

POTENSI PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATUBARA SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI DI DAERAH RAWA

Irfan Prasetya¹, Ma'ruf¹ dan Riswan¹

¹*Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University*

ABSTRAK

Penelitian mengenai Abu batubara (baik fly ash maupun bottom ash) telah banyak dilakukan khususnya pada bidang ilmu sipil bahkan pertanian. Pada bidang sipil, penelitian sering dilakukan pada sampel bata, batako dan beton. Adapun untuk bidang ilmu pertanian, sering dilakukan penelitian abu batubara sebagai campuran pupuk tanaman. Akan tetapi, kandungan oksida logam berat pada limbah abu batubara membuat limbah ini dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3) pada PP Nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Berkaitan dengan hal tersebut, hasil penelitian uji potensi toksitas yang telah dilakukan terhadap abu batubara PLTU asam-asam, membuktikan sebaliknya. Sebenarnya abu batubara PLTU Asam-Asam relatif aman untuk digunakan sebagai bahan konstruksi. Dari hasil tersebut, maka abu batubara PLTU Asam-Asam memiliki potensi yang cukup baik untuk dimanfaatkan. Salah satu potensi abu batubara di daerah rawa yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatannya sebagai material konstruksi komposit yang padat seperti batako ataupun beton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan rasio penggantian semen oleh fly ash sebesar 40% dapat meningkatkan kekuatan batako sebesar 3,5%. Sedangkan untuk hasil pengujian kuat tekan beton, penambahan fly ash sebesar 20% dapat meningkatkan kekuatan beton sebesar 16%. Berdasarkan dari hasil pengujian yang didapatkan, dapat diberikan rekomendasi pemanfaatan abu batubara di daerah rawa yaitu sebagai bahan campuran untuk pembuatan batako dan beton.

Kata kunci: abu batubara, PLTU sektor Asam-Asam, dan bahan konstruksi.

1. PENDAHULUAN

PLTU asam-asam menghasilkan limbah hasil pembakaran berupa abu batubara dalam jumlah yang sangat besar yaitu sekitar 26.400 ton pertahun (Yanuar and Umar 2013). Hal ini mengakibatkan pihak PLTU asam-asam mengalami kesulitan dalam hal pengelolaan limbah. Sampai saat ini, metode pengelolaan limbah yang utama digunakan oleh PLTU asam-asam ialah dengan menggunakan metode konvensional yaitu penumpukan abu batubara pada *landfill* yang telah disiapkan. Akan tetapi, metode ini tidak akan menyelesaikan masalah utama karena jumlah abu batubara yang semakin bertambah setiap harinya. Untuk mengatasi hal tersebut, banyak penelitian yang telah dilakukan untuk dapat memanfaatkan limbah abu batubara.

Salah satu penelitian tentang pemanfaatan abu batubara (terutama *fly ash*) yang banyak dilakukan yaitu penelitian pemanfaatan abu batubara dalam dunia

konstruksi dan pertanian. Khususnya dalam dunia konstruksi, beberapa contoh pemanfaatan abu batubara yang dilakukan ialah pemanfaatan abu batubara sebagai bahan baku pembuatan bata, campuran beton, stabilitas tanah, portland pozzolanic cement, campuran pupuk tanaman, dll. Terutama dalam tinjauan abu batubara sebagai material stabilitas tanah, merupakan potensi abu batubara yang bernilai sangat tinggi khususnya Kalimantan Selatan yang memiliki struktur tanah yang lunak.

Penelitian Henry Liu di tahun 2007 menghasilkan sebuah metode pembuatan batu bata yang terbuat dari *fly ash* dan air (Liu 2007). Dengan metode tersebut dihasilkan pembuatan batu bata yang hemat energi dan dapat mengurangi polusi merkuri dengan biaya produksi yang lebih rendah. Kemudian, selain sebagai material pembuatan batu bata, *fly ash* juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kekuatan beton. Penambahan *fly ash* hingga rasio 25% semen dapat meningkatkan kuat tekan beton secara drastis

Correspondence : Irfan Prasetya

(Suarnita 2011). Sejalan dengan itu, penelitian beton dengan *fly ash* dari pujianto menyatakan bahwa walaupun kuat tekan beton dengan mutu sangat tinggi (> 80 MPa) belum dapat dicapai, namun kuat tekan beton mutu tinggi sudah dapat dicapai (> 50 MPa) (Pujianto 2010). Selain meningkatkan kuat tekan, nilai pengukuran pH, TSS, TDS dan kesadahan total semakin naik dengan bertambahnya komposisi *fly ash* yang digunakan (Refnita, Zuki and Yusuf 2012). Adapun pemanfaatan *fly ash* sebagai stabilitas tanah, menurut Junaidi penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kadar air optimum (OMC) tanah sebesar 6.475% yaitu dari 31.97% menjadi 34.04%, dan dapat meningkatkan UCS tanah sebesar 68.36% yaitu dari 20,86 kPa menjadi 35,12 kPa (Junaidi 2008).

Dilihat dari potensi yang dimiliki abu batubara PLTU asam-asam di Kalimantan Selatan dan juga karakteristik tanah sekitarnya yang merupakan lahan rawa, maka hal ini dirasakan menjadi sebuah solusi yang efektif yang saling menguntungkan dari segi pengelolaan limbah abu batubara PLTU asam-asam dan stabilisasi lahan rawa di Kalimantan Selatan. Selain itu, potensi pengolahan limbah batubara menjadi olahan industri seperti batubata, batako ringan, dan pupuk tanaman tentunya dapat dimanfaatkan sebagai suatu bentuk *home industry* yang dapat dijadikan sebagai mata pencaharian penduduk disekitar PLTU asam-asam. Sehingga, diharapkan hasil produksi ini dapat meningkatkan taraf hidup penduduk sekitar PLTU asam-asampada khususnya dan penduduk Kalimantan Selatan pada umumnya. Akan tetapi, karena terdapat kandungan oksida logam berat yang dapat mencemari lingkungan, abu batubara juga dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sesuai PP Nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, walaupun sebenarnya beberapa penelitian telah membuktikan bahwa abu batubara relatif tidak berbahaya (Prasetya and Prihatini 2015)(Dutta, Khanra and Mallick 2009)(Wardani 2008). Maka diperlukan penanganan khusus agar limbah abu batubara

ini tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Terutama yang disebabkan oleh kandungan oksida logam berat dalam abu batubara yang dapat mencemari lingkungan, Oleh karena itu, penting kiranya untuk melakukan penelitian mengenai tingkat toksitas abu batubara PLTU Asam-asam. Penelitian tersebut dapat memberikan gambaran mengenai potensi dampak berbahaya yang mungkin ditimbulkan terhadap pencemaran lingkungan maupun kesehatan manusia apabila limbah abu batubara digunakan sebagai material konstruksi.

Dari hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan uji *Toxicity Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP), didapatkan bahwa abu batubara PLTU asam-asam diidentifikasi sebagai Limbah B3 kategori 2 karena memiliki kandungan kadmium (Cd) yang melebihi baku mutu yang ditentukan dalam PP Nomor 101 Tahun 2014. Akan tetapi untuk kandungan logam berat lainnya seperti arsen dan timbal, nilainya jauh lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan dalam PP Nomor 101 Tahun 2014 (Prasetya and Prihatini 2015). Akan tetapi, pada penelitian tersebut belum memperlihatkan bahaya secara langsung yang dapat ditimbulkan oleh abu batubara terhadap pencemaran lingkungan dan kelangsungan hidup dan kesehatan makhluk hidup.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian mengenai pemanfaatan limbah abu batubara khususnya sebagai material konstruksi dirasa sangat perlu untuk dilakukan. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan rekomendasi pemanfaatan abu batubara yang tidak hanya dapat memberikan solusi bagi manajemen pengelolaan limbah abu batubara PLTU asam-asam, tetapi juga dapat memberikan solusi masalah lingkungan yang ada dan dapat digunakan sebagai usaha yang dapat meningkatkan kehidupan ekonomi masyarakatnya.

2. METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini, penelitian akan lebih difokuskan pada kajian pemanfaatan abu batubara PLTU asam-asam sebagai material

konstruksi. Penelitian akan dimulai dengan pembuatan sampel bahan konstruksi seperti batako atau beton yang terbuat dari abu batubara PLTU asam-asam. Kemudian sampel tersebut akan dilakukan uji kuat tekan. Hasil uji kuat tekan akan dibandingkan dengan batako/beton normal tanpa menggunakan abu batubara. Dari hasil ini akan diketahui apakah abu batubara akan memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam menambah kekuatan bahan konstruksi.

Pada penelitian ini, telah disiapkan 3 jenis sampel batako yaitu batako normal sebagai sampel kontrol (selanjutnya disebut sebagai BK 1), batako dengan komposisi 80% semen dan 20% *fly ash* PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BK 2) dan

batako dengan komposisi 60% semen dan 40% *fly ash* PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BK 3). Selain itu, telah disiapkan pula 4 jenis sampel beton yaitu beton normal sebagai sampel kontrol (selanjutnya disebut sebagai BT 1), beton dengan komposisi 70% semen dan 30% *fly ash* PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BT 2), beton dengan komposisi 60% semen dan 40% *fly ash* PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BT 3) dan beton dengan komposisi 100% semen dan 20% *fly ash* PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BT 4). *Job mix design* masing-masing sampel tersebut terlihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Job Mix Design Sampel Pada Penelitian

No	Jenis Sampel	Semen (gr)	Fly Ash (gr)	Air (ml)	Pasir (gr)	Agregat (gr)	Jumlah Sampel
1	BK 1	500	0	250	3500	0	3 buah
2	BK 2	400	100	250	3500	0	3 buah
3	BK 3	300	200	250	3500	0	3 buah
4	BT 1	13.578	0	6.789	18.479	43.119	5 buah
5	BT 2	9.505	4.073	6.789	18.479	43.119	5 buah
6	BT 3	8.147	5.431	6.789	18.479	43.119	5 buah
7	BT 4	13.578	2.716	6.789	18.479	43.119	5 buah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Potensi bahaya logam berat pada *fly ash* PLTU Asam-Asam

Sampel abu batubara PLTU asam-asam yang diujikan adalah abu terbang (*fly ash*) PLTU asam-asam yang telah berada di landfill selama lebih dari 6 bulan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, *fly ash* PLTU asam-asam dapat di klasifikasikan kedalam Kelas C (Mursadin, Prasetya and Prihatini 2015). Hal ini dikarenakan kadungan SiO₂ yang rendah dibawah 50%. Selain itu, seperti yang telah disebutkan diatas, hasil analisa uji TCLP memperlihatkan bahwa kadmium merupakan satu-satu parameter yang melampaui baku mutu PP No.101/ 2014 dari semua jenis sampel yang di uji (Prasetya dan Prihatini 2015). Faktanya, pembakaran bahan bakar fosil memang merupakan salah

satu sumber antropogenik utama emisi kadmium ke lingkungan. Oleh karena itu, terdapat kekhawatiran bahwa kandungan kadmium yang terdapat didalam abu batubara PLTU asam-asam dapat mencemari lingkungan, mengganggu kesehatan dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Secara prinsipil pada konsentrasi rendah berefek terhadap gangguan pada paru-paru, emphysema dan renal tubular disease yang kronis. Jumlah normal kadmium di tanah berada di bawah 1 ppm, tetapi angka tertinggi (1.700 ppm) dijumpai pada

permukaan sample tanah yang diambil di dekat pertambangan biji seng (Zn). Kadmium lebih mudah diakumulasi oleh tanaman dibandingkan dengan ion logam berat lainnya seperti timbal. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai the big three heavy metal yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Menurut badan dunia FAO/WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 μg per orang atau 7 μg per kg berat badan.

Emisi kadmium ke atmosfer didominasi oleh sumber antropogenik dan umumnya kadmium hadir dalam bentuk aerosol dan partikular-partikular berukuran kecil (dengan rata-rata ukuran diameter massanya ~ 1 mm). Bentuk ini sangat mudah terdispersi oleh angin dan kemudian terdeposisi oleh deposisi basah dan deposisi kering. Bentuk dengan ukuran yang kecil tersebut menyebabkan kadmium terdispersi sejauh ribuan kilometer dari sumbernya dan mencemari lingkungan yang lebih luas lagi (Cullen and Maldonado 2013). Sehingga apabila abu batubara hanya dibiarkan ditumpuk di *landfill*, maka dikhawatirkan abu batubara tersebut berpotensi untuk mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan makhluk hidup.

Kadmium masuk ke udara dari penambangan, industri, pembakaran batubara dan limbah rumah tangga. Partikel kadmium di udara dapat menyebar ke arah yang cukup jauh sebelum jatuh ke tanah atau perairan. Kadmium memasuki perairan dan tanah dari pembuangan limbah dan tumpah atau bocor dari suatu tempat limbah berbahaya. Kadmium terikat kuat dengan partikel tanah. Beberapa kadmium terlarut dalam perairan.

Paparan kadmium dapat melalui: terhirup udara yang terkontaminasi kadmium di tempat kerja (pabrik baterai, pematerian atau pengelasan logam); mengkonsumsi makanan yang mengandung kadmium; tingkat rendah dalam semua makanan (tertinggi dalam kerang-kerangan, hati, dan daging ginjal); menghirup kadmium dalam asap rokok (resiko dua kali lipat jika tiap hari); meminum air yang terkontaminasi; menghirup udara yang terkontaminasi dekat pembakaran limbah perkotaan; menghirup kadmium

tingkat tinggi akan sangat merusak paru-paru dan menyebabkan kematian; memakan makanan atau meminum air dengan tingkat kadmium yang sangat tinggi akan sangat mengiritasi sistem pencernaan, mengakibatkan muntah-muntah dan diare. Paparan kadmium tingkat rendah di udara, makanan, atau minuman dalam waktu yang lama akan terakumulasi dalam ginjal dan menyebabkan penyakit ginjal. Efek jangka panjang lainnya diantaranya kerusakan paru-paru dan keropos tulang.

Hewan-hewan yang terkena kadmium dalam makanan atau air memiliki tekanan darah tinggi, anemia, penyakit hati, dan kerusakan saraf atau otak. Departement of Health and Human Services (DHHS) telah menetapkan bahwa kadmium dan senyawanya layak dinatisipasi sebagai penyebab kanker. EPA telah menetapkan batas kadmium pada air minum adalah sebesar 5 ppb (part per billion). EPA tidak mengizinkan kadmium dalam pestisida. Food and Drug Administration (FDA) membatasi jumlah kadmium dalam pewarna makanan sampai 15 ppm (part per million). Occupational Safety and Health Administration (OSHA) membatasi kadmium di udara tempat kerja sampai 100 mikrogram per kubik ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dalam bentuk uap/asap dan $200 \mu\text{g}$ kadmium/ m^3 dalam bentuk debu.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa potensi pencemaran lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh abu batubara PLTU Asam-Asam, khususnya kadmium, cukup besar terutama apabila terus ditumpuk di *landfill*. Oleh karena itu, penting untuk dapat memanfaatkan limbah abu batubara tersebut agar potensi pencemaran, khususnya udara, yang ditimbulkan dapat dikurangi. Selain itu, penelitian harus difokuskan pada pemanfaatan limbah abu batubara yang sekaligus dapat meng”immobilisasi” atau menahan keluarnya logam berat yang ada dalam abu batubara agar tidak mencemari lingkungan.

3.2. Hasil Uji LD50 fly ash PLTU Asam-Asam

Nilai LD50 menunjukkan dosis yang diperlukan untuk mematikan 50% kelompok

hewan uji tikus dengan memberikan sampel abu batubara PLTU asam-asam secara oral selama 7 (tujuh) hari. Berdasarkan lampiran PP No. 101 Tahun 2014, Limbah diidentifikasi sebagai Limbah B3 dalam dua kategori. Limbah diidentifikasi sebagai Limbah B3 dalam kategori 1 jika memiliki nilai sama dengan atau lebih kecil dari Uji Toksikologi LD50 oral 7 (tujuh) hari dengan nilai lebih kecil atau sama dengan 50 mg/kg (lima puluh miligram per kilogram) berat badan pada hewan uji mencit. Sedangkan limbah diidentifikasi sebagai Limbah B3 kategori 2 jika memiliki nilai lebih besar dari Uji Toksikologi LD50 oral 7 (tujuh) hari dengan nilai lebih kecil atau sama dengan 50 mg/kg (lima puluh miligram per kilogram) berat badan pada hewan uji mencit dan lebih kecil atau sama dari Uji Toksikologi LD50 oral 7 (tujuh) hari dengan nilai lebih kecil atau sama dengan 5000 mg/kg (lima ribu miligram per kilogram) berat badan pada hewan uji mencit. Selain itu, berdasarkan penjelasan PP No. 74 Tahun 2001 Pasal 5 Ayat 1 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun, disebutkan bahwa suatu zat atau bahan kimia dinyatakan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan nilai Uji

Toksikologi LD50 kurang atau sama dengan 5.000 mg/kg berat badan hewan percobaan.

Berdasarkan kedua aturan tersebut, maka Uji Toksikologi LD50 dilakukan dengan nilai 10.000 mg/kg berat badan pada hewan uji mencit. Dengan nilai tersebut, maka berdasarkan penjelasan PP No. 74 Tahun 2001 sampel *fly ash* PLTU asam-asam dapat dikategorikan sebagai Praktis tidak beracun (Practically non toxic). Adapun jumlah mencit yang digunakan sebagai hewan uji berjumlah 30 ekor dengan lama waktu pengujian sesuai dengan lampiran PP No. 101 Tahun 2014 selama 7 (tujuh) hari. Gambar 1 menunjukkan proses pemberian sampel *fly ash* PLTU asam-asam secara oral kedalam tubuh hewan uji mencit.

Hasil pengujian Toksikologi LD50 yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan pemberian dosis sampel sebesar 10.000 mg/kg berat badan hewan uji mencit selama 7 (tujuh) hari tidak didapati adanya hewan uji mencit yang mati. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan Uji Toksikologi LD50 *fly ash* PLTU asam-asam tidaklah memiliki sifat toksisitas akut. Sehingga dapat dikatakan bahwa *fly ash* PLTU asam-asam tidak membahayakan lingkungan, kelangsungan hidup dan kesehatan makhluk hidup.



Gambar 1. Pemberian Sampel Secara Oral Kedalam Tubuh Hewan Uji Mencit

3.3. Hasil Uji Kuat Tekan Sampel dengan *fly ash* PLTU Asam-Asam

Pada penelitian ini, telah dilakukan pengujian kuat tekan terhadap 29 sembilan sampel. Sampel tersebut terdiri dari 3 jenis sampel batako yaitu sampel BK 1, BK 2 dan BK 3 yang masing-masing terdiri dari

3 sampel. Sedangkan untuk batako, terdiri dari 5 jenis sampel batako yaitu sampel BT 1, BT 2, BT 3, dan BT 4, yang masing-masing terdiri dari 5 sampel. Adapun asil pengujian kuat tekan sampel Batako dan Beton dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Batako

No	Jenis Sampel	Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekanan (Mpa)	Kuat Tekanan Rata-Rata (Mpa)
1	Batako Normal	BK 1 - 1	28	2.344	2.355
		BK 1 - 2	28	2.344	
		BK 1 - 3	28	2.378	
2	Batako dengan 20% <i>fly ash</i>	BK 2 - 1	28	2.213	2.320
		BK 2 - 2	28	2.529	
		BK 2 - 3	28	2.219	
3	Batako dengan 40% <i>fly ash</i>	BK 3 - 1	28	2,207	2.438
		BK 3 - 2	28	2,976	
		BK 3 - 3	28	2,130	

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Beton

No	Jenis Sampel	Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekanan (Mpa)	Kuat Tekanan Rata-Rata (Mpa)
1	Beton Normal	BT 1 - 1	28	19.995	18.662
		BT 1 - 2	28	20.550	
		BT 1 - 3	28	14.441	
		BT 1 - 4	28	17.773	
		BT 1 - 5	28	20.550	
2	Batako dengan 30% <i>fly ash</i>	BT 2 - 1	28	14.441	13.885
		BT 2 - 2	28	13.330	
		BT 2 - 3	28	13.330	
		BT 2 - 4	28	12.775	
		BT 2 - 5	28	15.552	
3	Batako dengan 40% <i>fly ash</i>	BT 3 - 1	28	12.775	11.886
		BT 3 - 2	28	12.219	
		BT 3 - 3	28	12.219	
		BT 3 - 4	28	11.108	
		BT 3 - 5	28	11.108	
4	Batako dengan tambahan 20% <i>fly ash</i>	BT 3 - 1	28	22.217	21.661
		BT 3 - 2	28	23.883	
		BT 3 - 3	28	19.995	
		BT 3 - 4	28	19.439	
		BT 3 - 5	28	22.772	

Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa dengan menggunakan rasio penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 40% dapat meningkatkan kekuatan batako sebesar 3,5%. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat direkomendasikan

pembuatan batako dengan penggantian bahan semen oleh *fly ash* sebesar 40%. Pengurangan jumlah semen yang cukup signifikan tersebut tentunya dapat membuat ketergantungan dunia konstruksi akan semen menjadi

berkurang. Selain itu juga dapat menghasilkan produksi batako yang lebih berkualitas.

Adapun Tabel 3 memperlihatkan bahwa dengan menggunakan rasio penambahan *fly ash* sebesar 20% dapat meningkatkan kekuatan beton sebesar 16%. Akan tetapi, penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 30% dan 40% malah mengakibatkan penurunan kekuatan beton masing-masing sebesar 25% dan 36%. Terjadinya penurunan kekuatan ini dimungkinkan karena pada umur 28 tahun reaksi pozzolan dari *fly ash* belum terjadi sehingga kekuatan beton belum maksimal. Reaksi pozzolan dari *fly ash* memang terjadi sangat lambat. Salah satu penyebabnya adalah karena untuk terciptanya reaksi pozzolan dari *fly ash* memerlukan bahan bakar berupa Kalsium Hidroksida (CH) yang merupakan hasil proses kimia dari semen dan air. Sehingga *fly ash* baru akan bereaksi dan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton apabila sudah terdapat CH yang cukup banyak dalam matriks beton.

Berdasarkan hasil yang didapat, maka terdapat beberapa hal yang dapat diambil sebagai rekomendasi. Pertama, untuk memanfaatkan *fly ash* sebagai material konstruksi pembuatan beton, maka yang paling bagus adalah dengan menambahkan *fly ash* bukan menggantikan sebagian semen dengan *fly ash*. Kedua, apabila ingin digunakan sebagai pengganti semen, maka perlu diperhitungkan bahwa bisa terjadi kekuatan yang dihasilkan pada umur beton 28 hari hanya mencapai 65 s.d 75% dari kekuatan rencana. Ketiga, perlu dilakukan uji kuat tekan beton untuk umur sampel hingga 56 bahkan hingga 180 hari.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap abu batubara PLTU asam-asam, ada beberapa point kajian yang dapat diambil sebagai kesimpulan potensi pengembangan pemanfaatan abu batubara PLTU Asam-Asam pada daerah rawa. Berdasarkan analisa kandungan kimia dari sampel abu batubara PLTU asam-asam menunjukkan bahwa sampel ini dapat dikategorikan sebagai abu batubara kelas C. Untuk pemanfaatan sebagai

bahan konstruksi, abu batubara kelas C memang tidak sebagus abu batubara kelas F. Adapun secara uji potensi toksisitas, abu batubara PLTU Asam-Asam relatif aman untuk digunakan sebagai bahan konstruksi. Akan tetapi, agar lebih memberikan rasa aman, abu batubara dapat saja dimanfaatkan sebagai material konstruksi komposit yang padat seperti batako ataupun beton.

Untuk hasil pengujian kuat tekan batako, dengan menggunakan rasio penggantian semen oleh *fly ash* sebesar 40% dapat meningkatkan kekuatan batako sebesar 3,5%. Sedangkan untuk hasil pengujian kuat tekan beton, penambahan *fly ash* sebesar 20% dapat meningkatkan kekuatan beton sebesar 16%. Dari hasil tersebut, abu batubara PLTU Asam-Asam dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran untuk pembuatan batako dan beton.

Berdasarkan dari hasil pengujian yang didapatkan, dapat diberikan rekomendasi pemanfaatan abu batubara PLTU asam-asam yaitu sebagai bahan campuran untuk pembuatan batako dan beton. Sebagai tambahan, apabila ingin digunakan sebagai pengganti semen, maka perlu diperhitungkan bahwa bisa terjadi kekuatan yang dihasilkan pada umur beton 28 hari hanya mencapai 65 s.d 75% dari kekuatan rencana. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan uji kuat tekan beton untuk umur sampel hingga 56 bahkan hingga 180 hari. Hal ini dikarenakan pada umur 28 tahun reaksi pozzolan dari *fly ash* belum terjadi sehingga kekuatan beton belum maksimal.

DAFTAR RUJUKAN

Cullen, J, T, and M, T Maldonado. n.d. "Chapter 2 Biogeochemistry of Cadmium and Its Release to the Environment. Cadmium: From Toxicity to Essentiality." In *Biogeochemistry of Cadmium and Its Release to the Environment*, by Sigel A, Sigel H and K, O, Sigel R. Springer.

- Dutta, Binay, K, Swapan Khanra, and Durjoy Mallick. 2009. "Leaching of Elements from Coal Fly Ash: Assessment of its Potential for Use in Filling Abandoned Coal Mines." *Fuel* 1314-1323.
- Junaidi. 2008. "Analisis Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Desa Senggoro Terhadap Perilaku Daya Dukung Tanah." *Seminar NASional Industri dan Teknologi*. Bengkalis.
- Liu, Henry. 2007. *Use of Fly Ash to Make Bricks, Question and Answer*.
- Mursadin, Aqli, Irfan Prasetya, and Nopi Stiyati Prihatini. 2015. *Uji Karakteristik Abu Batubara PLTU Asam-Asam Sebagai Material Konstruksi*. Research Grant, Banjarmasin: Prodi Magister Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat.
- Prasetya, Irfan, and Nopi Stiyati Prihatini. 2015. *Uji Toksisitas Abu Batubara PLTU Asam-Asam Sebagai Material Konstruksi*. Research Grant, Banjarmasin: Prodi Magister Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat.
- Pujianto, As'at. 2010. "Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambahan Superplastisizer dan Fly Ash." *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* 13 (2): 171-180.
- Refnita, Gifyul, Zamzibar Zuki, and Yulizar Yusuf. 2012. "Pengaruh Penambahan Abu Terbang (fly ash) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Tipe PCC Serta Analisa Air Laut yang digunakan untuk Perendaman." *Jurnal Kimia Unad* 1 (1).
- Suarnita, I, Wayan. 2011. "KUAT TEKAN BETON DENGAN ADITIF FLY ASH EX. PLTU MPANAU TAVAELI." *Jurnal SMARTek* 1-10.
- Wardani, Sri Prabandiani Retno. 2008. "Pemanfaatan Limbah Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan." Pidato Pengukuhan Pada Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar Pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yanuar, Khairil, and Umar. 2013. "Pemanfaatan Limbah Abu Terbang PLTU Asam – Asam Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Pembuatan Beton Struktur Ditinjau Dari Efisiensi Biaya." *Jurnal INTEKNA* 104-108.