

PENGARUH CAMPURAN KADAR BOTTOM ASH DAN LAMA PERENDAMAN AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN PADA SILINDER BETON

Achmad Subki Arinata, M.Taufik Hidayat, Ari Wibowo

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

e-mail : arinata.achmad@yahoo.co.id

ABSTRAK

Bottom Ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara dimana jumlahnya akan terus meningkat selama industri terus memproduksi. Penanganan limbah ini dilakukan dengan cara menimbunnya di lahan kosong sehingga apabila volume limbah semakin bertambah maka semakin luas pula area yang diperlukan untuk menimbunnya.

Berbagai potensi tersebut dimanfaatkan dengan pembangunan berbagai prasarana penunjang. Prasarana penunjang tersebut seperti pelabuhan laut, anjungan lepas pantai, jembatan, tempat peristirahatan, dermaga dan sebagainya. Dalam proses pembuatannya kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindarkan.

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pengaruh campuran spesi semen dengan *Bottom Ash* terhadap nilai kuat tekan beton dengan variasi campuran persentase 0%, 10%, 20%, 25% dan direndam air laut pada durasi 7, 14, 28 hari.

Faktor campuran kadar *Bottom Ash* dan lama perendaman air laut pada silinder beton menunjukkan bahwa penambahan *Bottom Ash* sebagai pengganti semen sebanyak 10% memiliki peningkatan kekuatan beton dari beton normal (kadar *Bottom Ash* 0%) sebanyak **1,95 MPa** untuk rendaman 7 hari, **3,87 MPa** untuk rendaman 14 hari, **0,5 MPa** untuk rendaman 28 hari. Dan untuk kuat tekan pada rendaman 14 hari dan 28 hari mengalami penurunan kekuatan beton secara tidak signifikan.

Setelah mengetahui hasil dan pembahasan pengaruh campuran kadar bottom ash dan lama perendaman air laut terhadap kuat tekan pada silinder beton, maka hal ini menunjukkan dengan penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya *Bottom Ash* yang digunakan, karena sifat semen yang mampu mengikat dan mengeras tidak dapat digantikan seluruhnya oleh *Bottom Ash* dan juga karena penggunaan air dalam jumlah yang sama dalam semua variasi.

Lamanya perendaman menggunakan air laut mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap nilai kuat tekan pada silinder beton. Hal ini disebabkan air laut memperlambat proses hidrasi atau pengerasan pada beton.

Kata kunci : *Bottom Ash, silinder beton, rendaman, air laut, kuat tekan beton*

PENDAHULUAN

Bottom Ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara dimana jumlahnya akan terus meningkat selama industri terus memproduksi. Penanganan limbah ini dilakukan dengan cara menimbunnya di lahan kosong sehingga apabila volume

limbah semakin bertambah maka semakin luas pula area yang diperlukan untuk menimbunnya.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang merupakan campuran heterogen antara agregat kasar dan halus dengan bahan pengikat semen dan air yang

dalam proses pencampurannya mengalami proses pengerasan atau hidrasi dalam kurun waktu tertentu.

Sebagian besar permukaan bumi merupakan wilayah laut yang didalamnya terkandung berbagai sumber daya alam yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan manusia. Berbagai potensi tersebut dimanfaatkan dengan pembangunan berbagai prasarana penunjang. Prasarana penunjang tersebut seperti pelabuhan laut, anjungan lepas pantai, jembatan, tempat peristirahatan, dermaga dan sebagainya. Dalam proses pembuatannya kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindarkan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disampaikan beberapa tujuan penelitian yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh campuran spesi pasta semen dengan *Bottom Ash* terhadap nilai kuat tekan beton dengan variasi campuran persentase 0%, 10%, 20%, 25%.
2. Untuk mengetahui perendaman air laut pada durasi 7, 14, dan 28 hari berpengaruh terhadap nilai kuat tekan silinder beton.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi tentang pengaruh variasi campuran pasta semen dan *Bottom Ash*, dengan volume persentase 0%, 10%, 20%, 25% dan direndam air laut pada durasi 7, 14 dan 28 hari terhadap nilai kuat tekan beton.

DASAR TEORI

Bottom Ash merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada fly ash, sehingga *Bottom Ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan.

Sifat dari *Bottom Ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batu

bara dan sistem pembakarannya. Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari *Bottom Ash* adalah sebagai berikut:

Sifat fisik *Bottom Ash* berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, specific gravity, dry unit weight dan penyerapan dari wet dan dry *Bottom Ash* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat fisik khas *Bottom Ash*

| Sifat fisik <i>Bottom Ash</i> | Wet | Dry |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Bentuk | Angular/bersi ku | Berbutir kecil/granular |
| Warna | Hitam | Abu-abu gelap |
| Tampilan | Keras, mengkilap | Seperti pasir halus, sangat berpori |
| Ukuran (% lolos ayak) | No. 4 (90 – 100%) | 1,5 s/d 3/4 in (100%) |
| | No. 10 (40 – 60%) | No. 4 (50 – 90%) |
| | No. 40 (10%) | No. 10 (10 – 60%) |
| | No. 200 (5%) | No. 40 (0 – 10%) |
| Spesifik gravitasi | 2,3 – 2,9 | 2,1 – 2,7 |
| Dry Unit Weight | 960 – 1440 kg/m ³ | 720 – 1600 kg/m ³ |
| Penyerapan | 0,3 – 1,1% | 0,8 – 2,0% |

Komposisi kimia dari *Bottom Ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na dan unsur kimia yang lain. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moulton (1973), didapat bahwa kandungan garam dan pH yang rendah dari *Bottom Ash* dapat menimbulkan sifat korosi pada struktur baja yang bersentuhan dengan campuran yang mengandung *Bottom Ash*. Selain itu rendahnya nilai pH yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan sulfat yang terlarut

menunjukkan adanya kandungan pyrite (*iron sulfide*) yang besar.

Menurut Amri, S (2005:47), kekuatan dan keawetan beton pada pencampuran air laut tidak berpengaruh karena pada air laut kandungan konsentrasi larutan garam 3,5%, namun menyebabkan timbulnya noda-noda pada beton, penggaramannya dan berkurangnya kekedapan terhadap air. Garam air laut mengandung 78% sodium klorida (NaCl), 15% klorida (Cl⁻) dan magnesium sulfat (MgSO₄), sedangkan kandungan karbonat cukup rendah sekitar 75 ppm, dan apabila beton digunakan sebagai beton bertulang, air laut dapat menyebabkan proses korosi pada tulangnya.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila di bebani dengan gaya tertentu, yang di hasilkan oleh mesin tekan. Hasil uji dari kuat tekan digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaannya. Kuat tekan beton di tentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat halus dan kasar, air dan berbagai jenis campuran (Wang, Chu-kia dan Salmon, Charles G, 1994). faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton diatas, terdapat beberapa faktor lain yang juga memberikan pengaruh. Faktor tersebut adalah :

1. Jenis semen dan kualitasnya
Mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kekuatan batas.
2. Jenis dan permukaan agregat
Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat berbutir kasar akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maupun tiori yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Efisiensi dari perawatan
Kehilangan kekuatan sebesar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan ebelum waktunya. Perawatan adalah pekerjaan sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada waktu pembuatan benda uji.
4. Suhu

Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kekuatan beton akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

5. Umur

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sejalan dengan umurnya (Murdock, dkk 1991).



Gambar 1. Alat uji Kuat Tekan
(*Compression test*)

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Penelitian ini membuat benda uji silinder beton. Benda uji tersebut diperlukan untuk pengujian kuat tekan dengan menggunakan *Compression test*. Benda uji ini dibuat dengan menggunakan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 5 buah dalam sekali pengadukan beton.

Bahan yang digunakan :

1. Semen
2. Agregat kasar batuan pecah
3. Agregat halus yaitu pasir
4. Air bersih
5. Air laut
6. *Bottom Ash*

Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan gradasi agregat halus adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2 % terhadap benda uji.

- b) Satu set saringan: 4.75 mm (no. 4); 2.36 mm (no. 8); 1.18 mm (no. 16); 0.6 mm (no. 30); 0.3 mm (no. 50); 0.15 mm (no. 100); 0.075 mm (no 200). Oven pengatur kapasitas suhu (110 ± 5) $^{\circ}$ C.
- c) Mesin pengguncangan saringan.
- d) Talam-talam dan kuas.

Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan yang mempunyai kapasitas lebih dari 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
- b) Piknometer kapasitas 500 ml.
- c) Kerucut terpancung diameter atas (40 + 3) mm diameter bawah (90 + 3) mm dan tinggi (75 + 3) mm dibuat dari logam dengan tebal 0.8 mm.
- d) Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 + 15) gram dan diameter (25 + 3) mm.
- e) Saringan no. 4 (4.475 mm).
- f) Oven pengatur suhu kapasitas (110 + 5) $^{\circ}$ C.

Peralatan yang digunakan pada percobaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (no. 6) atau 2,46 mm (no. 8) dengan kapasitas ± 5 kg.
- b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d) Oven pengatur suhu dengan kapasitas (110 \pm 5) $^{\circ}$ C.
- e) Saringan no 4 (4,78 mm).

Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat isi agregat halus dan kasar adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.

- b) Tongkat pemadat baja dengan panjang masing-masing ± 600 mm dan berdiameter ± 16 mm.
- c) Kotak takar atau ember.

Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan kadar air agregat adalah sebagai berikut:

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat benda uji.
- b) Oven pengatur suhu.
- c) Talam.

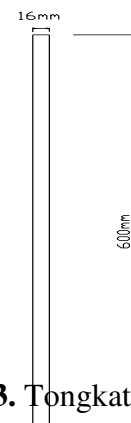
Peralatan yang digunakan pada pembuatan dan pengujian benda uji silinder adalah sebagai berikut:

- a) Cetakan dengan ukuran 15 x 30 cm.



Gambar 2. Cetakan berbentuk silinder

- b) Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, dengan ujung dibulatkan, terbuat dari baja yang bersih dan bebas karat.



Gambar 3. Tongkat pemadat

- c) Mesin pengaduk semen.
- d) Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat contoh.

e) Peralatan tambahan: ember, sekop, sendok, perata, talam

Peralatan yang digunakan untuk curing silinder beton adalah bak perendaman yang telah diisi dengan air laut.

Pembuatan benda uji berdasarkan pada Peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Peralatan pembakaran benda uji adalah oven dengan panas maksimum 1000oC.

Peralatan pengujian kuat tekan adalah mesin penekan beton di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Tujuan : Mengetahui kuat tekan beton sebelum dan sesudah ditambahkan *Bottom Ash*.

Bahan : Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Peralatan : Mesin uji tekan beton berkapasitas 60 ton

1. Referensi : SNI-1974-1990-F
SNI 03-2847-2002 (Beton)

2. Prosedur pengujian :

Beton berbentuk silinder atau kubus, yang telah dirawat sampai hari pengujian yang telah ditentukan, diambil dari tempat perawatan. Lap permukaan sampel sehingga kering, masing-masing diberi tanda/nomor agar tidak saling tertukar. Benda uji yang akan ditekan dilakukan pengukuran panjang, lebar, dan tingginya kemudian luas penampang benda uji yang akan ditekan (A).

Untuk benda uji kubus pilih permukaan yang rata untuk ditekan, sedangkan benda uji silinder karena salah satu permukaannya tidak rata maka harus di capping dengan belerang terlebih dahulu permukaan yang tidak rata tersebut.

Benda uji ditimbang dan dicatat (B), siapkan mesin tekan dengan cara menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan bagian kontrol mesin.

Hubungkan pula kabel listrik antara mesin tekan dengan sumber arus. Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka 0 (nol) dengan cara memutarnya. Kemudian mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2-4 kg/cm² per detik. Setelah itu pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur. Lalu hasil beban maksimum akibat pembebanan yang terjadi dicatat.

3. Perhitungan :

$$\text{Kuat Tekan (f'c)} = \frac{P \text{ max}}{A} \quad \text{kg/cm}^2 \text{ atau N/mm}^2$$

Dengan : A = Luas penampang benda uji yang akan ditekan

P max = Beban maksimum yang diberikan

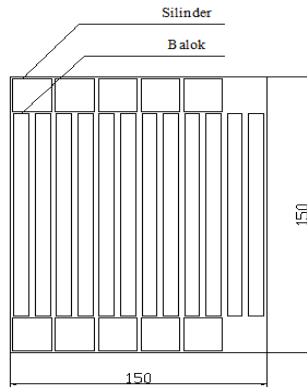


Gambar 4. Alat uji Kuat Tekan
(*Compression test*)

Untuk mempermudah perhitungan besarnya bak perendaman pada benda uji silinder, maka silinder akan diasumsikan sebagai balok dengan panjang 18cm, lebar 18cm dan tinggi 30cm. Rencana bak perendaman untuk benda uji silinder sebanyak 10 buah untuk masing – masing perlakuan akan dijadikan satu dengan bak perendaman balok, disamping untuk memanfaatkan ruang yang masih tersisa pada bak perendaman balok, juga untuk menekan biaya untuk pembuatan bak rendaman.

maka untuk mempermudah dalam pengelompokan sampel benda uji balok dan

silinder akan diletakkan dalam satu bak perendaman yang sama berdasarkan persentase campuran *Bottom Ash*.



TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPING

Gambar 5. Rencana Bak Perendaman Untuk Benda Uji Balok dan Silinder

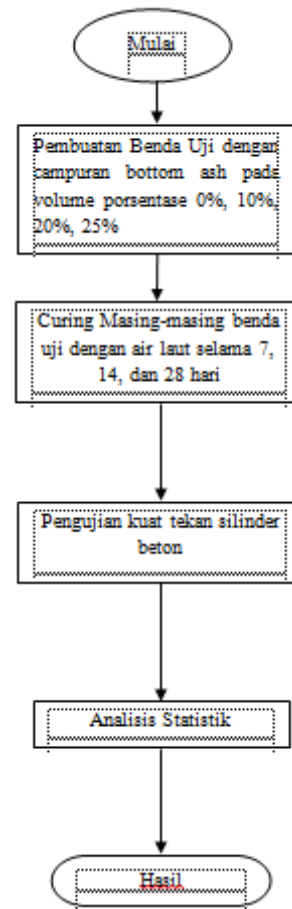
Penelitian ini dilakukan untuk menguji kuat tekan beton setelah durasi perendaman 7, 14, dan 28 hari terhadap variasi campuran pasta semen dan *Bottom Ash*, dengan volume persentase 0%, 10%, 20%, dan 25%. Perencanaan campuran beton mutu normal sebagai berikut:

| Perbandingan Campuran Beton 1:2:3 | | | | Durasi Curing Beton (hari) | | |
|-----------------------------------|------------|-------|---------|----------------------------|----------|----------|
| Semen | Bottom Ash | Pasir | Kerikil | 7 | 14 | 28 |
| 1 | 0 | 2 | 3 | 3 Sampel | 3 Sampel | 3 Sampel |
| 0,9 | 0,1 | 2 | 3 | 3 Sampel | 3 Sampel | 3 Sampel |
| 0,8 | 0,2 | 2 | 3 | 3 Sampel | 3 Sampel | 3 Sampel |
| 0,75 | 0,25 | 2 | 3 | 3 Sampel | 3 Sampel | 3 Sampel |

Tabel 2. Perencanaan Hubungan Durasi Curing Beton dengan Campuran *Bottom Ash* (Sumber : hasil penelitian)

Untuk penelitian kuat tekan betondengan campuran *Bottom Ash* data diambil dengan mengambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm panjang 30 cm sebanyak 3 buah benda uji untuk tiap variasi campuran *Bottom Ash* dengan volume persentase 0%, 10%, 20%, 25% dan perendaman air laut selama 7, 14, dan 28 hari. Jadi total benda uji keseluruhan 36 buah.

Tahapan pelaksanaan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Tahapan pelaksanaan

HASIL PENELITIAN

1. Kuat tekan beton

Pengujian penelitian ini adalah pengujian kuat tekan terhadap variasi campuran kadar *Bottom Ash* dan lama perendaman air laut pada beton silinder. Uji kuat tekan dilakukan pada *Concrete Compression Machine*. Total benda uji sebanyak 36 buah untuk beton variasi kadar *Bottom Ash*, yang terbagi atas 3 variasi kadar *Bottom Ash* yaitu 10%, 20%, 25%

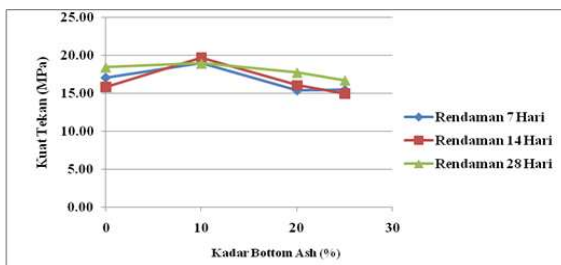
dan 0% tanpa menggunakan campuran. Sehingga total jumlah benda uji untuk pengujian kuat tekan beton sebanyak 36 buah beton silinder.

| Kadar <i>bottom ash</i> (%) | Umur Beton (hari) | Kuat Tekan (MPa) | | | F _c Rencana 18,67 (Mpa) |
|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| | | Rendaman 7 hari | Rendaman 14 hari | Rendaman 28 hari | |
| 0 | 28 | 17,10 | 15,90 | 18,49 | 18,67 |
| 10 | 28 | 19,05 | 19,77 | 18,99 | 18,67 |
| 20 | 28 | 15,41 | 16,13 | 17,79 | 18,67 |
| 25 | 28 | 15,48 | 15,01 | 16,76 | 18,67 |

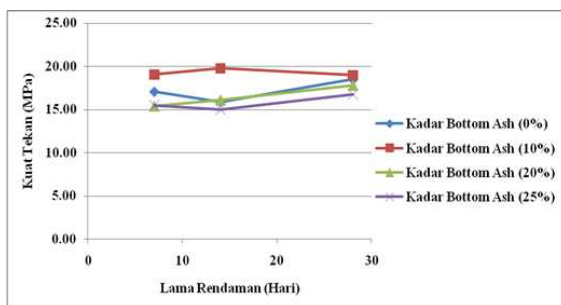
Tabel 3. Rata-rata kuat tekan sampel silinder

(Sumber : hasil penelitian)

Apabila dibuat grafiknya dengan menggunakan Microsoft Excel 2010. Maka grafik yang di peroleh adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik pengaruh lama perendaman air laut terhadap kuat tekan beton



Gambar 8. Grafik pengaruh kadar *Bottom Ash* terhadap kuat tekan

Pada kedua grafik diatas menunjukkan bahwa Kadar *Bottom Ash* 10% pada rendaman air laut 7, 14 dan 28 hari mempunyai nilai kuat tekan paling tinggi diantara kadar *Bottom Ash* *Bottom Ash* yang lain.

2. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan dengan analisis statistik, yaitu uji F satu arah ($\alpha = 0,05$). Pengujian hipotesis dilakukan

agar dapat diketahui hipotesis yang telah dibuat dapat diterima atau ditolak.

Uji F satu arah dianalisa dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} . Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima. F_{tabel} didapatkan dari tabel F sesuai dengan nilai α dan derajat kebebasan, sedangkan F_{hitung} diperoleh dari *varian between mean* yang dibagi dengan *varian within group* dalam kelompok.

Berikut hasil uji hipotesis untuk setiap pengujian yang menunjukkan adanya kesalahan relatif.

a. Anova Satu Arah

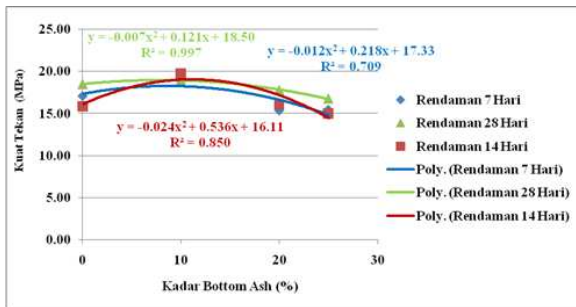
Dari perhitungan analisis diatas diketahui $F_{hitung} = 0,095$ dan $F_{tabel} = 2,22$. Sehingga $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Dengan demikian **adanya pengaruh** kadar *Bottom Ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton silinder.

b. Regresi

Untuk mengetahui hubungan prosentase kadar *Bottom Ash* dan lama perendaman terhadap kuat tekan silinder beton dilakukan dengan permodelan sederhana menggunakan analisis regresi. Dengan bantuan software Microsoft Excel didapatkan grafik trend regresi polinomial. Dengan metode regresi dapat diramalkan nilai peubah tak bebas dari nilai peubah bebas.

Regresi yang digunakan adalah regresi non linier polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan kadar *Bottom Ash* sebagai pengganti semen dan lama perendaman air laut terhadap kuat tekan silinder beton.

1. Analisis regresi (polinomial) pengaruh kadar *Bottom Ash* pengganti semen terhadap Kuat Tekan beton umur 28 hari

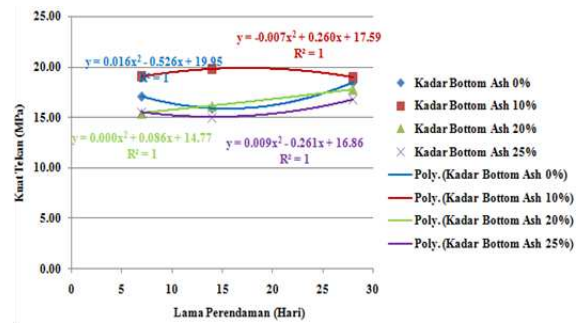


Gambar 9. Grafik polinomial antara penggunaan kadar *Bottom Ash* terhadap kuat tekan beton silinder umur 28 hari.

Pada grafik diatas menjelaskan hubungan penambahan kadar *Bottom Ash* terhadap kuat tekan beton. Garis polinomial di atas dapat memperlihatkan nilai kuat tekan beton yang paling minimum untuk variasi jenis rendaman dan kadar *Bottom Ash*.

Untuk hubungan penambahan kadar *Bottom Ash* terhadap kuat tekan beton jenis rendaman 7 hari, persamaan regresi polinomial yang didapat adalah $y = -0,012x^2 + 0,218x + 17,33$. Pada jenis rendaman 14 hari persamaan regresi polinomial yang didapat adalah $y = -0,024x^2 + 0,536x + 16,11$. Dan pada jenis rendaman 28 hari persamaan regresi polinomial yang didapat adalah $y = -0,007x^2 + 0,121x + 18,50$. Hal ini menunjukkan bahwa kadar *Bottom Ash* 20% memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah pada rendaman 7 hari. Pada penambahan kadar *Bottom Ash* 25% memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah untuk rendaman 14 hari. Dan untuk rendaman 28 hari nilai kuat tekan yang paling rendah terdapat pada kadar *Bottom Ash* 25%.

2. Analisis regresi (polinomial) pengaruh lama Perendaman Air Laut terhadap Kuat Tekan beton umur 28 hari



Gambar 10. Grafik polinomial antara perendaman air laut terhadap kuat tekan beton silinder umur 28 hari.

Pada grafik diatas menjelaskan hubungan perendaman air laut terhadap kuat tekan beton. Garis polinomial di atas memperlihatkan bahwa tidak ada trend yang terjadi secara signifikan, sehingga tidak ada pengaruh rendaman air laut secara signifikan terhadap kuat tekan dan kadar *Bottom Ash* pada beton silinder.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya pengaruh yang nyata dari pemanfaatan *Bottom Ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton silinder. Nilai kuat tekan rata-rata dari masing-masing beton silinder berbeda pada tiap komposisi campuran *Bottom Ash* pada kuat tekan beton silinder dengan kadar *Bottom Ash* 10% pengganti semen terjadi kekuatan optimal yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 19,05 MPa untuk rendaman 7 hari, 19,77 MPa untuk rendaman 14 hari, 18,99 MPa untuk rendaman 28 hari. Sedangkan kekuatan paling minimum terdapat pada kadar *Bottom Ash* 25% yang memiliki nilai rata-rata kuat tekan 15,48 MPa untuk rendaman 7 hari, 15,01 MPa untuk rendaman 14 hari dan 16,76 MPa untuk rendaman 28 hari. Dari hasil analisa di BAB IV menunjukkan bahwa penambahan *Bottom Ash* sebagai pengganti semen sebanyak 10% adanya peningkatan kekuatan

beton dari beton normal (kadar *Bottom Ash* 0%) sebanyak 1,95 MPa untuk rendaman 7 hari, 3,87 MPa untuk rendaman 14 hari, 0,5 MPa untuk rendaman 28 hari. Dan untuk rendaman 14 hari dan 28 hari mengalami penurunan kekuatan beton secara signifikan. Pada kuat tekan yang menggunakan *Bottom Ash* ini terdapat kelemahan yaitu beton silinder yang menggunakan *Bottom Ash* ini memiliki kemampuan menyerap air yang sangat besar dikarenakan sifat *Bottom Ash* yang gembur (*friable*) dan memiliki banyak pori.

2. Lamanya perendaman menggunakan air laut mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap nilai kuat tekan pada silinder beton. Hal tersebut dapat dilihat dari data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan atau penurunan nilai kuat tekan yang tidak terlalu besar. Serta dari pembuktian analisis varian searah dan analisis regresi yang menunjukkan tidak adanya pengaruh lama perendaman terhadap nilai kuat tekan pada silinder beton. Hal ini disebabkan air laut memperlambat proses hidrasi atau pengerasan pada beton.

SARAN

Dari kesimpulan di atas maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penelitian agar memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Perlu dilakukan penelitian lagi dengan persentase *Bottom Ash* sebagai pengganti semen yang lebih kecil misalkan dengan perbedaan prosentase 5 % sehingga bisa didapatkan hasil yang lebih detail.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan *Bottom Ash* sebagai pengganti semen. Karena

Bottom Ash mempunyai sifat kimia yaitu kandungan kalsium (Ca) dan pH yang rendah, sehingga ada bahan tambahan lain yang mempunyai kandungan kalsium (Ca) cukup tinggi untuk menutupi kurangnya kadar kalsium pada *Bottom Ash*. Bahan yang dapat digunakan misalnya dengan menambahkan kapur. Sehingga campuran *Bottom Ash* dan kapur dapat memenuhi kebutuhan silika dan kalsium yang dimiliki oleh semen.

3. Perencanaan dan pembuatan perlu diperhatikan lebih teliti. Bahan dan alat harus dipersiapkan secara baik sehingga bisa didapatkan beton yang berkualitas.
4. Proses penyimpanan bahan *Bottom Ash* harus disiapkan dengan baik, yaitu disimpan ditempat yang kering dan aman. Dikarenakan limbah batubara ini mempunyai kandungan limbah jenis B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Dimana dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup dan membahayakan kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S (2005). *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Arifin, Septiawan. 2012. *Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Batako*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Armaja, Wayan. 2001. *Prediksi Pengaruh Nisbah Air Semen Dan Abu Terbang Suralaya Sebagai Substitusi Semen Pada Difusitas Efektif Dalam Specimen Mortar Dengan Metode Yang Dipercepat*. Jurnal Tugas Akhir Fakultas Ilmu Bumi Dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- Astanto, Triono Budi, 2001, *Konstruksi Beton Bertulang*, Kanisius, Yogyakarta.
- Eniarti, Miko, 1996, *Analisis Matriks pada Perencanaan Bangunan Bawah Mercusuar*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Herdy, Ausrian Ramanta ST. 2007. *Pengaruh Variasi Campuran Spesi dan Lama Peredaman dengan Air Laut Terhadap Kuat Tarik Belah dan Kedalaman Intrusi Air Laut Pada Mortar*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Moulton LK, Seals RK, Anderson DA. *Utilization of ash from coal burning power plants in highway construction*. Transportation Research Record 1973 (430):26-39.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1991, *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko*, Erlangga, Jakarta
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Jakarta : Andi
- Naedi, Kris. 2012. *Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Paving Block*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Nawy, Edward G, 1990, *Beton Bertulang ; Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Bandung.
- Nurbahri, W. 2011. *Semen*. <http://wimvynurbahri.blogspot.com/2011/06/semen.html> (diakses April 2014).
- Nugraha, Paul dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton, Andi*, Yogyakarta.
- Santoso, Indriani, dkk, 2003. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sasonov. 2008. *Curing/Perawatan Beton*. <http://12a097.blogspot.com> (Diakses April 2014)
- SNI 03-1974-1990. *Metode pengujian kuat tekan beton*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2834-1993. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Smith, M, J & Ismoyo, Ir, PH (1979). *Bahan Konstruksi dan Struktur Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, Chu-Kia dan Charles G. Salmon. 1985. *Reinforced Concrete Design 2*, Fourth Edition. Harper & Row, Inc. Diterjemahkan : Binsar Hariandja. 1993. *Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Wibowo, A ST,MT & Setyowati, E, W, Ir, MT (2003). *Buku Diktat Teknologi Beton*. Malang : Penerbit Universitas Brawijaya.
- Yuliandoko, Dimas Setyo. 2012. *Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau dari Segi Kuat Lentur dan Permeabilitas*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Yulianto, Erfan Yoky ST, *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Bottom Ash) Sebagai Bata Beton Ditinjau dari Aspek Teknik dan Lingkungan*. Jurnal Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan

Sipil, Universitas Muhammadiyah,
Surakarta.

Zaenal, Wachid ST. 1997. *Pengaruh Umur Perendaman Beton Dalam Air Laut Terhadap Nilai Kuat Tarik Belah Yang menggunakan Semen Tipe I Dan Portland Pozzolan Cement (PPC)*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.