

KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN BAHAN CAMPURAN ABU TERBANG PLTU ASAM-ASAM KALIMANTAN SELATAN

Ninis Hadi Haryanti¹

ABSTRACT: Various researches regarding the utilization of coal fly ash are currently being explored in order to increase its economic value as well as decrease its harm to environment at the same time. The purpose of this reasearch is to know compressive pressure and weight of light-weight brick by using fired-coal waste from "Asam-Asam" Coal Fired Steam Power Plant. The test result towards fly ash's characteristics from "Asam-Asam" Coal Fired Steam Power which has been done beforehand, is inline with the requirement of SNI 03-2460-1991. However the result of compressive pressure test still meets the requirement of SNI 03-0349-1989. Test has been conducted about compressive pressure and light-weight brick by using mixed materials of fly ash. The compositions of light-weight brick's production are cement and fly ash for 50% each, including mixed foam, polymer and hardener, 0,50% for each of them, in order to achieve the highest average result of light-weight brick's compressive pressure by 39,99 kg/cm² or 3,92 MPa. Meanwhile its density obtains 0,78 kg/dm³ or 780 kg/m³. 'D' light-weight brick's compositions are cement by 42,86% and fly ash by 28,57% including unslaked lime by 28,57%. Whereas the mixed compositions of foam, polymer and hardener for each 0,50% and 0,38%. The test result above still fulfils the requirement of SNI 03-0349-1989, which is 21 kg/cm² for the solid concrete brick quality level IV as well as fulfils the theory of light-weight brick according to Tjokrodimuljo (2007), concrete is categorized as light if its weight is less than 1800 kg/m³.

Keywords: *fly ash, light-weight brick, compressive press, density*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan sektor yang paling banyak menggunakan batubara. PLTU berbahan bakar batubara mempunyai total kapasitas sebesar 7.550 MW dan menggunakan batubara sekitar 25,1 juta ton per tahun (Pustekmira, 2006). [20]. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% limbah padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), dimana sekitar 10-20% adalah abu dasar (*bottom ash*) dan sekitar 80-90% abu

terbang (*flyash*) dari total abu yang dihasilkan.

Menurut asisten teknik operasional PLTU Asam-asam (2013), tumpukan limbah abu batubara hasil pembakaran dua pembangkit PLTU Asam-asam, Kabupaten Tanah Laut mencapai 130.000 ton. Jumlah ini akan terus bertambah mengingat produksi tiap hari abu batubara mencapai 60 ton dari penggunaan 4.400 ton batubara untuk pembangkit unit 1 dan unit 2. Terlebih pada saat ini PLN wilayah Kalimantan Selatan

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

dan Kalimantan Tengah tersebut mulai mengoperasikan PLTU unit 3 dan unit 4 yang berkapasitas 130 Megawatt, dengan jumlah limbah abu terbang yang dihasilkan 60 ton tiap hari. Jumlah limbah abu terbang dari PLTU unit 1 sampai dengan unit 4 tersebut adalah 120 ton perhari atau 3.600 ton perbulan atau 43.200 ton pertahun. Jika limbah abu terbang ini tidak ditangani dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan.

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Abu terbang biasanya banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri karena abu terbang ini mempunyai sifat pozolanik, sedangkan untuk abu dasar sangat sedikit pemanfaatannya dan biasanya digunakan sebagai material pengisi (Aziz, 2006)[6]. Abu terbang dapat digunakan sebagai filler karena ukuran partikel yang sangat lembut sehingga dapat sebagai pengisi rongga dan sebagai pengikat antar agregat. Bahan campuran substitusi semen dan abu terbang kini banyak dibutuhkan. Hal ini disebabkan bahan campuran semen yang berasal dari abu bekas

pembakaran batubara mempunyai keunggulan daya lekat yang kuat karena mengandung silika dan alumina dengan kadar kapur yang rendah.

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Komposisi abu terbang dalam campuran pembuatan bahan bangunan dipakai sekitar 20% (Pelaihari, 2007)[19]. Fly ash dimanfaatkan sebagai pengganti Semen Portland, batu bata, beton ringan, material konstruksi jalan, material pekerjaan tanah (Wardani, 2008) [24].

Penggunaan bata ringan untuk dinding gedung bangunan sudah banyak dipakai pada saat ini. Beberapa gedung tinggi hingga perumahan dan pergudangan sudah menggunakan bata ringan untuk dindingnya. Bata ringan dipilih, karena di samping ringan, juga dinilai lebih kuat, presisi lebih tinggi, dan efisien bila dibanding bata merah maupun batako. Diproduksinya bata ringan di Indonesia ini terdorong dengan biaya material dan jasa pembangunan yang melonjak cepat beberapa tahun belakangan ini. Bata ringan ini dipilih sebagai material

alternatif yang diyakini mampu menjawab semua tantangan dan kebutuhan tersebut.

Sejalan dengan perkembangan pembangunan di Kalimantan Selatan, kebutuhan bahan bangunan khususnya bata ringan juga semakin meningkat. Sementara itu, limbah abu terbang batubara yang dibuangoleh PLTU Asam-asam sebenarnya mempunyai potensi digunakan untuk campuran bahan bangunan tersebut. Dengan banyaknya limbah abu terbang batubara serta kebutuhan bata ringan, kondisi ini memberikan upaya penelitian yaitu dengan memanfaatkan abu terbang untuk bahan pembuatan bata ringan.

Tujuan yang ingin dicapai ialah: mengetahui kuat tekan dan berat bata ringan dengan menggunakan campuran abu terbang limbah pembakaran batu bara pada PLTU Asam-asam.

Karakteristik Abu Terbang

Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam furnace pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatik precipitator. Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium

oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3). Dari sejumlah abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara, maka sebanyak 55%-85% berupa abu terbang (*fly Ash*) dan sisanya berupa abu dasar (*Bottom Ash*). Kedua jenis abu ini memiliki perbedaan karakteristik serta pemanfaatannya. Biasanya untuk abu terbang banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri karena abu terbang ini mempunyai sifat pozolanik, sedangkan untuk abu dasar sangat sedikit pemanfaatannya dan biasanya digunakan sebagai material pengisi (Aziz, 2006) [6].

Adapun karakteristik Abu Terbang:

- a. Dari segi gradasinya, jumlah persentase yang lolos dari saringan No. 200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%.
- b. Warna dari abu terbang dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya.
- c. Abu terbang bersifat tahan air (*hydrophobic*).
- d. Komponen utama abu terbang adalah silikon (Si), aluminium (Al), besi (Fe) dan kalsium (Ca) dengan variasi kandungan karbon.

Menurut Asisten Teknik Operasional PLTU Asam-asam (2013), tumpukan abu batubara hasil pembakaran dua pembangkit PLTU Asam-asam, Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan mencapai 130.000 ton. Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan hasil kandungan silika relatif tinggi (74,2% SiO₂) sedangkan alumina tidak terlalu tinggi (5,7% Al₂O₃), dan Fe₂O₃ sekitar 14,4%, kandungan logam alkali (2,4% CaO dan 2,03% MgO), kandungan mineral besi (14,4% Fe₂O₃). (N.H. Haryanti, 2013) [16].

Pemanfaatan Abu Terbang

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Keberadaan abu terbang yang semula masih dianggap sebagai polutan, kini telah mengalami pergeseran fungsi. Pada era modern ini abu terbang banyak diteliti baik sifat fisik maupun kimiawi untuk dapat dimanfaatkan keberadaannya. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton.

Abu terbang termasuk dalam kategori limbah yang mempunyai potensi tinggi untuk digunakan dalam konstruksi. Abu terbang dapat digunakan sebagai mineral *filler* karena ukuran partikel yang sangat lembut sehingga dapat sebagai pengisi rongga dan sebagai pengikat antar agregat (Setiawan, 2005). Bahan campuran substitusi semen "Fly Ash" kini banyak dibutuhkan, karena bahan campuran semen yang berasal dari abu bekas pembakaran batubara mempunyai keunggulan daya lekat yang kuat karena mengandung silika dan alumina dengan kadar kapur yang rendah. Komposisi *Fly Ash* dalam campuran pembuatan bahan bangunan dipakai sekitar 20% (Pelaihari, 2007) [19]. *Fly ash* dimanfaatkan sebagai pengganti Semen Portland, batu bata, beton ringan, material konstruksi jalan, material pekerjaan tanah (Wardani, 2008) [24]. Selain itu *Fly Ash* juga dimanfaatkan sebagai bahan baku keramik, refraktori, bahan penggosok (polisher) *filler* aspal, bahan baku semen aditif dalam pengolahan limbah, adsorben (Acosta, 2009) [1]. *Filler* di aluminium *alloy* (Sulardjaka, 2010) dan pozolan di beton (Aggarwal, 2010) [2].

Pembuatan Bahan Bangunan Dengan Abu Terbang

Menurut Agus Darmawan[3], pemanfaatan limbah batubara dalam hal ini berupa *fly ash* dapat digunakan untuk membuat bahan bangunan. Dengan campuran abu batubara yang merupakan limbah PLTU, ternyata berhasil dibuat batako dengan cara sederhana dan menyimpulkan bahwa batako limbah Abu Batubara dengan perbandingan 60:40 (68,98 kg/cm²) lebih tinggi dari batu bata biasa (50,45 kg/cm²) [3]. Menurut Herry Priyatna (2006), keuntungan teknis/ekonomis yang diperoleh dalam penggunaan abu terbang antara lain: (a) Peningkatan kualitas bahan bangunan lebih kuat, lebih tahan asam dan lebih ringan dibandingkan dengan bahan bangunan dari semen, (b) Peningkatan efisiensi biaya pembuatan bahan bangunan, (c) Mempunyai perbedaan utama dengan bahan bangunan yang lain yaitu pembuatannya yang tidak menggunakan semen.

Abu terbang PLTU Asam-asam mempunyai kandungan CaO sebesar 2,4%, maka abu ini merupakan abu terbang yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat

cementitious harus diberi penambahan semen (N.H. Haryanti, 2013) [16].

Bata Ringan

Teknologi material bahan bangunan berkembang terus menerus, diantaranya adalah pengembangan bata ringan. Bata diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu bata normal dan bata ringan. Bata normal tergolong bata yang memiliki densitas sekitar 2200–2400 kg/m³ dan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran bata (*mix design*). Menurut Tjokrodinuljo (2007) [23], beton disebut ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton ringan disebut juga sebagai beton ringan aerasi ALC (*Aerated Lightweight Concrete*) atau sering disebut juga AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*). Sebutan lainnya adalah *Autoclaved Concrete*, *Cellular Concrete* (semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara), *Porous Concrete*, dan di Inggris disebut *Aircrete and Thermalite*. Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 600–1600 kg/m³. Karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada

pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat bangunan itu sendiri.

Genowefa Zapotoczna et. al (2011)[11] meneliti tentang karakteristik beton ringan aerasi AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) di Polandia. Penelitian yang dilakukan antara lain, berat jenis, kuat tekan, transfer panas, ketahanan terhadap api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil besarnya berat jenis 300 s.d 750 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 1,5 s.d 5 MPa. Mempunyai ketahanan terhadap api yang baik dan sifat insulasi suara yang bagus dikarenakan adanya porositas yang besar, sehingga dapat bersifat kedap suara.

Yothin Ungkoon, et. al (2007) menganalisis tentang material mikrostruktur beton ringan aerasi (*autoclaved aerated concrete*) pada konstruksi dinding dengan menggunakan optikal mikroskop dan *scanning electron mikroskopis* (SEM). Pengujian dilakukan dengan membandingkan dinding menggunakan AAC dan dinding biasa. Dinding AAC memberikan hasil kuat tekan lebih besar dan sifat ketahanan terhadap panas yang lebih baik.

Limbah *Fly Ash* (Abu Terbang) Batubara PLTU Asam-asam sebagai

bahan campuran bata ringan telah diteliti oleh N.H. Haryanti (2014) [17]. Hasil pengujian kuat tekan, bata ringan yang dihasilkan masih memenuhi syarat SNI 03-0349-1989, yaitu 21 kg/cm² untuk tingkat mutu IV bata beton pejal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif melalui pendekatan eksperimen dalam bentuk uji material. Parameter yang dicari dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan densitas atau berat jenis bata ringan. Penelitian dilakukan di PLTU Asam-asam, laboratorium struktur & bahan teknik sipil Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru Kalimantan Selatan. Bahan yang dipakai adalah abu terbang (*Fly Ash*) dari PLTU Asam asam, pasir silika, semen PC, air, foam, polimer, hardener. Adapun alat-alat yang digunakan antara lain mesin pembuat busa, cetakan beton, UTM (*Universal Testing Machine*), timbangan, dan ayakan/saringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Bahan Campuran Bata Ringan

Bata ringan yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Mix disain pembuatan dengan berat bata ringan sebesar 900 kg/m³. Komposisi bahan campuran

semen, abu terbang (*fly ash*) dan pasir yang dipakai dalam pembuatan bata ringan A, B, C, D dan E seperti pada Tabel 1: Sampel A: semen sebanyak 42,86% dan abu terbang sebanyak 57,14%, Sampel B: semen sebanyak 50% dan abu terbang sebanyak 37,5% serta pasir sebanyak 12,5%, Sampel C: semen sebanyak 50% dan abu terbang sebanyak 50%, dan Sampel D: semen sebanyak 42,86% dan abu terbang sebanyak 28,57% serta kapur tohor sebanyak 28,57%. Disamping bahan campuran semen, abu terbang dan pasir, bata ringan juga diberikan bahan tambahan, yaitu; *Foam*, Polimer dan

Hardener dengan komposisi seperti pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Campuran bahan bata ringan

Sampel	Campuran Bahan (%)			
	Kapur Tohor	Pasir	Fly Ash	Semen PPC
A	-	-	57,14	42,86
B	-	12,50	37,50	50,00
C	-	-	50,00	50,00
D	28,57	-	28,57	42,86

Tabel 2. Campuran bahan tambahan bata ringan

Sampel	Bahan Tambahan (%)		
	<i>Foam</i>	Hardener	Polimer
A	0,5	0,38	0,38
B	0,5	0,50	0,50
C	0,5	0,50	0,50
D	0,5	0,38	0,38

Tabel 3. Komposisi bata ringan

No	Bahan	Komposisi Campuran (%)			
		A	B	C	D
1	Kapur Tohor	-	-	-	8,57
2	Pasir	-	12,50	-	-
3	Fly Ash	57,14	37,50	50,00	28,57
4	Semen PPC	42,86	50,00	50,00	42,86
5	<i>Foam</i>	0,50	0,50	0,50	0,50
6	Hardener	0,38	0,50	0,50	0,38
7	Polimer	0,38	0,50	0,50	0,38

Berat : 900 kg/m³

Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian kuat tekan bata ringan A, B, C dan D masing-masing ada 5 buah benda uji dengan hasil seperti pada Tabel 4. Tabel 4, menunjukkan, bahwa hasil rata-rata Kuat Tekan bata ringan C yang paling besar. Hasil uji tersebut masih memenuhi syarat SNI

03-0349-1989, yaitu 21 kg/cm² untuk tingkat mutu IV bata beton pejal. Besarnya Kuat Tekan bata ringan tersebut bila diubah ke dalam Satuan Internasional (SI) seperti ditunjukkan pada tabel 5 dan berat jenis bata ringan A, B, C, dan D yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan (Kg/cm²)

Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)					rerata
	1	2	3	4	5	
A	19,45	25,40	21,50	22,22	19,45	21,60
B	19,45	25,40	17,68	35,56	62,22	32,06
C	38,65	38,61	20,48	35,56	66,67	36,99
D	23,86	29,52	27,42	26,67	24,98	26,49

Berat : 900 kg/m³

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tekan bata ringan (MPa)

Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)					rerata
	1	2	3	4	5	
A	1,91	2,49	2,11	2,18	1,91	2,12
B	1,91	2,49	1,73	3,49	6,10	3,14
C	3,79	3,79	2,01	3,49	6,54	3,92
D	2,34	2,89	2,69	2,61	2,45	2,60

Tabel 6. Hasil pengujian berat jenis bata ringan

Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)					rerata
	1	2	3	4	5	
A	0,89	0,92	1,05	0,92	1,10	0,98
B	1,19	1,04	1,17	1,24	1,39	1,21
C	1,19	1,19	1,08	1,19	1,26	1,18
D	0,89	0,77	0,80	0,74	0,75	0,78

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada keempat sampel bata ringan (tabel 6), Kuat Tekan yang paling besar pada bata ringan C dengan kuat tekan 39,99 kg/cm³ atau 3,92 MPa. Bata tersebut dengan komposisi semen dan abu terbang masing-masing 50% serta foam, polimer dan hardener masing-masing 0,50%. Hasil uji tersebut masih

memenuhi syarat SNI 03-0349-1989, yaitu 21 kg/cm² untuk tingkat mutu IV bata beton pejal. Bila dilihat dari berat jenisnya ternyata bata ringan D yang paling ringan dengan berat jenis 0,78 kg/dm³ atau 780 kg/m³. Komposisi bata ringan D adalah semen sebanyak 42,86% dan abu terbang sebanyak 28,57% serta kapur tohor sebanyak 28,57%, sedangkan komposisi

campuran untuk foam, polimer dan hardener masing-masing adalah 0,50% dan 0,38%. Menurut Tjokrodimuljo (2007), beton disebut ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

KESIMPULAN

Pembuatan bata ringan dengan komposisi semen dan abu terbang masing-masing 50% serta campuran foam, polimer dan hardener masing-masing 0,50% memperoleh hasil rata-rata Kuat Tekan bata ringan yang paling tinggi sebesar 39,99 kg/cm² atau 3,92 MPa sedangkan dari berat jenisnya diperoleh berat jenis 0,78 kg/dm³ atau 780 kg/m³. Komposisi bata ringan D adalah semen sebanyak 42,86% dan abu terbang sebanyak 28,57% serta kapur tohor sebanyak 28,57%. Sedangkan komposisi campuran untuk foam, polimer dan hardener masing-masing adalah 0,50% dan 0,38%. Hasil uji tersebut masih memenuhi syarat SNI 03-0349-1989, yaitu 21 kg/cm² untuk tingkat mutu IV bata beton pejal serta berat bata ringan yaitu menurut Tjokrodimuljo (2007), beton disebut ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada saudara Henry

Wardhana, Adi Rahmadi, tim operasional PLTU Asam Asam (pak Gatot, mbak Nurul dkk).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Acosta, Dafi, Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang) Dari Pembakaran Batubara Pada PLTU Suralaya Sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor, 2009.
- [2]. Aggarwal, Vanita dkk, Concrete Durability Through High Volume Fly Ash Concrete (HVFC) a Literature review. International Journal of Engineering Science and Techgies vol 2, 2010.
- [3] Agus Dwi Darmawan, Abu Penyerap Limbah, Jurnal Sain dan Teknologi, Jakarta, 2008.
- [4] Antono, A., Teknologi beton, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, 1995.
- [5] ASTM C618-94a, Standart Test methods for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as A Mineral Amixture in Porland Cement Concrete, USA, 1994.
- [6] Aziz.,M; Ardha.,N., Karakterisasi abu terbang PLTU Suralaya dan evaluasinya untuk refraktoricor, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, no.36, Tahun 14, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, ISSN 0854-7890, 2006.
- [7] Aziz, Muchtar, Ngurah Ardha. 2006. Percobaan Pendahuluan Pembuatan Refraktori Cor dari Abu Terbang Suralaya. www.tekmira.esdm.go.id. Di akses pada tanggal 27 Februari 2011.

- [8]. Chandra, Toksisitas Abu terbang Dan Abu Dasar Limbah PLTU Batubara, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, wm@tekmira.esdm.go.id, 2005.
- [9] CoalFlyAsh://<http://www.tfhrc.gov/hnr20/redy/waste/cfa51.htm>
- [10] Cripwell, J.B, *Pulverized – Fuel Ash : Understanding The Material*, National Seminar The use of PFA in construction, Concrete Technology Unit, Department of Civil Eengineering, University of Dundee, 1992.
- [11] Genowefa Zapotoczna, et. al., Autoclaved Aerated Concrete Properties on the basis of current research results conducted by ICiMB - Research and Development Center for Cellular Concrete Industry CEBET and Building Research Institute. Handbook for AAC producers and users. Magazine of Concrete Producers Association. 5 Interantional Conference of Autoclaved Aerated Concrete, 2011.
- [12] <http://www.mountain-lain.org>, 2006.
- [13] Khairunisa, Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara, Jurnal Ilmiah, 2007.
- [14] Lianasari, A. E., Pemanfaatan Limbah Fly Ash (Abu Terbang) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dan Sikament LN Untuk Memperoleh Beton Hijau Mutu Tinggi , Proceeding National Conference on Green Tecnology For Better Future, ISBN 978-602-97320-1-6, 2010.
- [15] Mulyono, T., Teknologi Beton, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [16]. N.H.Haryanti, Karakterisasi Fly Ash (Abu Terbang) PLTU Asam Asam Kalimantan Selatan Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan, Jurnal Flux, 2013.
- [17]. N.H.Haryanti, Limbah FlyAsh (Abu Terbang) Batubara PLTU Asam-asam Sebagai Bahan Campuran Bata Ringan, Prosiding Nasional ISSN: 1411- 4771 Simposium Fisika Nasional XXVII (SFN 2014) Universitas Udayana Bali, 2014.
- [18]. Nugraha, P dan Antoni., Teknologi beton, dari material, pembuatan, ke beton kinerja tinggi. Penerbit Andi Yogyakarta dan LPPM Universitas Kristen Petra, 2007.
- [19] Pelaihari, Flay Ash sebagai Substitusi Semen, Puslitbang Teknologi Mineral dalam Batubara, 2007.
- [20] Puslitbang Tekmira, Penyusunan Data dan Pemetaan Sebaran Bahan Tambang di Kabupaten Cirebon, Laporan Akhir. Cirebon: Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Cirebon, 2006
- [21] Rahmah, S.N., Analisis material beton pasca bakar (Tinjauan sifat mekanik dan kimiawi), Yogyakarta: Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, 2000.
- [22] Setiawan, Bambang, Kebijakan Umum Pemanfaatan Batu Bara dan Rancangan Undang - undang Mineral dan Batu Bara, Jakarta, 2005.
- [23] Tjokrodimulyo, K, Teknologi beton, Biro Penerbit KMTS FT UGM. Yogyakarta, 2007.

- [24] Wardani, Sri Prabandiyani Retno, Pemanfaatan limbah batubara (Fly Ash) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2008.