

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA (FLY ASH) TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR TYPE M

Kusdiyono¹⁾, Moch. Tri Rochadi²⁾

Jurusan Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto. SH. Tembalang, Semarang 50275 (024)7473417
Email : jwahana_tspolines@yahoo.com

Abstract

Fly ash and bottom ash is a solid waste generated from coal burning power plants. Solid waste is present in large enough quantities. The amount is quite large, so it requires a management that does not cause environmental problems such as air pollution, water and ecosystem degradation. The research done in the field of Engineering Materials Research in an effort to utilize industrial waste that can be used for mortar to other industrial materials, and the results of the study are intended to address the increasingly complex problems of the solid wastes such as fly ash and how to maximize its utilization. One way to capitalize is made mortar. To determine the extent of the effect of adding fly ash on compressive strength of mortar, the addition of the composition is mixed with fly ash ranging from 0%, 5%, 10%, 15% and 20% of the weight of cement with water factor cement is determined the same in all variations of the mixture. The samples used were cuboid (5 cm x 5 cm x 5 cm), planned mortar is Type M. The samples were tested at ages 7, 14, 21 and 28 days, with the first treated before testing. Total sample of 60 fruit, consists of five variations and each variation of a total of 12 pieces. The results obtained increased compressive strength highest average in the addition of Fly Ash every 5% of the well at a young age (7 to 28) days with the highest compressive strength 7 days reached 373.71 kg / cm² at 20% addition of Fly Ash and 403, 41 kg / cm² for the addition of 15%, the compressive strength was the lowest average age of 14 days obtained at 307.68 kg / cm² at 5% addition of Fly Ash and 28 days amounted to 355.78 kg / cm² to mix mortar with the addition of Fly Ash of 10%. With the regression equation $Y = 8.244 X^2 - 40.47 x + 384.3$ and the correlation $R^2 = 0.987$. This is because Fly Ash has a fine grain that will make the mortar more slashy (workable), solid and makes cavities between aggregate grains filled by Fly Ash, so that the pores and cavities become smaller, thereby increasing the compressive strength of mortar. Thus the picture of the use of Fly Ash as a mortar significantly proven

Kata kunci : fly ash, compressive strength, mortar type M

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak industri telah mengganti sumber tenaga pada pembangkit uap/boiler dari minyak (IDO atau MFO) dengan batubara sebagai akibat langka dan mahal nya

harga bahan bakar tersebut. Penggunaan batubara sebagai sumber energi pada unit boiler pada industri akhir-akhir ini menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha karena disamping dapat menghemat

biaya operasional juga ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia (Misbachul Munir, 2008). Saat ini di Jawa Tengah diperkirakan ada 68 industri yang sudah menggunakan batubara sebagai pengganti BBM dengan jumlah kebutuhan batubara mencapai 125 ribu ton per bulannya. Dari penggunaan batubara tersebut akan dihasilkan sisa abu batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) sebanyak 10 ribu ton per bulan (Suara Pembaharuan, 2006).

Abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Limbah padat ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah tersebut cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem (Tekmira, 2012). Bahkan data terakhir masih terdapatnya perusahaan membuang abu batu bara di Jalan lingkaran selatan kota Salatiga (Suara Merdeka, 2012), hal yang demikian ini menunjukkan bahwa limbah padat ini benar-benar merupakan permasalahan serius yang segera harus diatasi.

Abu terbang batubara umumnya dibuang di *ash lagoon* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta

mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam: penyusun beton untuk jalan dan bendungan, penimbun lahan bekas pertambangan, *recovery magnetic*, *cenosphere*, dan karbon, bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan *refraktori*, bahan penggosok (*polisher*), *filler* aspal, plastik, dan kertas, pengganti dan bahan baku semen, *additif* dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*), konversi menjadi *zeolit* dan *adsorben* (Marinda Putri, 2008).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menguji dengan membuat campuran mortar Type M. Campuran dibuat tanpa dan dengan menambahkan bahan tambah Fly Ash proporsi tertentu, akan diperoleh adukan konsistensi normal dari kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat dan fly ash) yang selanjutnya diuji kuat tekannya melalui benda uji kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm pada berbagai umur (7; 14; 21 dan 28) hari. Dengan penambahan fly ash tersebut ditargetkan kekuatan tekan mortar lebih baik sehingga limbah ini dapat dimanfaatkan secara optimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dipergunakan adalah dengan cara menguji benda coba bentuk kubus mortar ukuran (50 x 50 x 50) mm. Kekentalan (konsistensi) normal mortar diukur

dengan alat ukur *Flowmeter* yang harus menunjukkan angka kelelahan (flow) antara (110 s.d. 120)% dari semua campuran dibuat mulai dari campuran 1 PC : 3 PS tanpa penambahan *fly ash* sebagai variabel tetap atau perbandingan 500 gram Semen Portland dengan 1500 gram pasir dan benda uji yang dibuat dengan penambahan *fly ash* setiap variasi 5% terhadap berat semen sebagai variabel bebas. Proses penelitian ini dilakukan dengan 7 tahap antara lain : tahap persiapan bahan dan alat, tahap pengujian bahan, tahap analisa kebutuhan bahan, tahap penentuan konsistensi, tahap pencetakan, tahap perawatan dan tahap pengujian.

Tahap Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah : Semen Portland, yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen portland pozolan jenis I – PU produk Gresik, *Fly ash*, batubara dari Tanjungjati Kabupaten Jepara, agregat halus (pasir), pasir yang dipakai dalam penelitian ini adalah pasir Muntilan dan air diambil dari laboratorium Politeknik Negeri Semarang, sedangkan alat yang dipergunakan adalah ayakan satu set dengan ukuran mata ayakan mulai 0,15 mm sampai dengan 4,75 mm; timbangan, dengan ketelitian 1 gram; gelas ukur, dipakai untuk mengukur volume air; kerucut Abrams dan tongkat penusuknya, dipakai untuk mengukur nilai konsistensi adukan (slump); cetakan kubus, digunakan untuk mencetak benda uji dengan

ukuran sisi 5 cm x 5 cm x 5cm; mesin pengaduk (Mixer), digunakan untuk mencampur dan mengaduk mortar kapasitas 5 liter; mesin uji tekan ***Compression Machine***, digunakan untuk menguji kuat tekan silinder beton, merk WF kapasitas 500 kN.

Tahap Pengujian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pemeriksaan bahan susun sampai dengan pengujian kuat tekan benda uji. Secara garis besar penelitian meliputi :

1. Pemeriksaan agregat halus, fly ash : analisa saringan agregat halus, berat jenis dan penyerapan agregat halus, berat isi agregat halus, dan kadar air agregat halus;
2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Berat Isi semen Portland.

Tahap Analisa kebutuhan bahan

Perhitungan rencana campuran (*Mix Design*). Metode perhitungan menggunakan cara yang dikeluarkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan dimuat dalam buku Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Pembuatan Rencana Mortar SNI 03 – 6882 – 2002, dengan nilai faktor air semen maksimum ditetapkan 0,50 (Faktor air semen atau f.a.s. yang dipakai dalam penelitian ini disamakan pada semua variasi campuran) dan nilai konsistensi dengan *Flowmeter* ditetapkan antara (110 – 120)% dengan pertimbangan adukan mortar dapat diaduk, diangkut, dan dikerjakan dengan mudah dengan atau cara manual. Dalam penelitian ini akan dilakukan *mix design* untuk

mendapatkan mortar Type M, dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah. Hasil *analisa* selanjutnya dibuat benda uji dengan kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, dengan 5 variasi campuran yaitu mortar tanpa *fly ash* (BN), mortar dengan *fly ash* 5% (B05), 10% (B10), 15% (B15), dan 20% (B20), masing-masing variasi campuran terdiri dari 12 sampel, sehingga total benda uji sebanyak 60 buah;

Tahap Penentuan Konsistensi normal

Nilai konsistensi dengan alat uji *Flowmeter* yang ditetapkan antara (110 – 120)% dengan pertimbangan adukan mortar dapat diaduk, diangkut, dan dikerjakan dengan mudah dengan atau cara manual;

Tahap Pencetakan

Pengadukan dengan mortar mixer kurang lebih 2 menit. Pencetakan, untuk setiap macam bahan campuran dengan faktor air semen yang sama dibuat dalam satu adukan sejumlah 12 buah kubus, mortar dimasukkan dalam cetakan kubus dan dipadatkan sebanyak 32 kali tusukan dengan alat pemadat; Selanjutnya didiamkan dalam cetakan selama 24 jam;

Tahap Perawatan

Perawatan, dilakukan dengan cara membuka cetakan setelah 24 jam dan benda uji diberi tanda (kode) sesuai komposisi dan penambahan bahan

tambah, kemudian direndam dalam *curing tank* sampai dengan umur uji;

Tahap Pengujian

Pengujian, benda uji kubus mortar diuji kekuatan tekannya pada umur 7, 14 dan 28 hari. Sebelum diuji kubus mortar ditimbang, diukur dimensinya, kemudian diuji dengan mesin tekan pada kecepatan 1,4 – 2,5 kg/cm² per detik dan dicatat beban tekan maksimumnya.

Kuat Tekan Beton

(σ' b) =

$$\frac{P}{A} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \text{ atau } MPa$$

Dimana :

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

Pengujian material dilakukan dengan menggunakan acuan standar uji Standar Nasional Indonesia (SNI) atau *ASTM* (jika pada salah satu diantara jenis uji tertentu tidak terdapat dalam SNI), pengujian sifat - sifat material meliputi : uji agregat halus, *fly ash* dan Semen *Portland*.

1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Hasil pemeriksaan terhadap sifat fisik dan mekanis agregat (agregat halus), dapat dilihat seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil penelitian sifat fisik dan mekanis agregat

No	Jenis material	Hasil pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Agregat Halus (Pasir)			
a	Indeks kekerasan		≤ 2,2	Tidak diujikan
b	Kekekalan	1,52%	Maksimum 12 %	Memenuhi
c	Kadar butir halus lewat saringan no. 200	2,44%	Maksimum 5 %	
d	Kadar organik	Tidak ada	Tidak boleh ada	Memenuhi
e	Analisa ayak			
	Angka kehalusan butir (Fineness modulus)	2,56	1,5 - 3,8	Memenuhi
	Daerah susunan butir	Zone 2	Zone 1,2,3 atau 4	
f	Reaksi alkali agregat		Negatif	Tidak diujikan
g	Berat Jenis	2,66	2,5	Memenuhi
h	Penyerapan Air	1,23%	3	Memenuhi
i	Kadar Air	3,12%	-	
2	Semen Portland			
a	Berat Isi	1,25	> 1,25	Memenuhi
3	Abu Batubara			
a	Berat Isi	0,74		

Dengan hasil pengujian material agregat yang berasal dari pasir Muntilan seperti diatas, maka agregat tersebut dinyatakan “dapat digunakan” sebagai campuran mortar, *fly ash* dari PLTU Tanjungjati Jepara dan semen portland (PC) dalam penelitian ini menggunakan PPC Jenis I – PU ex Gresik. Agregat dinyatakan dapat dipergunakan untuk campuran beton, apabila dari semua hasil pengujian sifat fisik dan mekanis menunjukkan memenuhi persyaratan seperti yang tercantum dalam SNI 03-6861.1-2002 atau Spesifikasi A untuk Bahan Bangunan non Logam.

Berdasarkan pengujian Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium atau Magnesium Sulfat (Soundness), dimana uji ini adalah salah satu cara uji dengan cara percepatan dan mempunyai tujuan untuk mengetahui sampai sejauhmana agregat dapat dinyatakan tahan dari pengaruh cuaca tanpa terjadinya deformasi, serta jika hasil menunjukkan di bawah persyaratan, maka agregat tersebut dapat

dinyatakan tahan terhadap pengaruh cuaca (Durable). Dari hasil uji didapat 1,52% untuk agregat halus atau lebih kecil dari 12%, berarti pasir Muntilan memenuhi syarat ketahanan terhadap pengaruh cuaca.

Uji Material lolos saringan no. 200 bertujuan untuk mengukur kandungan bahan *impurities* yang terdapat pada agregat. Material yang dimaksudkan adalah lumpur, lanau, tanah liat yang mempunyai sifat tidak kekal yang dapat mengembang dan menyusut akibat pengaruh cuaca disamping menghalangi ikatan antara agregat terhadap semen *Portland*, sehingga dapat mengurangi kualitas beton terutama terhadap kekuatan tekan. Dalam uji ini material lolos saringan no. 200 dibatasi tidak boleh lebih dari 5% untuk agregat halus, sedang hasil pemeriksaan agregat halus menunjukkan 2,44% < 5% (memenuhi syarat).

Uji Berat Jenis dan penyerapan air adalah untuk mengukur agregat yang dipergunakan dalam penelitian ini dapat dipergunakan sebagai

campuran Mortar. Agregat harus mempunyai Berat jenis lebih besar dari 2,50 sedang penyerapan airnya tidak boleh melebihi dari 3%. Dari agregat yang diuji menunjukkan berat jenisnya 2,66 lebih besar dari 2,5 dan penyerapan airnya 1,23% lebih kecil dari 3% pada agregat halus, artinya bahwa agregat ini dapat dipergunakan untuk penelitian.

Dari uji Analisa ayak agregat halus termasuk kasar, karena berada didaerah zone 2 disamping mempunyai Angka kehalusan butir 2,56, berada pada angka kehalusan butir antara 1,5 s.d. 3,8. Jadi secara umum agregat halus yang dipergunakan dalam penelitian dapat dipergunakan sebagai adukan Mortar type M, karena secara garis besar persyaratan fisik memenuhi persyaratan sebagai agregat.

2. Hasil Pemeriksaan Semen Portland

Semen *Portland* dalam penelitian ini tidak diuji mengingat semen dalam fabrikasi telah lolos *Quality Controll*, hanya diuji terhadap Berat isi diperoleh 1,25 kg/lit.

Analisa Kebutuhan Bahan

Analisa kebutuhan bahan mengacu pada Tata cara pembuatan rancangan campuran Mortar (Mix design) di Indonesia terdapat dalam SNI 03 - 6882 - 2002, dan terbatas untuk rancangan campuran Mortar dengan kelecakan Normal dan *flowmeter* menunjukkan antara (110 s.d. 120)% dengan menggunakan Semen Portland jenis I - PU ex PT. Semen Gresik, agregat alam dari pasir Muntilan yang

secara umum banyak dipergunakan untuk pembuatan aduk di lapangan. Mortar Campuran tanpa *fly ash* rencana 1 bagian Semen Portland dan 3 bagian pasir, berat masing-masing bahan susun dihitung berdasarkan kebutuhan benda uji 6 buah kubus dalam sekali mencetak, dengan perbandingan bahan : 1500 gram pasir (kadar air 3,12%), 500 gram semen Portland (PC) dan air 0,50 berat semen. Sedangkan lainnya dengan penambahan setiap 5% . Uji kuat tekan dari berbagai umur dapat dilihat dalam Tabel 2. di bawah.

Pembahasan

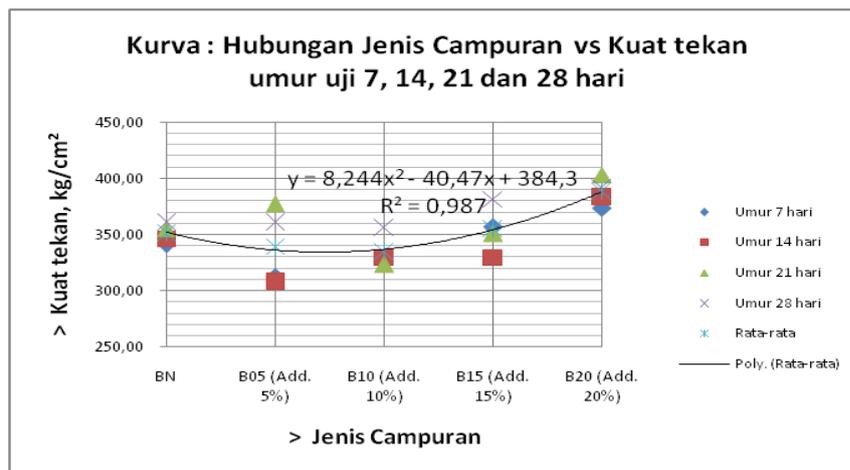
Hasil pengujian kuat tekan mortar dari berbagai umur, dapat ditabelkan seperti dalam Tabel 2 s.d yang menggambarkan hubungan antara kuat tekan mortar dengan umur uji 7, 14, 21 dan 28 hari pada campuran tanpa penambahan *Fly Ash* dan penambahan *Fly Ash* setiap beda 5% mulai dari 5% sampai dengan 20%. Hasil pengujian terhadap Kekuatan tekan mortar dari berbagai jenis campuran dapat dilihat seperti pada Tabel 3. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan tekan dapat diilustrasikan dalam gambar hubungan kuat tekan rata-rata, umur, dan jenis campuran dapat dilihat pada Gambar 3.1, dengan persamaan regresi $Y = 8,244X^2 - 40,47X + 384,3$ dengan nilai korelasi $R^2 = 0,987$ yang artinya ada hubungan yang kuat antara kuat tekan mortar dengan berbagai jenis campuran dan umur karena nilai R^2 berada antara 0,80 - 1,0.

Tabel 2. Hasil uji tekan mortar berbagai jenis campuran

No.	Umur uji (hari)	Kuat Tekan (kg/cm ²)					Keterangan
		Non Fly Ash (Y)	5% (X1)	10% (X2)	15% (X3)	20% (X4)	
1	7	355,96	319,53	319,53	358,77	375,58	Perbandingan bahan 1 PC : 3 PS (500 gram PC : 1500 Pasir)
2		350,36	311,12	347,55	353,16	369,98	
3		316,72	308,31	313,92	358,77	375,58	
Kuat tekan rata-rata		341,01	312,99	327,00	356,90	373,71	
1	14	365,65	276,46	329,97	325,51	379,02	
2		347,81	338,89	347,81	347,81	379,02	
3		325,51	307,68	312,14	316,60	392,40	
Kuat tekan rata-rata		346,32	307,68	329,97	329,97	383,48	
1	21	301,53	384,14	309,79	355,23	359,36	
2		367,62	375,88	334,57	359,36	417,18	
3		396,53	371,75	326,31	338,70	433,71	
Kuat tekan rata-rata		355,23	377,26	323,56	351,10	403,42	
1	28	384,55	361,01	345,31	392,40	404,17	
2		357,08	384,55	376,70	372,78	361,01	
3		341,39	337,46	345,31	380,63	412,02	
Kuat tekan rata-rata		361,01	361,01	355,77	381,94	392,40	

Tabel 3. Hubungan jenis campuran dan kuat tekan mortar umur 7, 14, 21 dan 28 hari.

No.	Jenis Campuran	Kuat Tekan, kg/cm ²					Keterangan
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	Rata-rata	
1	BN (non Fly Ash)	341,01	346,32	355,23	361,01	350,89	
2	B05 (Add. Fly Ash 5%)	312,99	307,68	377,25	361,01	339,73	
3	B10 (Add. Fly Ash 10%)	327,00	329,97	323,56	355,78	334,08	
4	B15 (Add. Fly Ash 15%)	356,90	329,97	351,09	381,94	354,98	
5	B20 (Add. Fly Ash 20%)	373,71	383,48	403,41	392,40	388,25	



Gambar 3.1 Hubungan jenis campuran dan kuat tekan mortar umur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Dari tabel dan gambar di atas dapat dinyatakan bahwa dengan penambahan *Fly Ash* setiap beda 5%, kuat tekan rata-rata turun pada

penambahan 5%; 10% pada umur 7, 14 21 dan 28 hari. Kekuatan bertambah ketika penambahan *Fly Ash* mulai dari 15% dan 20%, semua diperhitungkan terhadap umur 28 hari, penambahan *Fly Ash* dibatasi 20% terhadap berat semen.

Kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 7 hari 373,71 kg/cm² pada penambahan *Fly Ash* 20% dan 28 hari diperoleh pada campuran mortar dengan penambahan *Fly Ash* 15% sebesar 403,41 kg/cm², dan kuat tekan rata-rata terendah diperoleh umur 14 hari 307,68 kg/cm² pada penambahan *Fly Ash* 5% dan 28 hari pada campuran mortar dengan penambahan *Fly Ash* 10% sebesar 355,78 kg/cm². Dari data di atas dapat dilihat bahwa dengan penambahan *Fly Ash* 15% dan 20% mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan mortar pembanding maupun variasi campuran *Fly Ash* lainnya.

SIMPULAN

Penelitian pemanfaatan *Fly Ash* untuk campuran mortar tipe M ini dapat disimpulkan bahwa limbah abu batubara (*fly ash*) dari PLTU Tanjungjati Jepara dapat dipergunakan untuk mortar type – M atau semua jenis mortar. Kuat tekan mortar optimum rata-rata pada umur 7 hari 373,71 kg/cm² pada penambahan *Fly Ash* 20% dan 28 hari yang dapat dicapai sebesar 403,41 kg/cm², pada campuran mortar dengan penambahan *Fly Ash* sebesar 15%; sedangkan Kuat tekan rata-rata terendah diperoleh umur 14 hari, sebesar 307,68 kg/cm² pada penambahan *Fly Ash* 5% dan 28

hari pada campuran mortar dengan penambahan *Fly Ash* 10% sebesar 355,78 kg/cm². Kuat tekan mortar tipe M pada umur 28 hari minimal 175 kg/cm², dapat dicapai oleh semua varian campuran, yaitu campuran tanpa *Fly Ash* (pembanding) sampai dengan campuran dengan penambahan *Fly Ash* sebesar 20%, masing-masing diatas 175 kg/cm²; kuat tekan yang tidak memenuhi syarat minimal 175 kg/cm² pada umur 28 hari tidak ada, semua diatas 175 kg/cm². Pengaruh penambahan *Fly Ash* dalam mortar tipe M terbukti, karena dengan penambahan setiap beda 5% membuat mortar lebih lecek, lebih padat, rongga antara butiran agregat diisi oleh *Fly Ash*, sehingga dapat memperkecil volume *void* (pori-pori) yang ada dan penambahan *Fly Ash* tertinggi pada proporsi antara (15 s.d. 20)%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini didasarkan pada penelitian penulis tentang Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah, dengan sumber dana DIPA Polines Tahun Anggaran 2012. Penulis mengucapkan terima kasih kepada (a) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, (b). UP2M Politeknik Negeri Semarang dan seluruh Staf (c). Seluruh anggota tim penelitian, (d) Ketua dan staf pada Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, serta anggota tim pengkaji dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Achmadi, 2009, *Kajian Beton Mutu Tinggi menggunakan Slag sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan aplikasi Superplasticiser dan Silicafume*, Undip, Semarang, 09 Pebruari 2012.
- American Society for Testing and Material*, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol.04.02, *Concrete and Aggregates*, Philadelphia : ASTM.
- Anto Dajan, 1996, *Pengantar Statistik Jilid II*, Lembaga Penelitian Pendidikan dan Penerangan Ekonomi dan Sosial, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Standar Nasional Indonesia, 2002, *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 2 : Batuan Sedimen, Agregat*, Departemen Kimpraswil, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Standar Nasional Indonesia, 2002, *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 3 : Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*, Departemen Kimpraswil, Jakarta
- Ghozali, Imam, 2009, *Aplikasi Analisis Multivariate dengan program SPSS*, Cetakan IV, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
- Hendy Febriyatno, 2012, *Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal*, Universitas Gundarma, Jakarta, 09 Februari 2012
- Henry Sitorus, 2004, *Kerusakan Lingkungan Oleh Limbah Industri Adalah Masalah Itikad*, Usu, Medan, 09 Februari 2012
- Marinda Putri, *abu terbang batubara sebagai adsorben*, <http://majarimagazine.com>, 07 Pebruari 2012
- Misbachul Munir, 2008, *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang bermutu dan aman bagi Lingkungan*, Undip, Semarang
- Paul Nugraha, Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Andi Offset, Yogyakarta
- Polytechnic Educational Development Center*; 1987, *Teknologi Bahan 1*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi PEDC - Bandung, Bandung
- Polytechnic Educational Development Center*; 1987, *Teknologi Bahan 2*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi PEDC - Bandung, Bandung
- Ritonga, Abdulrahman, 1987, *Statistik Terapan untuk Penelitian*, Lembaga Penerbit FE-UI, Jakarta

*Perlu Tempat Khusus Limbah Batu
Bara*, Suara Merdeka, Diakses
Tanggal : 21 Maret 2012
Tjokrodimuljo K., 1996, *Teknologi
Beton*, Naviri, Yogyakarta
Tri Mulyono, 2005, *Teknologi Beton*,
Andi Offset, Yogyakarta

_____, 2012, *Teknologi
Pengolahan dan Pemanfaatan
Batubara*, Pusat Penelitian dan
Pengembangan Teknologi
Mineral dan Batubara,
Departemen Tekmira, Jakarta.