the bottom ash composition ratio according to the variables. Samples that have had bottom ash added are tested for physical and chemical properties. Testing the physical properties of cement, namely normal consistency and setting time. Meanwhile, testing the chemical properties of cement is LOI (*Loss on Ignition*). The test results show that the more bottom ash



added, the longer the setting time will be, the compressive strength will decrease, and the %LOI will be greater. From the results of experiments and calculations, bottom ash as an experimental material can be approved as suitable in terms of compressive strength, timing, oxide composition, and also as a source of utilization of B3 waste.

Keywords: *bottom ash, compressive strength, waste, cement, setting time*

1. PENDAHULUAN

Pada satu dekade ini pembangunan infrastruktur sedang dilakukan secara besar-besaran di hampir seluruh daerah di Indonesia. Banyak infrastruktur yang dibangun seperti jalan tol, bandara, pelabuhan, jembatan, dan lain-lain, dalam rangka pemerataan pembangunan nasional. Pada konstruksi suatu bangunan unsur material yang paling banyak digunakan adalah semen sebagai bahan utama untuk membuat beton.

Bottom ash merupakan limbah (*tailing*) padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada boiler yang pada umumnya digunakan pada skala industri. Ada tiga tipe pembakaran batubara pada industri listrik yaitu *dry bottom boilers*, *wet-bottom boilers*, dan *cyclone furnace*. Apabila batubara dibakar dengan *type dry bottom boiler*, maka lebih kurang 80% dari abu meninggalkan pembakaran sebagai *fly ash* dan masuk dalam corong gas. Pada *cyclone furnace*, di mana potongan batubara digunakan sebagai bahan bakar, 70-80% dari abu tertahan sebagai *boiler slag* dan hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong gas. Tipe yang paling umum untuk pembakaran batubara adalah pembakaran *dry bottom*.

Batubara yang digunakan sebagai sumber energi akan menghasilkan residu berupa *fly ash* dan *bottom ash*. Di Indonesia banyak dijumpai *bottom ash* dimana volumenya akan terus bertambah setiap tahun. Keberadaan *bottom ash* ini dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan membahas masyarakat sekitar. Jumlah *bottom ash* yang sangat melimpah dan pemanfaatannya yang belum maksimal membuat banyak pengkajian tentang metode pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan bakar dan bahan konstruksi, dimana *bottom ash* dianggap bisa dimanfaatkan sebagaimana *fly ash* dimanfaatkan. Hal ini sangat dimungkinkan karena banyak kemiripan karakteristik diantara keduanya. Pada industri semen *fly ash* banyak dimanfaatkan sebagai pozzolan atau bahan aditif semen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh penambahan *bottom ash* terhadap semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Sampel semen OPC kemudian ditambah dengan variasi perbandingan komposisi *bottom ash* sesuai dengan variabel. *Bottom ash* yang digunakan adalah yang sudah digiling pada *Ball Mill* dan telah memenuhi syarat ukuran tertentu dengan pengujian PSD. Sampel yang sudah ditambah *bottom ash* diuji fisik dan kimianya. Pengujian sifat fisik semen yaitu konsistensi normal dan *setting time*. Sedangkan, pengujian sifat kimia semen yaitu LOI (*Loss on Ignition*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode kuantitatif secara eksperimen untuk karakteristik dan pengaruh penambahan *bottom ash* terhadap semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Penelitian ini dilakukan di laboratorium beton, fisika dan kimia semen (unit penelitian dan pengembangan) selama kurang lebih 1 bulan. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu:

2.1. Penghalusan *Bottom Ash*

Pada penelitian ini, *bottom ash* digiling menggunakan *ball mill*. Setelah digiling, *bottom ash* diambil sedikit untuk di-*screening* menggunakan alat *Particle Size Distribution*. Jika didapatkan distribusi ukuran belum memenuhi 325 mesh/44 mikron minimal 95%, maka *bottom ash* harus digiling kembali sampai mendapatkan nilai yang sesuai.

2.2. Pengujian Kuat Tekan

Proses ini dimulai dengan menyiapkan cetakan benda uji. Bagian luar antara cetakan dan dasar plat cetakan haruslah dibuat kedap air dengan menggunakan paraffin yang telah dicairkan. Lapisan yang menempel dianggap memadai apabila penekanan dengan jari nampak membekas. Benda uji (mortar) dapat dibuat setelah cetakan benda uji dirasa sudah siap. Benda uji dibuat dengan mencampurkan semen Portland dan air sebanyak 242 ml (untuk 6 benda uji). Adonan benda uji tersebut dibuat dengan mesin pengaduk dengan kecepatan sedang (285 ± 10 rpm) dengan waktu 30-60 detik. Setelah adonan benda uji siap, barulah proses pencetakan dimulai. Proses pencetakan benda uji dimulai paling lambat 2,5 menit setelah selesai pengadukan. Proses pencetakan dilanjut hingga permukaannya rata dengan permukaan cetakan. Benda uji yang sudah selesai dicetak, harus disimpan di dalam ruang lembab selama 20-24 jam. Selanjutnya, setelah melalui waktu penyimpanan, benda uji dilepas dari cetakan lalu direndam ke dalam bak rendaman yang tidak berkarat. Air yang digunakan untuk merendam harus selalu bersih dan menggunakan air kapur jenuh.

Setelah benda uji siap, benda uji dapat langsung memasuki proses pengujian kuat tekan. Variabel kuat tekan harus ditentukan terlebih dahulu dengan toleransi waktu pengetesan dan waktu pembuatan benda uji. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu dengan kain basah agar tidak ada kelebihan air dan kotoran yang melekat. Setelah itu, benda uji ditekan hingga hancur. Beban maksimum dicatat sesuai dengan yang ditunjukkan pada layar display. Beban maksimum adalah beban yang dapat menghancurkan benda uji dan dikenakan pada permukaan benda uji yang betul-betul rata. Kecepatan penekanan dilakukan sedemikian rupa, sehingga tekanan maksimum tercapai dalam waktu 900-1800N/detik.

2.3. Pengujian Konsistensi Normal

Pengujian konsistensi dimulai dengan penyiapan pasta semen. Pasta semen dibuat dari campuran 650 gram semen dengan persentase air pencampur yang

diperlukan untuk konsistensi normal sesuai prosedur. Pasta dibuat pada kecepatan rendah 140 ± 5 rpm sampai dengan 285 ± 10 rpm selama 60 detik. Setelah pasta siap, pasta dibentuk seperti bola dengan tangan memakai kaos tangan karet. Bola pasta tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cincin vicat pada lubang yang besar. Selama pengerjaan pencetakan (pemotongan dan penghalusan), pasta harus dihindarkan dari tekanan.

Setelah pasta siap, tengah-tengah pasta diletakkan di dalam cincin di bawah batang *plunger*. Indikator *plunger* ditepatkan pada tanda nol dari skala. Konsistensi normal pasta tercapai apabila batang *plunger* menembus sampai batas (10 ± 1) mm atau 9 mm sampai 11 mm di bawah permukaan pasta dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan. Variabel yang digunakan adalah besaran persentase air pencampur yang berbeda-beda, sehingga tercapai konsistensi normal.

2.4. Pengujian Jarum Vicat (*Setting time*)

Pengujian dimulai dengan penyiapan pasta semen. Proses ini dilakukan dengan menyiapkan contoh sampai pencetakan benda uji pengujian konsistensi normal. Hasil dari pengujian konsistensi normal tersebut dilanjutkan untuk pengujian waktu pengikatan. Penetrasi dilakukan dengan jarum diameter 1 mm pada 30 menit setelah pencetakan, dengan jarak penetrasi minimal 9,5 mm titik penetrasi minimal 6,4 mm. Setelah itu, 15 menit berikutnya penetrasi dilakukan sampai mencapai 25 mm. Saat melakukan penetrasi, skala penunjukan akan menentukan waktu pengikatan awal yang bisa dihitung dengan interpolasi. Waktu pengikatan awal secara spesifik adalah waktu dimana penetrasi diperoleh 25 mm. Sedangkan, waktu pengikatan akhir adalah apabila jarum tidak nampak terbenam pada permukaan pasta semen.

2.5. Pengujian LOI (*Loss of Ignition*)

Pengujian ini dilakukan dengan menimbang 1 gram contoh dalam krus platina yang telah diketahui beratnya. Contoh pasta semen yang dimasukkan ke dalam krus platina dipijarkan dalam *furnace* pada suhu $950 \pm 50^\circ\text{C}$ selama lebih dari 15 menit. Setelah lebih dari 15 menit, krus platina dikeluarkan dari *furnace*, didinginkan di dalam desikator dan ditimbang lalu dihitung. Jika berat yang didapatkan belum konstan, maka pemijaran perlu diulangi dan ditimbang setiap 5 menit sampai berat yang didapatkan konstan. LOI dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{LOI} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

W1 = Berat contoh awal

W2 = Berat contoh sisa pijar

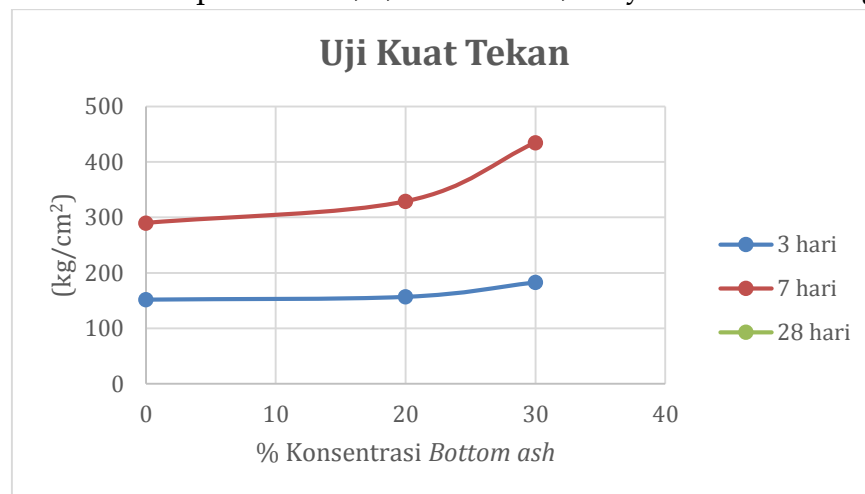
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian terhadap karakteristik beton yang dihasilkan melalui uji tekan, uji *setting time*, dan LOI (*Loss of Ignition*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *bottom ash* pada semen OPC (*Ordinary Portland Cement*)

terhadap karakteristik beton. Pada persiapan proses penggilingan *bottom ash* pada *ballmill* dari agregat kasar hingga memenuhi ukuran 325 mesh dengan *bottom ash* sebanyak 2 kg dan *ballmill* berkapasitas 5 kg efektif dalam waktu kurang lebih 45 menit.

3.1 Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah sifat kemampuan menahan atau mendapatkan suatu penekanan dari beban tekan. Pengujian kuat tekan pada semen yaitu dengan pembuatan mortar dengan agregat berupa pasir mengacu pada ASTM C 109/C, 109/M.08, dan SNI 15.2049.04 (butir 7.2.6) / 0302.04 (butir 7.3.5) yang akan diuji dengan mesin kuat tekan pada hari 3, 7, dan 28 hari, dinyatakan dalam kg/cm^2 .



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Mortar umur 3, 7, dan 28 hari

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan antara lain, yaitu kekuatan semen, kekuatan agregat, kualitas air, faktor air semen, dan kualitas *admixture* (bahan tambahan).

Menurut standar Semen Indonesia, untuk semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) minimal kuat tekan untuk 3 hari minimal adalah 125 kg/cm^2 . Jika melihat dari grafik di atas, pada pengujian hari ketiga terdapat fluktuasi nilai hal ini mungkin dikarenakan pada proses porojokan pada cetakan yang kurang benar sehingga mengakibatkan sampel mengalami ketidakrataan kemampatan antara sampel satu dengan sampel lainnya sehingga membuat hasil yang fluktuatif. Jika mengacu pada standar di atas sampel dengan konsentrasi *bottom ash* 20% memenuhi standar dan sampel dengan konsentrasi *bottom ash* 30% belum memenuhi standar karena nilainya selisih 2 kg/cm^2 di bawah standar kualitas.

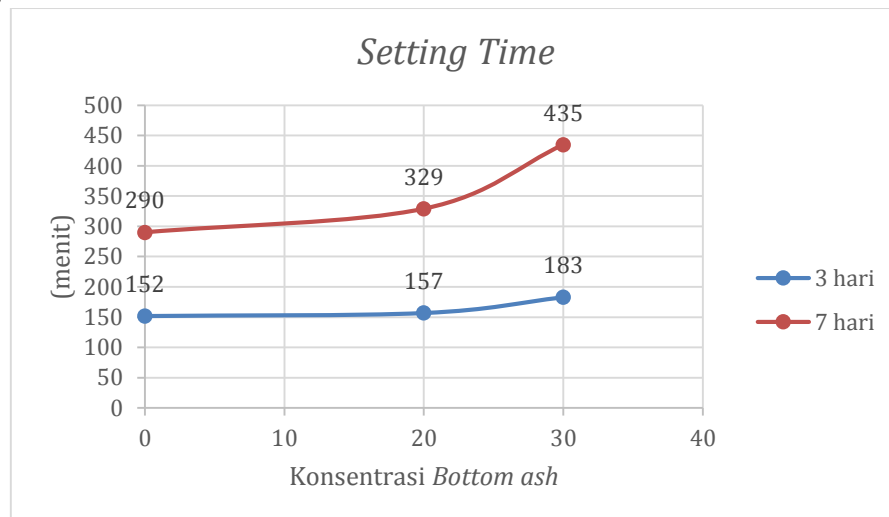
Menurut standar Semen Indonesia, untuk semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) minimal kuat tekan untuk 3 hari minimal adalah 200 kg/cm^2 . Jika mengacu pada standar di atas sampel dengan konsentrasi *bottom ash* 20% dan *bottom ash* 30% meski terjadi penurunan kuat tekan signifikan tetapi masih memenuhi standar kualitas.

Menurut standar Semen Indonesia, untuk semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) minimal kuat tekan untuk 3 hari minimal adalah 280 kg/cm^2 . Jika mengacu pada standar di atas sampel dengan konsentrasi *bottom ash* 20%

memenuhi standar dan sampel dengan konsentrasi *bottom ash* 30% belum memenuhi standar karena nilainya selisih 30 kg/cm² di bawah standar kualitas.

Dari data di atas juga dapat dilihat kecenderungan penurunan nilai kuat tekan, dimana nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan %konsentrasi *bottom ash* di dalam semen OPC. Dari pengujian tersebut di dapat data bahwa penambahan *bottom ash* di dalam semen OPC dengan konsentrasi tidak melebihi 20% masih memenuhi standar kualitas semen.

3.2 Setting Time



Gambar 2. Grafik Hasil Setting Time Mortar umur 3, 7, dan 28 hari

Pengujian *setting time* dilakukan untuk mengetahui perubahan dari keadaan *fluid* (cair) ke keadaan *rigid* (kaku) dan selama *setting* tersebut akan terbentuk suatu kekuatan. Semen yang bereaksi dengan air pada awalnya membentuk lapisan yang bersifat plastis dan akan membentuk Kristal.

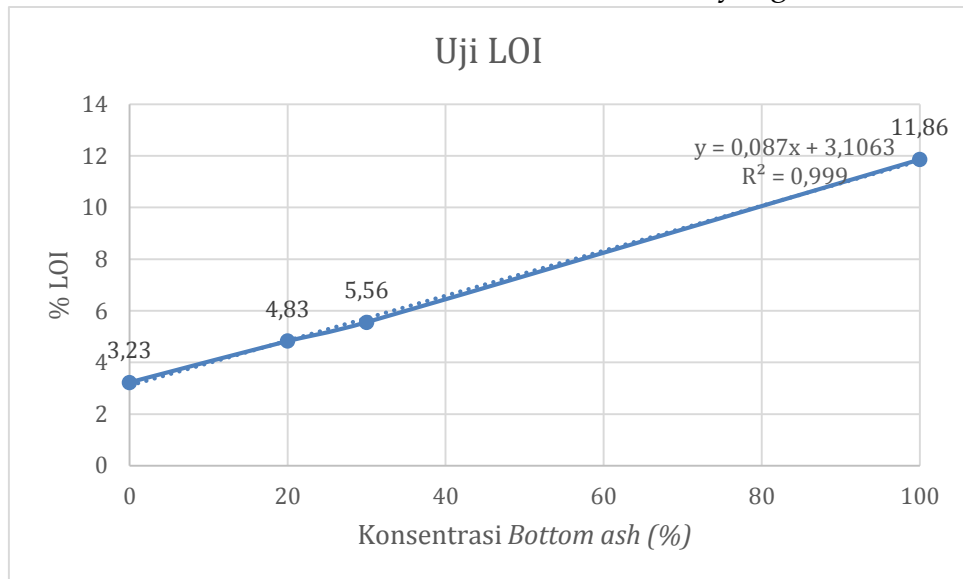
Waktu mulai terbentuknya Kristal atau timbulnya kekakuan pada semen disebut *initial set*. Proses berlangsung hingga semua rongga terisi kristal dan akan semakin kaku akhirnya tercapai *final set*. Standar atau acuan yang digunakan Semen Indonesia untuk pengujian *setting time* adalah ASTM C 191-08 dan SNI 15-2049-04 (butir 7.2.4). Pengujian ini merupakan kelanjutan dari pengujian konsistensi normal, sehingga pasta yang digunakan sama dengan sebelumnya.

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa penambahan %konsentrasi *bottom ash* akan berbanding lurus dengan *setting time* baik *initial set* maupun *final set*nya hal ini dikarenakan *bottom ash* termasuk dalam bahan pozzolanic, dimana penambahannya pada semen berjenis OPC akan membuat campurannya memiliki sifat yang mirip dengan semen pozzolan (PPC).

3.3 LOI (Loss of Ignition)

Pengujian kimia dilakukan pada penelitian hanya pengujian LOI (hilang pijar). LOI adalah sebuah parameter yang menyatakan bagian dari zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada pembakaran dengan temperatur tinggi. Komponen utama LOI adalah H₂O atau CO₂. Kandungan air (*moisture*) saat berasal dari *raw mix* dan gas CO₂ dihasilkan dari proses dekomposisi CaCO₃.

Prinsip pengujian LOI adalah untuk mencegah dan meminimalisir adanya senyawa CO₂ atau H₂O dalam semen yang dapat terurai dalam pemijaran. Menurut standar SNI 15-2049-2004 semen PPC batas %LOI yang diizinkan <5%.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian LOI

Dari grafik di atas didapatkan data bahwa konsentrasi *bottom ash* akan berbanding lurus dengan nilai %LOI dan dari data di atas juga diketahui bahwa konsentrasi *bottom ash* 30% tidak memenuhi standar mutu. Dan jika kita menghitung batas konsentrasi maksimal dari %konsentrasi *bottom ash* pada semen berdasar pada persamaan *trendline* dan garis regresinya didapatkan nilai maksimal sebesar 21.75%.

LOI yang besar menunjukkan bahwa semen yang dihasilkan masih banyak mengandung kalsium karbonat (CaCO₃). Reaksi side komposisi CaCO₃



Kadar LOI dibatasi karena, apabila terdapat kandungan CO₂ berlebih pada semen, akan menyebabkan kerusakan pada beton untuk jangka waktu yang panjang. CO₂ yang berlebih akan bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk kalsium karbonat. Dalam keadaan basah, kalsium karbonat yang terbentuk akan larut dalam air dan beton akan cepat rusak.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan *bottom ash* berpengaruh pada *setting time* dan kuat tekan mortar. Semakin banyak penambahan *bottom ash*, waktu pengikatan awal (*initial set*) dan waktu pengikatan akhir (*final set*) akan semakin lama. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh nilai LOI dan kandungan SO₃ dalam semen. Banyaknya nilai LOI dan kandungan SO₃ menyebabkan waktu *setting time* semakin lama. Penambahan *bottom ash* juga berpengaruh terhadap kuat tekan, semakin banyak penambahan *bottom ash*, kuat tekan mortar akan semakin menurun. Hal ini

disebabkan karena kandungan CaO , MgO , dan SO_3 yang mempengaruhi kekuatan mortar yang dihasilkan. Kandungan CaO , MgO , dan SO_3 berbanding terbalik dengan kuat tekan. Dari percobaan ini dapat diketahui bahwa semen OPC dengan kandungan *bottom ash* 30% tidak memenuhi standar kualitas PT Semen Indonesia dan SNI. Penambahan *bottom ash* juga berpengaruh pada LOI (*Loss of Ignition*). Semakin banyak penambahan *bottom ash*, nilai %LOI akan semakin besar. Dari percobaan ini dapat diketahui bahwa semen OPC dengan kandungan *bottom ash* 20% didapatkan nilai %LOI 4,83 dan semen OPC dengan kandungan *bottom ash* 30% didapatkan nilai %LOI 5,56. Pada semen OPC dengan kandungan *bottom ash* 30% tidak memenuhi standar kualitas PT Semen Indonesia karena melebihi 5%. Dan jika kita menghitung batas konsentrasi maksimal dari %konsentrasi *bottom ash* pada semen berdasar pada persamaan trendline dan garis regresinya didapatkan nilai maksimal sebesar 21.75%. Dari hasil percobaan dan perhitungan bahan tambahan *bottom ash* sebagai bahan percobaan dapat disetujui layak ditinjau dari kuat tekan, pengaturan waktu, komposisi oksida, dan sekaligus sebagai sumber pemanfaatan limbah B3.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu *bottom ash* dicampur dengan bahan pozzolan lain seperti dolomit untuk mengatasi kelemahan *bottom ash* yang menurunkan pengaturan waktu dan kuat tekan semen OPC yang dihasilkan. Proses perojokan dan pencetakan mortar harus konsisten dari segi waktu, temperatur, kelembapan, kecepatan, kuantitas, dan kemampatan. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir pengaruh faktor lain dari percobaan yang dilakukan.

REFERENSI

- [1] Ayu, Riska. 2016. Audit Energi pada Dry Process Rotary Kiln System di Pabrik Semen. Skripsi. Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004 Semen Portland.
- [3] Basri H dan G. Sitorus. 2015. "Analisis Energi pada Sistem Rotary Kiln di PT Semen Baturaja (Persero)". Prosiding Seminar Nasional AVoER VII 2015: 5-10.
- [4] Deolalkar, S.P. 2009. Handbook for Designing Cement Plants. United States of America: BS Publication.
- [5] Marthinus, Adrian Philip. 2015. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (FLY ASH) terhadap Kuat Tarik Belah Beton. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.11 Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
- [6] Mutiara, Farisa Ridha dan Hadiyanto. 2013. "Evaluasi Efisiensi Panas dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Rotary Kiln Pabrik Semen. TEKNIK ISSN 0852-1697. 4(1): 9-13.

- [7] Parkway Lane, Suite. "Nutrient Source Specifics (Gypsum)". International Plant Nutrition Institute. No 16.
- [8] Perry, Robert H, Don W. Green, and James O. Maloney. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition. United States of America: McGraw-Hill.
- [9] Ramadhanti, Aulia Rihhadatul'aisy dan Nadia Rahmatillah. Laporan Praktik Kerja Industri PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [10] Ristinah, dkk. 2012. Pengaruh Penggunaan Bottom Ash sebagai Pengganti Semen Campuran Batako terhadap Kuat Tekan Batako. Malang : Universitas Brawijaya.
- [11] Syarifah, Rahayu Agustina S dan Lailatul Risky. 2018. Laporan Akhir "Simulasi Pemanfaatan FABA sebagai Pozzolanic dalam Pembuatan Semen PPC di PT Semen Indonesia (Persero)Tbk. Pabrik Gresik. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [12] Zamrudy, Windi. 2012. Modul Teknologi Semen. Malang: Politeknik Negeri Malang.