

# PEMANFAATAN LIMBAH *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA GENTENG BETON DITINJAU DARI SEGI KUAT LENTUR DAN PEREMBESAN AIR

Achfas Zacoeb, Sri Murni Dewi, Imran Jamaran  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 651

## ABSTRAK

Produksi semen dunia telah menyumbang tujuh persen gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ) atau sekitar 1,5 miliar ton pada tahun 1995 (*International World Energy Outlook*). Jumlah ini akan terus bertambah seiring berkembangnya industri semen di dunia. *Bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan oleh PLTU. Limbah ini mempunyai komposisi kimia yang hampir sama dengan semen. Menindak lanjuti hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah *bottom ash* bisa digunakan sebagai bahan pengganti semen sehingga bisa berperan serta mengurangi pemanasan global dan pencemaran lingkungan secara tidak langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat lentur dan impermeabilitas dari sebuah produk yang dalam hal ini adalah genteng beton. Proporsi *bottom ash* yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat semen, dengan jumlah masing-masing perlakuan benda uji adalah 10 buah untuk uji kuat lentur dan 3 buah untuk uji impermeabilitas (sesuai SNI 0096:2007). Jenis genteng beton yang digunakan adalah tipe rata (*flat*) dengan dimensi 420 mm x 330 mm. Dari hasil penelitian dan uji statistik dapat disimpulkan bahwa kuat lentur rata-rata yang dihasilkan genteng beton tidak mengalami penurunan pada proporsi *bottom ash* 0%-30%, sementara pada proporsi 30%-50% terjadi penurunan yang signifikan. Adapun karakteristik beban lentur yang dihasilkan baik genteng beton normal maupun dengan *bottom ash* masih berada di bawah yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI 0096:2007) yaitu 1200 N. Proporsi optimum dari uji lentur diperoleh pada proporsi *bottom ash* 19,60%. Untuk pengujian impermeabilitas genteng beton, semua perlakuan genteng beton baik yang normal maupun dengan *bottom ash* tahan terhadap rembesan (tidak ada air yang menetes).

**Kata kunci:** Genteng beton, *Bottom ash*, Kuat lentur, Impermeabilitas

## PENDAHULUAN

Semen tidak hanya berperan penting dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil, tetapi juga berperan sebagai penyumbang gas karbondioksida yang tergolong besar di dunia. Dalam produksi satu ton semen Portland, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Dari data tahun 1995, jumlah produksi semen di dunia tercatat 1,5 miliar ton. Hal ini berarti industri semen melepaskan karbon dioksida sejumlah 1,5 miliar ton ke alam bebas. Menurut *International Energy Authority: World Energy Outlook*, jumlah karbon dioksida yang dihasilkan tahun 1995 adalah 23,8 miliar ton. Angka itu menunjukkan produksi semen portland menyumbang tujuh persen dari keseluruhan karbon

dioksida yang dihasilkan berbagai sumber. Tampaknya proporsi ini akan terus bertahan atau bahkan meningkat sesuai dengan peningkatan produksi semen apabila tidak ada perubahan berarti dalam teknologi produksi semen atau didapatkan bahan pengganti semen.

Indonesia terkenal akan sumber daya alamnya yang melimpah, salah satunya adalah batubara. Jumlah sumber daya batubara Indonesia tahun 2005 berdasarkan perhitungan pusat Sumber daya Geologi, Departemen Energi dan Sumber daya mineral adalah sebesar 61,366 miliar ton. Sumber daya batubara tersebut tersebar di 19 provinsi (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2006). Keberadaannya yang melimpah berbanding lurus dengan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya, yang mana akan terus berkembang. Proses pembakaran batubara menghasilkan banyak produk sisa/buangan atau yang dikenal dengan limbah batubara.

*Bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran pada pembangkit listrik tenaga uap. Secara kimiawi *bottom ash* memiliki kesamaan dengan *fly ash* yang mana sering digunakan untuk pengganti semen. Menurut (Prabandiyani S., 2008) penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian berat semen pada umumnya terbatas pada *fly ash* kelas F. *Fly ash* tersebut dapat menggantikan semen sampai 30% berat semen yang dipergunakan dan dapat menambah daya tahan dan ketahanan terhadap bahan kimia. Berdasarkan hal di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai apakah *bottom ash* dapat juga berperan sebagai pengganti semen seperti halnya pada *fly ash*.

Genteng ialah unsur bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap, agar bangunan tidak terkena air hujan, panas matahari, dan lainnya. Genteng merupakan salah satu unsur penting dalam suatu bangunan. Ada beberapa macam genteng penutup atap yang disebutkan dalam Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI-1982), diantaranya genteng keramik, genteng beton, genteng kaca, dan genteng bambu. (Kardiyono, 1995)

Genteng beton adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap terbuat dari campuran merata antara semen Portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen (SNI 0096-2007). Genteng ini tidak memerlukan proses pembakaran seperti halnya pada genteng keramik, dikarenakan adanya semen yakni dengan sifatnya yang mengeras bila bereaksi dengan air. Dengan mengacu pada penjelasan tersebut dapat diartikan bahwa semen merupakan bagian

penting pada proses pembuatan genteng beton.

Penelitian terdahulu berkaitan dengan pemanfaatan limbah sebagai bahan alternatif campuran telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah pemanfaatan lumpur lapindo sebagai pengganti tanah liat pada genteng, dengan prosentase terhadap tanah liat antara 30–70% (Widodo A.W., 2008). Selain itu juga pemanfaatan limbah industri piropilit sebagai campuran dalam pembuatan genteng dengan prosentase terhadap tanah liat antara 0-30% (Kharisma I.S., 2011). Dari kedua penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa bahan-bahan tersebut ternyata dapat dijadikan alternatif campuran dalam pembuatan genteng.

Berdasarkan uraian-uraian di atas, penulis mencoba untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan genteng beton terhadap sifat mekanik/kualitas yang dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disampaikan beberapa tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan genteng beton ditinjau dari kuat lentur dan impermeabilitas yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui proporsi *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat lentur genteng beton yang masih memenuhi standar.
3. Untuk mengetahui proporsi *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap impermeabilitas genteng beton yang masih memenuhi standar.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan permasalahan yang dimaksudkan agar penelitian ini terfokus pada tujuan yang ingin dicapai, yaitu:

1. Bahan pengganti semen yang digunakan yaitu berupa *bottom ash* yang berasal dari limbah PLTU di Rembang, Jawa Tengah.

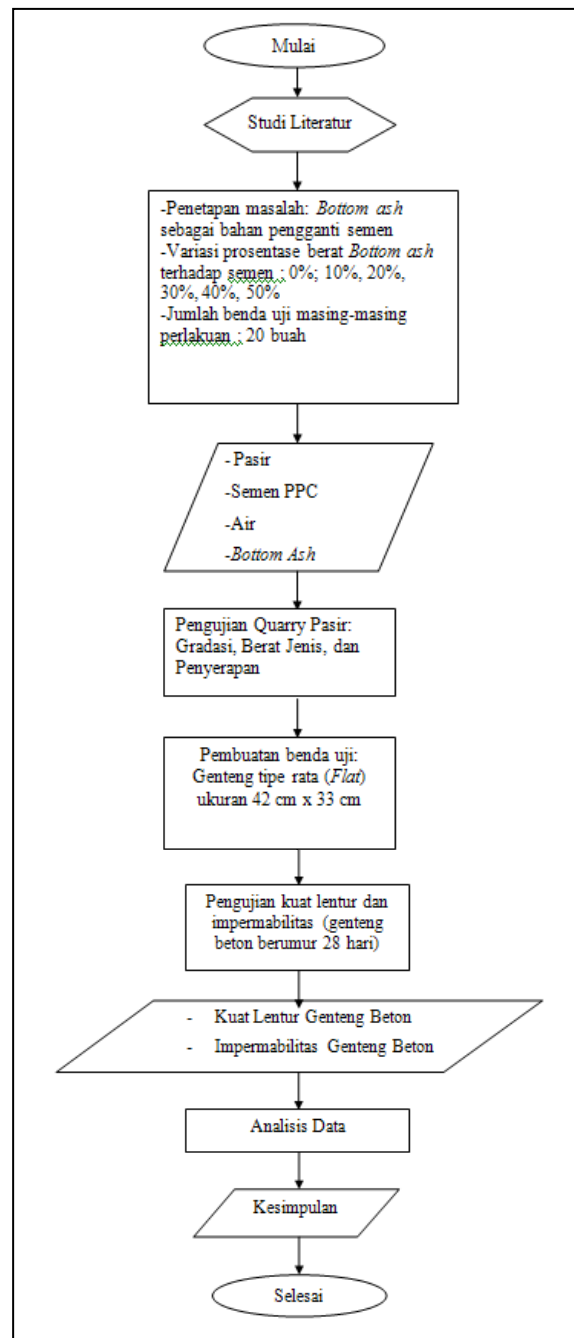
2. Agregat halus yang digunakan untuk komposisi campuran dengan *bottom ash* adalah agregat yang dipakai pada industri rumah tangga genteng yang ditinjau. Dalam hal ini menggunakan pasir lumajang.
3. Komposisi *bottom ash* yang dipakai untuk campuran pembuatan genteng beton adalah 0% dan maksimum 50%.
4. Standar kuat lentur dan impermeabilitas genteng beton adalah sesuai dengan SNI 0096:2007.
5. Genteng beton yang digunakan adalah genteng beton buatan industri rumah tangga yang ditinjau.
6. Spesifikasi ukuran genteng beton berdasarkan standar industri rumah tangga yang ditinjau.
7. Proses pembuatan genteng beton dilakukan oleh industri rumah tangga yang ditinjau.
8. Pengujian dilakukan setelah genteng beton berumur 28 hari dan dinyatakan siap oleh Industri pakai oleh industri rumah tangga yang ditinjau.
9. Pembahasan dititik beratkan pada pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap kualitas genteng beton yang ditinjau.
10. Pembahasan dibatasi seputar analisis hasil percobaan, tidak membahas reaksi kimia dari *bottom ash*.
11. Perubahan sifat *bottom ash* akibat proses pengangkutan dari tempat asalnya tidak mempengaruhi proses-proses penelitian yang akan berlangsung.
12. *Bottom ash* sebagai pengganti semen dalam hal ini ditinjau dari komposisi kimia penyusunnya, tidak meninjau dari sifat fisik.

### METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini total terdapat 120 sampel benda uji dengan prosentase komposisi penambahan *bottom ash* yang berbeda-beda terhadap berat semen untuk tiap perlakuan. Komposisi normal dari genteng yang ditinjau adalah 1 semen : 3

pasir dan air secukupnya. Prosentase penambahan *bottom ash*, jumlah benda uji tiap perlakuan, dan tabel variasi komposisi pasir dengan *bottom ash* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini,



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

**Tabel 1.** Variasi Komposisi *Bottom Ash*-Semen

Perlakuan	Prosentase (%)		Jumlah benda uji (Buah)
	<i>Bottom ash</i>	Semen	
Normal	0	100	20
I	10	90	20
II	20	80	20
III	30	70	20
IV	40	60	20
V	50	50	20
			120

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian Kuat Lentur Genteng Beton

Pengujian kuat lentur dilakukan pada beton setelah mencapai umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji lentur yang telah tersedia dengan sedikit modifikasi dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan pengolahan data pengujian kuat lentur didapatkan hasil bahwa karakteristik beban lentur dari semua perlakuan benda uji yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang berlaku Standar Nasional Indonesia (SNI 0096:2007), yakni kurang dari 1200 N (**Tabel 2**).



**Gambar 2.** Alat uji lentur untuk genteng beton

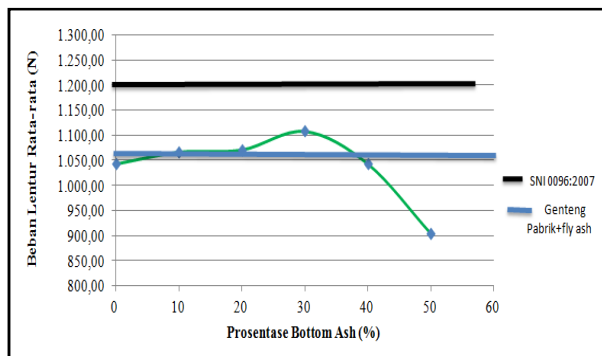
**Tabel 2.** Karakteristik Beban Lentur

No	Perlakuan	Karakteristik Beban
		Lentur (N)
1	Normal	809,12
2	I ( <i>Bottom Ash 10%</i> )	792,57
3	II ( <i>Bottom Ash 20%</i> )	856,81
4	III ( <i>Bottom Ash 30%</i> )	847,46
5	IV ( <i>Bottom Ash 40%</i> )	857,88
6	V ( <i>Bottom Ash 10%</i> )	812,25
7	Pabrik + <i>fly ash</i>	827,57

Sementara untuk rata-rata kuat lentur yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 3**. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada proporsi *bottom ash* antara 0%-30% kuat lentur rata-rata yang diperoleh tidak mengalami penurunan, sementara proporsi 30% ke atas kuat lentur rata-rata yang diperoleh mengalami penurunan yang signifikan terutama pada prosentase *bottom ash* 50%. Jika dibandingkan dengan genteng beton normal (proporsi *bottom ash* 0%), hanya genteng beton dengan proporsi *bottom ash* 40% dan 50% yang kuat lentur rata-ratanya berada di bawah genteng beton normal.

Hal-hal yang diduga menjadi penyebab tidak terpenuhinya standar antara lain adalah Kondisi pasir yang tergolong agak kasar (zona 2), dengan demikian akan mempengaruhi kehalusan permukaan dari benda uji. Sehingga dengan kondisi pasir seperti itu ditambah dengan *bottom ash* yang teksturnya hampir sama dengan pasir maka akan membuat semakin besarnya pori yang mana tidak hanya mempengaruhi kadar penyerapan airnya, tetapi juga kemampuan untuk menahan beban lentur yang diberikan karena ikatan antar bahan yang kurang rapat. Selain itu FAS yang kurang merata untuk masing-masing perlakuan benda uji. Hal ini dikarenakan semakin besar prosentase *bottom ash* maka air yang diperlukan maka juga semakin besar pula. Menentukan FAS yang tepat

masih menjadi masalah utama dalam pembuatan benda uji dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi di lapangan.



Gambar 3. Kuat lentur rata-rata genteng beton

Kondisi senyawa yang tidak sama antara *bottom ash* dan semen, walaupun komposisi kimia keduanya menyerupai. Hal ini kemungkinan akan mengakibatkan kurang bisa bereaksinya senyawa-senyawa penting yang ada pada *bottom ash*, terutama pada silika (Si), Kalsium (Ca), dan unsur mineral seperti aluminium (Al) yang memegang peranan penting pada proses pengerasan, sebagaimana mineral-mineral senyawa pada semen yang bereaksi pada proses hidrasi, yakni Tricalcium Silicate (C3S) yang berkontribusi terhadap kuat tekan awal, dan Tri Calcium Aluminate (C3A) yang berkontribusi terhadap kecepatan bereaksi dengan air, pengikatan awal semen. Kondisi dari *bottom ash* yang tidak tertutup rapat, serta sebagian kecil menggumpal menandakan bahwa kemungkinan besar senyawa-senyawa utama yang ada pada *bottom ash* tersebut sudah bereaksi sebelumnya atau bisa juga dikatakan tidak aktif. Sehingga saat digunakan dalam penelitian hanya sebagian kecil saja dari *bottom ash* yang bisa bereaksi. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya kuat lentur genteng beton pada prosentase *bottom ash* 0%-30%. Hal yang tidak kalah penting adalah kondisi saat pengepressan ketika pencetakan genteng beton yang berbeda-beda tekanannya dikarenakan mesin hidrolis masih dioperasikan manual oleh

tukang. Sehingga dihasilkan genteng beton dengan berat dan kekuatan yang tidak merata.

## B. Pengujian Impermeabilitas Genteng Beton

Berdasarkan hasil pengujian impermeabilitas genteng beton, didapatkan hasil bahwa semua benda uji memiliki ketahanan terhadap rembesan (impermeabilitas) yang cukup baik, walaupun secara nyata permukaan benda uji yang relatif kurang halus awalnya dikhawatirkan akan mempengaruhi proses penyerapan airnya. Parameter keberhasilan benda uji dapat dilihat dari data pada Tabel 3 yang menyatakan bahwa tidak ada air yang menetes sesuai dengan yang disyaratkan pada SNI 0096:2007.

Tabel 3. Impermeabilitas Genteng Beton

No	Perlakuan	Berat Benda Uji (kg)	Rembesan	No	Perlakuan	Berat Benda Uji (kg)	Rembesan
1	Normal	5,42	Tidak ada	1	III	5,42	Tidak ada
2		5,08	Tidak ada	2		5,08	Tidak ada
3		5,02	Tidak ada	3		5,52	Tidak ada
1	I	5,26	Tidak ada	1	IV	5,12	Tidak ada
2		5,04	Tidak ada	2		5,02	Tidak ada
3		5,18	Tidak ada	3		5,18	Tidak ada
1	II	4,92	Tidak ada	1	V	5,04	Tidak ada
2		4,92	Tidak ada	2		5,2	Tidak ada
3		4,88	Tidak ada	3		5,12	Tidak ada

Keterangan:

I, II, III, IV, dan V = Perlakuan dengan komposisi *bottom ash* dalam persen

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen berpengaruh terhadap kuat lentur dan impermeabilitas dari genteng beton. Hal ini dibuktikan dengan tidak menurunnya nilai kuat lentur rata-rata pada prosentase 0%-30% dan setelah itu baru mengalami penurunan yang signifikan. Sementara untuk pengujian impermeabilitas didapatkan bahwa baik genteng beton

normal maupun yang menggunakan *bottom ash* sama-sama tidak ada rembesan (air yang menetes), sehingga dapat disimpulkan pula *bottom ash* pada pengujian ini berpengaruh dikarenakan telah memenuhi standar.

2. Proporsi optimum *bottom ash* pada pengujian kuat lentur yaitu 19,60%, walaupun masih di bawah standar.
3. Untuk pengujian impermeabilitas tidak didapatkan proporsi optimum dari *bottom ash* dikarenakan semua perlakuan benda uji memenuhi parameter yang ada pada standar.

### Saran

Dalam pembuatan genteng beton, keberadaan pasir memegang peranan penting terhadap kualitas genteng yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan pasir yang halus memenuhi standar perlu dikedepankan guna memperoleh genteng beton yang berkualitas. Genteng beton yang menggunakan pasir yang kurang halus akan berpotensi menimbulkan kasar dan pori baik di luar maupun di dalam permukaan benda uji, sehingga dampaknya selain mengurangi kuat lentur dan impermeabilitas juga mengurangi nilai jual dari genteng beton itu sendiri.

Faktor Air Semen (FAS) pada pembuatan genteng beton juga sangat berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan. Pada pembuatan genteng beton relatif memerlukan air dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan produk lain seperti batako dan paving stone. Sehingga penakaran berapa banyak air yang digunakan perlu untuk diperhatikan.

Ada beberapa solusi kedepannya untuk memperoleh nilai kuat lentur dan karakteristik kuat lentur yang bisa memenuhi nantinya standar, diantaranya adalah dengan cara menambah berat awal untuk tiap perlakuan genteng beton, sehingga semakin berat genteng beton kemungkinan besar akan semakin besar pula kekuatannya. Di samping itu, untuk

memperhalus dan menutup pori genteng beton bisa ditambah *fly ash* dengan proporsi yang sudah ditentukan sebelumnya/secukupnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: UI-Press.
- ASTM International. 2007. *Annual Book of ASTM Standards*. Baltimore, MD, USA: West Conshohocken, PA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2007. *SNI 0096:2007, Genteng Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2002. *SNI 03-2847-2002*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bekir, I., et al. 2010. Effect of Bottom ash as Fine Aggregate on Shrinkage Cracking of Mortars. *ACI Materials Journal*. Title no. 107-M08. January-February 2010.
- Boediono & Koster, W. 2001. *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Chris Rollins, Scott Hamel, and Mark Reiner. 2005. *Concrete Mixes Guideline*. USA: Engineers Without Border (EWB).
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*. SK SNI T-15-1990-03. Bandung: DPU-Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1973. *Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan Di Indonesia N.I.-3 (PUBI 1970)*. Jakarta: LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I.-2*. Jakarta: LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *SK SNI M-10-1989-F: Metode Pengujian Berat Jenis & Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Frick, H. & Koesmartadi, Ch. 1999. *Ilmu bahan bangunan, Seri Konstruksi Arsitektur 9*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gaspersz, V. 1991. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: Tarsito.
- Herni Khaerunisa, (2003-2007): "Toksitas Abu Terbang dan Abu dasar Limbah PLTU Batubara yang berada di Sumatera dan Kalimantan secara Biologi", Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
- Indriani, S., et al. 2003. Pengaruh Penggunaan Bottom Ash terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. *Dimensi Teknik Sipil*. Vol. 5 No.2 September 2003: 75-81.

- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nawy, E. G. 1998. *Reinforced Concrete a Fundamental Approach*. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Bandung: Reika Aditama.
- Nurlina, S. 2008. *Teknologi Bahan*. Malang: Bargie Media.
- Prabandiyani, S. 2008. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang, 6 Desember 2008.
- Setyawan, A., et al. 2009. *Rekayasa Unit Pengolah Limbah Batubara Dan Pemanfaatannya Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Bahan Bangunan Guna Mengendalikan Pencemaran Lingkungan*. Dipa Universitas Sebelas Maret. Surakarta, 31 Desember 2009.
- Shandy, I. 2011. *Pemanfaatan Material Piropilit untuk Meningkatkan Beban Lentur Genteng Produksi Wagir Kabupaten Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Tjokrodimuljo, K. 1995. *Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Universitas Gajahmada.
- Toon, J. 2009. *New Coal Ash Use: Strong, Lightweight Alternative to Concrete Without Cement*. *Electric Light and Power; May/Jun 2009; 87, 3: Proquest Science Journals* pg. 46.
- Whittaker., et al. *The Effect of Bottom Ash as a Partial Cement Replacement*.
- Widodo, W. A. *Pengaruh Penggunaan Lumpur Lapindo terhadap Kualitas (Pandangan Luar, Ketetapan Ukuran, Ketetapan Bentuk, Berat, Ketahanan Terhadap Perembesan Air dan Penetrasi Air) Genteng Keramik*. Malang: Universitas Brawijaya.

**Website:**

- [id.wikipedia.org/wiki/Abu\\_padat](http://id.wikipedia.org/wiki/Abu_padat), diakses 10 April 2012
- [www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/cbabs1.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/cbabs1.cfm), diakses tanggal 10 April 2012
- <http://www.siskaela.blog.ums.ac.id/2010/04/15/fly-ash-sebagai-adsorben-limbah-batik>, diakses pada tanggal 10 April 2012
- <http://www.semen.web44.net/v.2.0/layananelanggan/komposisipengujian.php>, diakses pada tanggal 14 Mei 2012
- <http://rdianto.wordpress.com/2010/10/26/hidrasi-semen/>, diakses pada tanggal 15 Juli 2012