

LAPORAN PENELITIAN
KATEGORI A



**PENGARUH CAMPURAN KADAR BOTTOM ASH DAM LAMA
PERENDAMAN AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN, LENDUTAN,
KAPASITAS LENTUR, KUAT GESER DAN POLA RETAK BALOK**

Oleh :

Ir. Ristinah Syamsuddin., MT.	0027124904
Ir. M. Taufik Hidayat, MT.	0028126104
Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D	0019067402
Devi Nuralinah, ST., MT.	0008127604
Roland Martin S., ST., M.Sc.	0014078502
Christin Remayanti N., ST., MT.	0725038402
Kemal Yodawira	0710610043

Dilaksanakan atas biaya DIPA Tahun Anggaran 2014
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya berdasarkan kontrak
Nomor :07/UN10.6/PG/2014
Tanggal : 21 April 2014

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
OKTOBER 2014

HALAMAN PENGESAHAN

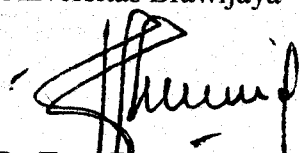
- Judul Penelitian : Pengaruh campuran kadar bottom ash dan lama perendaman air laut terhadap kuat tekan, lendutan, kapasitas lentur, kuat geser dan pola retak balok
- Kategori Penelitian : A
- Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Ir. Ristinah Syamsuddin., MT.
 - b. NIDN : 0027124904
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - d. Program Studi : Teknik Sipil
 - e. No. HP :
 - f. E-mail :
- Anggota Peneliti (1) :
- a. Nama Lengkap : Ir. M. Taufik Hidayat, MT.
 - b. NIDN : 0028126104
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Anggota Peneliti (2) :
- a. Nama Lengkap : Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
 - b. NIDN : 0019067402
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Anggota Peneliti (3) :
- a. Nama Lengkap : Devi Nuralinah, ST., MT.
 - b. NIDN : 0008127604
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Anggota Peneliti (4) :
- a. Nama Lengkap : Roland Martin S., ST., M.Sc.
 - b. NIDN : 0014078502
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Anggota Peneliti (5) :
- a. Nama Lengkap : Christin Remayanti N., ST., MT.
 - b. NIDN : 0725038402
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Anggota Peneliti (6) :
- a. Nama Lengkap : Kemal Yodawira
 - b. NIM : 0710610043
 - c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya
- Lama Penelitian Keseluruhan : 5 bulan
- Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp.19.000.000,-


Biaya Tahun Berjalan :-

Malang, 25 Oktober 2014

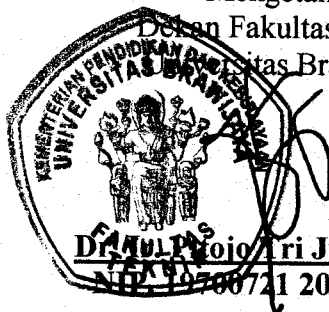
Mengetahui,
Ketua BPP Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya


Ketua Peneliti,


Dr. Eng. Denny W., ST., MT
NIP. 1950113 200012 1 001


Ir. Ristinah Syamsuddin., MT.
NIP. 19492712 197603 2 001

Mengetahui,
Dean Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya




Dr. Muji Pri Juwono, MT.
NIP. 19780721 200012 1 001

IDENTITAS KEGIATAN

1. Judul Penelitian : Pengaruh Campuran Kadar Bottom Ash dan Lama Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan, Lendutan, Kapasitas Lentur, Kuat Geser dan Pola Retak Balok
2. Kategori Penelitian : A
3. Ketua Tim Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ir. Ristinah Syamsuddin MT.
 - b. Bidang Keahlian : Struktur
 - c. Jabatan Struktural :
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Fakultas/Jurusan/PS : Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 - f. Alamat surat : Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145
 - g. Telepon / Faks : (0341) 580120
 - h. Email : civil@brawijaya.ac.id

4. Anggota tim peneliti
 - a. Dosen:

No	Nama dan gelar	Bidang Keahlian	Instansi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Ir. M. Taufik Hidayat, MT.	Struktur	UB	10
2	Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D	Struktur	UB	10
3	Devi Nuralinah, ST., MT.	Struktur	UB	10
4	Roland Martin S., ST., M.Sc.	Struktur	UB	10
5	Christin Remayanti N., ST., MT.	Struktur	UB	10

- b. Nama mahasiswa : Kemal Yodawira (0710610043)

5. Objek penelitian : balok dengan menggunakan bottom ash sebagai pengganti semen
6. Masa pelaksanaan penelitian:
 - a. Mulai : Mei
 - b. Berakhir : Oktober
7. Anggaran yang diusulkan : Rp.19.000.000,- (sembilan belas juta rupiah)
8. Lokasi penelitian : Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil UB
9. Hasil yang ditargetkan : pengaruh bottom ash sebagai pengganti semen pada balok yang direndam di air laut
10. Institusi lain yang terlibat : tidak ada
11. Keterangan lain yang dianggap perlu : -

RINGKASAN

Bottom ash merupakan salah satu limbah PLTU karena jumlahnya yang sangat banyak dan tidak dapat dibuang disembarang tempat, maka *bottom ash* seringkali direkayasa sebagai bahan campuran untuk membuat beberapa jenis bahan material dalam proyek pembangunan. Contohnya adalah batu bata dan genting. Kali ini kami mencoba untuk menggunakan *bottom ash* sebagai campuran semen dalam pembuatan beton. Karena seperti yang kita ketahui jumlah limbah ini akan terus bertambah seiring berjalannya PLTU. Maka dari itu tujuan penelitian kami adalah untuk memanfaatkan limbah *bottom ash* sebagai campuran semen untuk, pembuatan beton dengan bentuk *cube* maupun *tetrapod* yang biasa digunakan sebagai pemecah ombak (*breakwater*) di sekitar pelabuhan. Berikutnya, metode penelitian yang akan diterapkan adalah dengan membuat beton normal (tanpa campuran) dan tiga kadar variasi beton dengan campuran 10% , 20% dan 25% *bottom ash* terhadap semen. Setelah mengalami pengikatan selama 1-2 hari beton yang kami buat akan di *curing* (direndam) dalam air laut dengan rentang waktu mulai 7, 14 hingga 28 hari. Setelah proses perendaman dalam berbagai kurun waktu tersebut kemudian keseluruhan beton akan di uji kuat tekan. Hasil dari berbagai variabel tersebut akan dibandingkan hingga akhirnya dapat dapat disimpulkan apakah limbah *bottom ash* dapat digunakan sebagai campuran semen dalam pembuatan *cube* maupun *tetrapod*.

SUMMARY

Bottom ash is a waste power plant because there are so many and can not be disposed at any place, the bottom ash is often engineered as an ingredient for making several types of materials in development projects. Examples are the bricks and tiles. This time we tried to use a mixture of bottom ash as a cement in making concrete. Because as we all know the amount of this waste will continue to grow over the plant. Thus the purpose of our research is to utilize the waste bottom ash as a cement mixture for, the manufacture of concrete with cube and tetrapod shapes commonly used as breakwaters (breakwater) around the harbor. Next, the research method to be applied is to make normal concrete (only) and three levels of variation of concrete with a mixture of 10%, 20% and 25% bottom ash to the cement. After experiencing the concrete binding for 1-2 days we made will be cured (soaked) in sea water for periods ranging from 7, 14 to 28 days. After immersion in different period of time then the overall concrete compressive strength will be tested. The results of the various variables will be compared until it can it can be concluded whether the waste bottom ash can be used as a mixture of cement in the manufacture of cube and tetrapods.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

6.1.1 Kesimpulan Kuat Tekan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen pada beton silinder terhadap kuat tekan dan lamanya perendaman air laut pada beton silinder, dapat ditarik 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. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata yang paling besar terjadi pada perendaman 28 hari. Hal ini disebabkan air laut memperlambat proses hidrasi atau pengerasan pada beton dan

menghasilkan pengerasan beton yang lebih sempurna sehingga kekuatannya menjadi lebih tinggi.

6.1.2 Kesimpulan Lendutan

Berdasar analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap penelitian tentang pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap lendutan balok beton yang memiliki ukuran panjang 110 cm, lebar 7 cm dan tinggi 10 cm dengan 2 variasi tulangan yaitu tulangan geser dan tulangan lentur yang kemudian direndam dalam air laut, dapat dibuat sebuah kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan *bottom ash* pada balok dengan tulangan geser dan lentur tidak mempengaruhi nilai lendutan secara signifikan. Hal ini dapat disimpulkan berdasarkan uji statistic anova 2 arah untuk variasi prosentase *bottom ash* 0%, 10%, 20% dan 25%.
2. Perendaman balok dengan tulangan geser dan lentur tidak mempengaruhi nilai lendutan secara signifikan, baik pada perendaman 7, 14 dan 28 hari.
3. Berdasarkan perhitungan nilai izin lendutan pada balok dengan tulangan lentur dan geser sebesar 4,5833 mm dapat disimpulkan bahwa nilai beban yang terjadi saat lendutan izin terbesar terdapat pada balok dengan tulangan geser yaitu sebesar 1103.48 kg.

6.1.3 Kesimpulan Kapasitas Lentur

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan variasi campuran *bottom ash* sebagai pengganti semen yang belum terencana secara sempurna menyebabkan nilai kuat tekan beton belum mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan. Dari nilai kuat tekan yang berbeda-beda tersebut menghasilkan nilai kapasitas lentur yang berbeda-beda pula. Hal ini disebabkan adanya penambahan kebutuhan jumlah air dari perencanaan awal seiring dengan bertambahnya jumlah *bottom ash* dalam campuran. Penambahan tersebut dikarenakan sifat dari *bottom ash* itu sendiri menyerap air lebih banyak. Dari hasil penelitian yang dilakukan campuran *bottom ash* dengan kadar prosentase 10% memiliki nilai kapasitas lentur yang paling besar dan nilai kapasitas lentur yang paling rendah terjadi pada prosentase campuran *bottom ash* 25%. Jadi dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan nilai kapasitas lentur

pada prosentase campuran *bottom ash* 0% sampai 10% sedangkan penurunan nilai kapasitas lentur pada prosentase campuran *bottom ash* 20% sampai 25%.

2. Lama perendaman dengan menggunakan air laut mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap nilai kapasitas lentur pada balok. Hal tersebut dapat dilihat dari data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan atau penurunan nilai kapasitas lentur yang tidak terlalu besar. Serta dari pembuktian analisis varian 2 arah dan analisis regresi yang menunjukkan tidak adanya pengaruh lama perendaman terhadap nilai kapasitas lentur pada balok. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas lentur rata-rata yang paling besar terjadi pada perendaman 28 hari. Hal ini disebabkan air laut memperlambat proses hidrasi atau pengerasan pada beton dan menghasilkan pengerasan beton yang lebih sempurna sehingga kekuatannya menjadi lebih tinggi.

6.1.4 Kesimpulan Kuat Geser

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengaruh penambahan variasi campuran *bottom ash* sebagai pengganti semen yang belum terencana secara sempurna menyebabkan nilai kuat tekan beton belum mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan.
- b. Dari nilai kuat tekan yang berbeda-beda tersebut menghasilkan nilai kapasitas geser yang berbeda-beda pula. Hal ini disebabkan adanya penambahan kebutuhan jumlah air dari perencanaan awal seiring dengan bertambahnya jumlah *bottom ash* dalam campuran.
- c. Sifat dari *bottom ash* itu menyerap air lebih banyak.
- d. Dari hasil penelitian yang dilakukan campuran *bottom ash* dengan kadar prosentase 10% memiliki nilai kapasitas geser yang paling besar dan nilai kapasitas geser yang paling rendah terjadi pada prosentase campuran *bottom ash* 25%.
- e. Terjadi peningkatan nilai kapasitas geser pada prosentase campuran *bottom ash* 0% sampai 10% sedangkan penurunan nilai kapasitas lentur pada prosentase campuran *bottom ash* 20% sampai 25%.
- f. Ada pengaruh lama perendaman dengan menggunakan air laut akan tetapi tidak terlalu signifikan terhadap nilai kuat geser pada balok. Hal tersebut dapat dilihat dari data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan atau penurunan nilai kuat geser yang tidak terlalu besar.

- g. Analisis varian 2 arah dan analisis regresi yang menunjukkan adanya pengaruh lama perendaman terhadap nilai kuat geser pada balok yang tidak terlalu signifikan. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas lentur rata-rata yang paling besar terjadi pada perendaman 28 hari.
- h. Terjadi pengaruh udara luar terhadap beton, dikarenakan pengujian benda uji tidak dilakukan sesaat setelah pengangkatan dari perendaman.

6.1.5 Kesimpulan Pola Retak

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh variasi campuran *bottom ash* terhadap pola retak. Karena secara kasat mata dapat kita lihat bahwa pada benda uji dengan keruntuhan geser kadar campuran BA 10% perendaman 28 hari terjadi kegagalan geser maupun lentur-geser. Sedangkan untuk variasi lamanya perendaman air laut tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Hal ini disebabkan karena tidak adanya perbedaan pola retak yang terjadi pada tiap variasi durasi perendaman.
2. Variasi campuran bottom ash terhadap lebar retak berpengaruh secara signifikan. Seperti pada benda uji dengan keruntuhan geser perendaman 14 hari, pada kadar campuran bottom ash 0% retak awal terjadi pada pembebanan 400 kg. Pada kadar campuran BA 10% dan 20% terjadi pada pembebanan 700 kg, dan pada campuran BA 25% terjadi pada pembebanan 900 kg. Untuk nilai lebar retaknya dapat kita lihat pada balok dengan keruntuhan lentur durasi perendaman 28 hari. Disini, pada lebar retak maksimum yang dianalisis oleh peneliti ($\leq 70\%$ dari beban maksimum) pada campuran bottom ash 0% lebar retaknya 0,16 mm; pada campuran BA 10% adalah 0,10 mm; pada campuran BA 20% adalah 0,12 mm dan pada campuran 25% sebesar 0,13 mm. Variasi durasi perendaman air laut juga memberikan pengaruh terhadap lebar retak. Seperti yang terjadi pada keruntuhan lentur perendaman 14 hari, yaitu dengan lebar retak 0,10 mm untuk campuran bottom ash 0%; 0,13 mm untuk campuran BA 10%; 0,14 mm untuk campuran BA 20% dan 0,12 mm untuk campuran BA 25%. Dengan lebar retak maksimum yang diijinkan oleh ACI Code untuk daerah basah khususnya dalam lingkup air laut adalah 0,15 mm (digunakan 0,20 mm), sehingga penelitian ini masih bisa digunakan sebagai acuan untuk penelitian berikutnya.

3. Untuk pembahasan kedalaman retak tidak bisa dibahas lebih lanjut karena alat uji memiliki keterbatasan dalam aplikasinya untuk mengumpulkan data. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pada saat melakukan pengukuran, UPV tidak dapat mentoleransi adanya retak lain disekitar retak yang akan diukur kedalamannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Sjafei. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta : UI-Press.
- Anonim, 2000. *Coal Bottom Ash / Boiler Slag - Material Description*.
<http://www.rmrc.unh.edu/resources/cd/userguide/cbabs1.htm>. (diakses 27 Pebruari 2012)
- ASTM C.33-82, "*Standard Spesification for Concrete Aggregate*."
- Dipohusodo, I., 1999, Struktur Beton Bertulang, SK SNI T-15-1990-03, Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Indriani Santoso & Salil Kumar Roy. 2003. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. *Dimensi Teknik Sipil*. Vol.5 (2) : 76.
- Mark Whittaker, Rachel Taylor, Qui Li, Shuangxin Li & Dr. Leon Black. "*The Effects of Bottom Ash as a Partial Cement Replacement*", diakses Agustus 2012
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : ANDI.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta : Lembaran Lepas Sekneg.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0052-80. 1980. *Mutu dan Cara Uji Agregat*, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.