



Pemanfaatan Limbah Abu Batubara Sebagai Sumber Logam Tanah Jarang

Abdul Azis Sahidi^{1*}, Aprimuharam M Senen², Samsul Bahri M.Madjid³

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Unkhair, Ternate

Corresponding author: azissahidi29@gmail.com

Abstrak

Abu batubara merupakan material sisa pembakaran pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), dimana hingga saat ini masih tergolong limbah B3 kategori 2 dari sumber spesifik khusus berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014. Residu pembakaran batubara berupa abu terbang (*fly ash*), dan abu dasar (*bottom ash*). Abu batubara sisa pembakaran PLTU mulut tambang produksinya sangat besar dan belum dimanfaatkan dengan baik. Produksi abu batubara sekitar 6,15-8,5 juta ton/tahun dari konsumsi batubara untuk PLTU sebesar 85 juta ton/tahun dan akan meningkat menjadi 100 juta ton saat program 35.000 MW yang dicanangkan pemerintah tercapai. Abu batubara sebagai sisa pembakaran PLTU mulut tambang selama ini hanya digunakan sebagai material landfill untuk area mine out (bekas pit tambang) dan disatu sisi memiliki potensi kandungan LTJ. Abu batubara sangat dipengaruhi oleh input batubara dan sistem pembakaran pada PLTU sehingga bersifat spesifik untuk setiap PLTU. Analisis kandungan LTJ dilakukan melalui tahapan: preparasi sampel, uji morfologi butir, uji XRD, uji XRF dan uji ICP-MS, uji SEM-EDK, dan uji ICP-ES. Hasil analisis menunjukkan abu batubara PLTU mengandung skandium (Sc), lantanum (La), itrium (Y), serium (Ce), praseodimium (Pr), neodimium (Nd), samarium (Sm), gadolinium (Gd), disprosium (Dy), terbium (Tb), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb), lutetium (Lu), europium (Eu) dan holmium (Ho). meskipun kadar unsur tersebut relatif rendah. Upaya peningkatan kadar melalui benefisiasi abu terbang telah dapat meningkatkan kandungan unsur Sm dari 2 ppm menjadi 9,3267 ppm pada middling, dan pada ampas meningkat dari 2 ppm menjadi 3,9429 ppm. Kandungan unsur LTJ pada abu terbang lebih tinggi dibandingkan pada abu dasar, maka upaya ekstraksi akan lebih ekonomis dilakukan terhadap abu terbang dan seyogyanya disetarakan sebagai bahan baku atau sumber senyawa LTJ. Pemanfaatan abu terbang sebaiknya didahului oleh ekstraksi unsur-unsur LTJnya, selanjutnya digunakan sebagai bahan bangunan maupun peruntukkan lain seperti yang telah berlangsung saat ini. Logam tanah jarang (LTJ) ini sebagai material maju misalnya scandium yang biasa digunakan sebagai bahan pembuatan televisi dan lampu hemat energi, serta lantanum yang biasa digunakan sebagai bahan pembuatan kaca optic khusus salah satunya kaca penyerap inframerah

Kata kunci: *bottom ash, fly ash, LTJ*

1. Pendahuluan

Di Indonesia, pemanfaatan batubara sebagai sumber energi telah meningkat pada tahun-tahun belakangan ini. Saat ini penggunaan batubara tersebar di dalam negeri adalah sebagai bahan bakar pada PLTU. Dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat, maka akan meningkat pula kebutuhan manusia.

Batubara yang telah ditambang kemudian akan di hancurkan (*crushing*) sesuai kebutuhan atau pesanan dari konsumen, setelah di hancurkan kemudian akan dikelola sebagai bahan bakar pada PLTU dimana batubara berfungsi sebagai bahan bakar boiler. Boiler akan menghasilkan uap yang akan digunakan sebagai penggerak turbin untuk membangkitkan listrik. Pada pembakaran batubara tersebut akan dikeluarkan sisa pembakaran berupa abu batubara dalam bentuk abu terbang (*fly ash*), abu dasar (*bottom ash*), *boiler slag*, *economizer ash* dan gipsum. Residu pembakaran batubara berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) [1]. Abu batubara sisa pembakaran PLTU mulut tambang produksinya sangat besar dan belum dimanfaatkan dengan baik. Produksi abu batubara sekitar 6,15-8,5 juta ton/tahun dari

konsumsi batubara untuk PLTU sebesar 85 juta ton/tahun dan akan meningkat menjadi 100 juta ton saat program 35.000 MW yang dicanangkan pemerintah tercapai [2].

Logam Tanah Jarang (lazim disebut LTJ) terdiri dari 17 unsur dengan rincian 15 unsur dalam kelompok lantanida dan 2 unsur lainnya yaitu Skandium dan Itrium. Unsur LTJ meliputi La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y dan Sc. Keterdapatan LTJ di alam ditemukan dalam bentuk senyawa kompleks fosfat dan karbonat, umumnya berupa mineral ikutan pada mineral utama tembaga, emas, perak, timah dan lainnya [3].

Unsur LTJ dikenal sebagai sumber material penting abad ke-21, merupakan material penentu untuk mobil hibrid, perangkat identifikasi kesehatan (MRI, *X-Ray*, *Scanner*, *contras agent*), LCD, *hard drive* komputer, fasilitas pembangkit listrik tenaga angin, teknologi hijau, peralatan dengan akurasi tinggi, perangkat *night vision*, sistem radar dan peralatan militer [4].

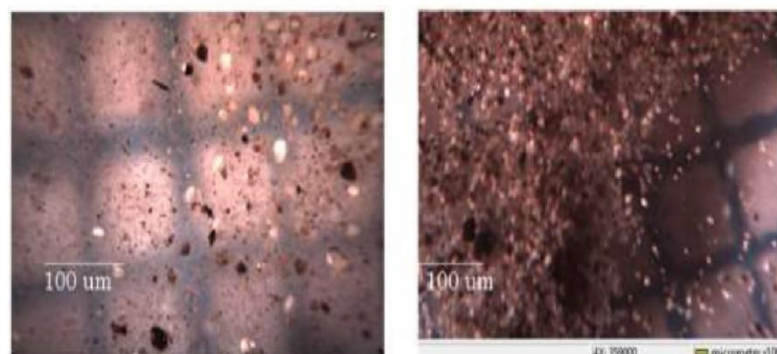
Di samping ditemukan dalam bentuk mineral ikutan di alam, unsur LTJ sering terdapat pada bahan berupa produk samping atau buangan suatu proses pengolahan dan pemurnian mineral atau sisa pembakaran. Abu batubara dan *red mud* dari bauksit merupakan material yang mengandung unsur LTJ [5]. Genesa pembentukan batubara memungkinkan terbentuknya senyawa-senyawa kompleks yang membawa mineral ikutan dan mengandung LTJ. Berbagai PLTU di luar negeri seperti China, Jepang, Rusia buangan abu batubaranya memiliki kandungan LTJ. Mengingat gencarnya pembangunan PLTU dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional yang terus meningkat, maka buangan abu batubaranya juga akan semakin besar sehingga sangat penting untuk memanfaatkan limbah buangan tersebut sebagai sumber LTJ masa depan.

2. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi limbah abu batubara

Karakterisasi limbah abu batubara dilakukan dengan menggunakan Mikroskop Biji, XRD, XRF, SEM EDS, dan ICP-MS. Hasil Analisa XRF terhadap abu batubara dapat dilihat pada tabel 1.

Morfologi butir dari limbah abu batubara PLTU berdasarkan hasil pengamatan dengan mikroskop biji terlihat seperti Gambar 1. Pengamatan dengan mikroskop untuk mengetahui morfologi butir sampel fly ash dan bottom ash termasuk mengamati apakah batubara terbakar sempurna atau tidak saat proses pembakaran.



Gambar 1. Morfologi butir *fly ash* (kiri) dan *bottom ash* (kanan) [6].

Material fly ash ukurannya relatif lebih kecil dibandingkan dengan bottom ash dan memiliki bentuk sub-rounded menunjukkan hasil pembakaran pada suhu tinggi dengan waktu yang cepat. Masih terlihat adanya batubara yang belum terbakar sempurna seperti diperlihatkan

pada Gambar 1. Butiran yang berwarna hitam adalah sisa-sisa batubara yang belum terbakar sempurna. Pengamatan morfologi butir ini mengonfirmasi ukuran butir hasil uji ayakan, bahwa fly ash memiliki ukuran butir yang lebih halus dibandingkan dengan bottom ash.

Beberapa hasil identifikasi seperti abu batubara dari PLTU di Indonesia maupun luar negeri antara lain Serbia, Jepang, dan Brazilia dengan memanfaatkan XRF untuk analisis menunjukkan komposisi yang relatif sama besar [7]. Pada analisa menggunakan XRF biasanya belum terlihat unsur-unsur logam tanah jarang kecuali litrium (Y). Untuk mempertajam analisis unsur logam tanah jarang menggunakan ICM-MS karena limit deteksinya mencapai ppb. Hasil ICP-MS abu batubara dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisa limbah abu batubara menggunakan XRF [8]

Oksida	Massa (%)		Oksida	Massa (%)	
	FA	BA		FA	BA
Na ₂ O	0,22	0,53	Cr ₂ O ₃	-	-
MgO	0,39	1,72	MnO	0,09	0,07
Al ₂ O ₃	7,50	27,60	Fe ₂ O ₃	4,62	5,35
SiO ₂	81,13	57,40	CoO	0,09	-
P ₂ O ₅	0,05	0,28	CuO	0,02	-
SO ₃	0,12	2,17	ZnO	0,20	0,02
Cl	0,01	-	Rb ₂ O	-	-
K ₂ O	0,38	0,59	SrO	0,07	0,08
CaO	3,08	3,27	ZrO ₂	0,06	0,06
TiO ₂	0,49	0,90	WO ₃	1,96	-

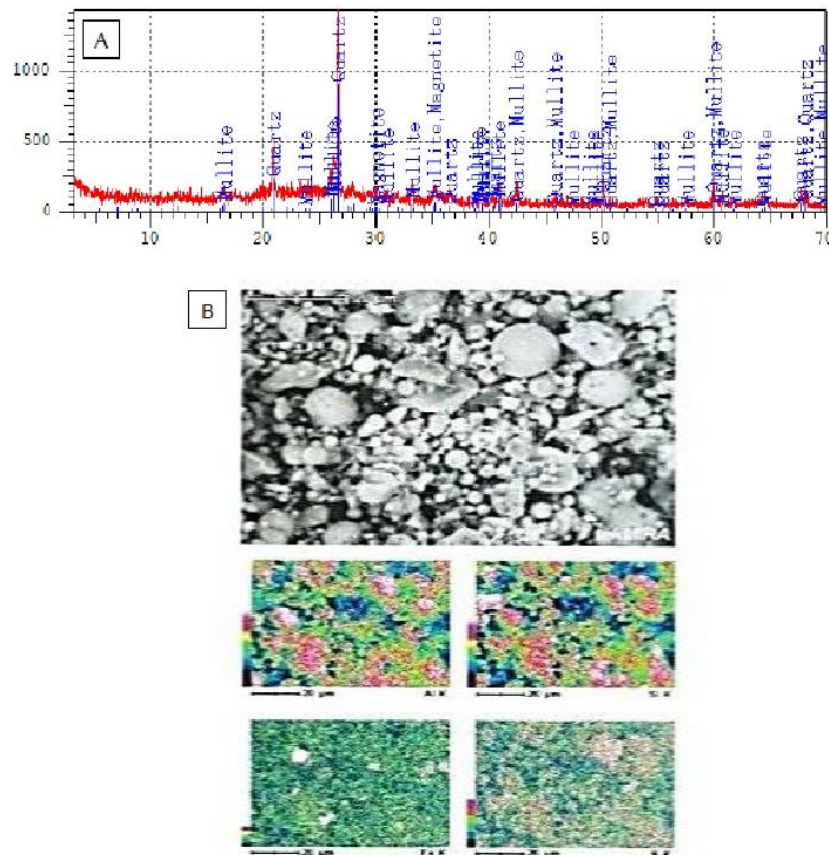
Pengujian kandungan logam tanah jarang efektif dilakukan dengan metode ICP-MS karena limit deteksinya hingga satuan ppb. Hasil pengujian dengan metode ICP-MS menunjukkan ada 16 unsur yang terdeteksi. Pada tabel 2 menunjukkan kadar rata-rata unsur logam tanah jarang pada limbah abu batubara.

Tabel 2. Hasil Analisa limbah abu batubara menggunakan ICP-MS

Item	Kadar rata-rata (ppm)															
	Sc	La	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Dy	Tb	Er	Tm	Yb	Lu	Eu	Ho
FA	8,5- 21,2	8- 31,4	10,7- 41,8	22,2- 84,8	2,7- 10,1	11,3- 42,9	2,4- 9	1,8- 6,6	1,4- 6,2	0,3- 0,7	0,9- 4,1	0,1- 0,7	1- 5,5	0,1- 0,9	0,45- 1,47	0,3- 1,4
BA	3,5- 20,1	6,5- 25,4	6,7- 23,3	17,1- 64,2	2- 7,6	7,7- 31,2	1,6- 6	1,1- 3,9	0,9- 3,4	0,2- 0,6	0,6- 2,2	0,1- 0,4	0,8- 2,7	0,1- 0,4	0,22- 1,01	0,2- 0,7

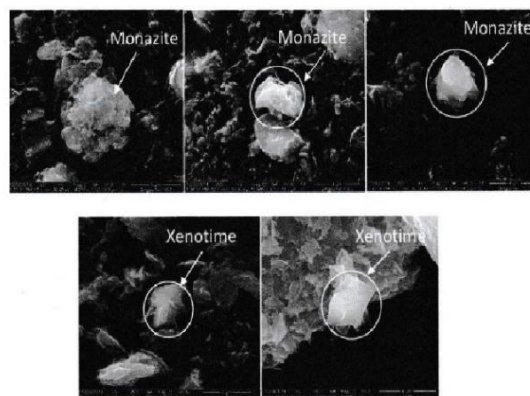
Dari tabel di atas menunjukkan bahwa kandungan logam tanah jarang dominannya adalah cerium (Ce), neodinium (Nd), itrium (Y), Lantanum (La), dan scandium (Sc). Logam serium kandungannya berkisar 22,2 ppm – 84,8 ppm pada sampel *fly ash*. Jika dalam 1 ton *fly ash* dengan *recovery* 100% (kondisi ideal) akan di dapatkan 22,2 – 84,8 gram cerium (Ce), 11,3 – 42,9 gram neodinium (Nd), 10,7 – 41,8 gram itrium (Y), 8 – 31,4 gram lanthanum (La), dan 8,5 – 21,1 gram scandium (Sc). Kandungan logam tanah jarang (LTJ) pada sampel bottom ash hanya serium, neodinium, lanthanum, itrium, dan scandium yang kandungannya tinggi, yaitu lebih dari 20 gram sedangkan yang lainnya kurang dari 20 gram. Secara otomatis mineral pembawa logam tanah jarang pada limbah abu batubara tersebut adalah monasit dikarenakan kandungan Ce, La, dan Y tinggi.

Berdasarkan hasil Analisa XRD menunjukkan hanya terdapat mineral kuarsa/quartz (silicon oksida), mulit (alumina silika), dan magnetit (oksida besi). Abu terbang dari beberapa PLTU antara lain di Brazilia dan Kalimantan Timur mempunyai komposisi kimia yang relatif sama, yaitu terdiri dari kuarsa dan mulit serta maghemit dan amorphous (termasuk sisa karbon dan aluminosilikat gelas) [9].



Gambar 2. Analisa XRD (a) dan SEM EDS (b) pada abu batubara PLTU

Analisis XRD dan SEM-EDS tersebut di atas belum dapat menunjukkan mineral pembawa logam tanah jarang, perlu analisis menggunakan SEM EDS (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive Spectroscopy*) per partikel seperti dilaksanakan oleh Zhang, Groppo dan Honaker (2015) pada penelitian abu batubara Hazard 4 Seam di United Kingdom sehingga monazit terdeteksi dengan jelas seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Mineral pembawa logam tanah jarang (LTJ) pada batubara [10]

Pemanfaatan limbah abu batubara sebagai sumber logam tanah jarang

Berdasarkan dari hasil analisa abu batubara terlihat bahwa kandung logam tanah jarang (LTJ) tertinggi pada limbah abu batubara merupakan cerium (Ce), neodinium (Nd), itrium (Y), Lantanum (La), dan scandium (Sc). Logam tanah jarang tersebut dapat di ekstrak lebih lanjut dan dimanfaatkan sebagai bahan penunjang perindustrian di Indonesia seperti pembuatan pesawat tempur, hp, dll. Pemanfaatan dari ke lima logam tanah jarang tersebut dapat di lihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Proses pemanfaatan limbah abu batubara sebagai unsur LTJ [11]

No	Nama Unsur	Rumus Kimia	Pemanfaatan
1.	Skandium	Sc	Digunakan pada berbagai perkakas seperti televisi warna, lampu neon, lampu hemat energi, dan kacamata.
2.	Itrium	Y	Penggunaan yang paling penting dari itrium adalah LED dan fosfor, khususnya fosfor merah di televisi menampilkan tabung sinar katode. Itrium juga digunakan dalam produksi elektrode, elektrolit, filter elektronik, laser, superkonduktor, berbagai aplikasi medis, dan berbagai bahan untuk meningkatkan sifat-sifatnya.
3.	Cerium	Ce	Digunakan dalam fosfor untuk layar televisi berwarna dan lampu neon, juga sebagai catalytic converter untuk mengurangi emisi karbon monoksida dalam knalpot dari mobil
4.	Lantanum	La	Digunakan dalam jumlah besar dalam baterai isi ulang nikel metal hidrida (NiMH) untuk mobil hibrida. Lanthanum digunakan di banyak aplikasi, seperti studio lighting, baterai laptop, lensa kamera dan baterai mobil hibrida.
5.	Neodimium	Nd	Digunakan dengan besi dan boron untuk menciptakan magnet permanen yang kuat, juga disebut magnet NIB pada computer, ponsel, peralatan medis.

Selain itu pemanfaatan limbah abu batubara yang sudah diupayakan dan diujicobakan adalah digunakan pada enkapsulasi *overburden* yang bersifat PAF (*potentially acid forming*) untuk pencegahan terbentuknya air asam tambang (AAT) di *site* Lati PT. Berau Coal [12], pelapisan batuan sampung (*waste rock*) pada tambang batubara di PT. Kaltim Prima Coal [13], Limbah abu batubara juga bisa digunakan sebagai bahan tambahan dalam treatment air asam tambang

dari pH 2,5 menjadi 6,5 [14], pencampuran dengan tailing tambang emas Musselwhite untuk peningkatan pH air lindian [15]. Selain itu limbah abu batubara *fly ash* dan *bottom ash* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bata beton ramah lingkungan [16]. Limbah abu batubara *fly ash* bisa dimanfaatkan sebagai komposisi tambahan dalam pembuatan semen Portland pozzolan [17], juga sebagai campuran media tanam pada tanaman tomat [18].

3. Kesimpulan

Limbah abu batubara hasil dari pembakaran PLTU menunjukkan adanya unsur logam tanah jarang sebanyak 16 unsur, yaitu skandium (Sc), lantanum (La), itrium (Y), serium (Ce), praseodimium (Pr), neodimium (Nd), samarium (Sm), gadolinium (Gd), disprosium (Dy), terbium (Tb), erbium (Er), tulium (Tm), itterbium (Yb), lutetium (Lu), europium (Eu) dan holmium (Ho). Kandungan yang paling dominan adalah cerium (Ce), neodimium (Nd), itrium (Y), Lantanum (La), dan scandium (Sc) meskipun kadar unsur tersebut relative rendah kurang dari 100 ppm. Kandungan logam tanah jarang di *fly ash* lebih tinggi dibandingkan dari *bottom ash*. Dimana kandungan logam tanah jarang yang potensial diekstraksi pada limbah abu batubara *fly ash*, yaitu 22,2 – 84,8 gram cerium (Ce), 11,3 – 42,9 gram neodimium (Nd), 10,7 – 41,8 gram itrium (Y), 8 – 31,4 gram lanthanum (La), dan 8,5 – 21,1 gram scandium (Sc). Sedangkan kandungan logam tanah jarang yang potensial diekstraksi pada limbah abu batubara *bottom ash*, yaitu 17,1 - 64,2 gram cerium (Ce), 7,7 - 31,2 gram neodimium (Nd), 6,5 - 25,4 gram lanthanum (La), 6,7 - 23,3 gram itrium (Y), 3,5 - 20,1 gram scandium (Sc). Dimana scandium dapat dimanfaatkan sebagai industri pembuatan lampu neon, itrium dalam industri pembuatan televisi, neodimium dalam industri ponsel, cerium sebagai bahan catalytic converter untuk mengurangi emisi karbon monoksida dalam knalpot dari mobil, dan lanthanum sebagai peralatan medis.

4. Referensi

- [1] Firman, F. (2020). Analisis Kandungan Logam Berat Abu Batubara PLTU Bangko Barat Kab. Muara Enim Sumatera Selatan. *Journal Of Science And Engineering*, 3(1).
- [2] Firman, F., Haya, A., & Sahidi, A. A. (2020). Identifikasi Kandungan Logam Tanah Jarang pada Abu Batubara PLTU Mulut Tambang. *Jurnal GEOMining*, 1(1), 18-24.
- [3] Suganal, D. F. Umar. dan H. E. Mamby. 2018. Identifikasi keterdapatan unsur logam tanah jarang dalam abu batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin. Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(2), pp. 111–125.
- [4] V. Zepf, J. Simmons, A. Reller, M. Ashfield, and C. Rennie. 2014. *Materials critical to the energy industry: An introduction*. 2nd Ed. London.
- [5] Atmawinata, F.Yahya, S.Widhianto, Roosmariharso, D. Irianto, A. Adlir, Y. Susilo, W. Radjid, Massaruddin, D. Noviansyah, A. I. Sutjiatmo, V. Shinta, S. Wuri, B. P. Sutjiatmo, and Ardhana. 2014. Telaahan penguatan struktur industri pemetaan potensi logam tanah jarang di Indonesia. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- [6] Firman, F. N. Yusuf. A. Haya. 2020. Kajian Potensi Logam Tanah Jarang dari Abu Batubara Limbah PLTU Mulut Tambang Bangko Barat. 8, pp. 1–10.
- [7] Terzić .A, L. Pavlović, and L. Miličić. 2013. Evaluation of lignite fly ash for utilization as component in construction materials. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 33(4), pp. 159–180.
- [8] Haya, A., & Alkatiri, H. (2020, July). Study of Blending Fly Ash with Potentially Acid Forming Material to Prevent Acid Mine Drainage. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 4, p. 042075). IOP Publishing.
- [9] L. Silva, C. Ward, J. Hower, M. Izquierdo, F. Waanders, M. Oliveira, Z. Li, R. Hatch, and X. Querol. 2010. Mineralogy and leaching characteristics of coal ash from a major Brazilian power plant. *Coal Combustion and Gasification Products*, 2(1), pp. 51–65.

- [10] W. Zhang, J. Groppo. dan R. Honaker. 2015. Ash beneficiation for REE recovery. World of Coal Ash (WOCA) Conference. pp 1-11
- [11] Adam, H. 2016. Logam tanah jarang: cadangan strategis masa depan Indonesia. URL: <https://www.kompasiana.com/harristioadam/58289544137b61950616caff/logam-tanah-jarang-cadangan-strategis-masa-depan-indonesia?page=1>. Diakses tanggal 14 November 2016.
- [12] Gautama, R. S., G. J. Kusuma, M. S. Abfertiawan, A. Wiedhartono, F. Gunawan, I. Lestari, R. Simbolon. dan M. R. Diana. 2013. Study on Capping Options for Overburden Encapsulations to Prevent Acid Mine Drainage in Lati Coal Mine, Kalimantan, Indonesia. IMWA. 10-12 October 2013, Berlin, Jerman. pp. 124-131.
- [13] Kusuma, G. J., H. Shimada, T. Sasaoka, K. Matsui, C. Nugraha, R. S. Gautama. dan B. Sulistianto. 2012. An evaluation on the physical and chemical composition of coal combustion ash and its co-placement with coal-mine waste rock. *Journal of Environmental Protection*. 3 (1):589-596.
- [14] Pradhan, A. dan P. Deshmukh. 2008. Utilization of fly ash for treatment of acid mine drainage. *Journal of Environmental Research and Development*. 3 (1):1-6.
- [15] Yeheyis, M. B., J.Q. Shang. dan E. K. Yanful. 2009. Long-term evaluation of coal fly ash and mine tailings co-placement: a site-specific study. *Journal of Environmental Management*. 9 (1):237–246.
- [16] N. A. Sulistiowati. 2013. Bata beton berlubang dari abu batubara (fly ash dan bottom ash) yang ramah lingkungan. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 2 (1):87-95.
- [17] Romli. dan H. M. N. Syahminan. 2015. Pemanfaatan fly ash (abu batubara) yang diaktifkan untuk komposisi semen portland pozzolan. *Prosiding Snija*. 1-3 Agustus 2015. Bandung, Indonesia. pp. 57-64.
- [18] Wardhani, E., M. Sutisna. dan A. H. Dewi. 2012. Evaluasi pemanfaatan abu terbang (fly ash) batubara sebagai campuran media tanam pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). *Jurnal Itenas Rekayasa*. 16 (1):44-54.