



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat Jalan Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70714
Telepon/Fax. : (0511) 4773858
Laman : <http://www.ft.ulm.ac.id>

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
Nomor: 220/UN8.1.31/KPT/2019

TENTANG
PENETAPAN HASIL SELEKSI PROPOSAL HIBAH PENELITIAN PROGRAM STUDI
MAGISTER TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK ULM
TAHUN 2019

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

- Menimbang : a. bahwa dalam rangka peningkatan kuantitas dan kualitas penelitian di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tahun 2019 diperlukan proses seleksi berdasarkan *desk evaluation* terhadap proposal yang diajukan;
- b. bahwa untuk keperluan tersebut perlu ditetapkan dan diterbitkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tentang penetapan hasil seleksi proposal hibah penelitian Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tahun 2019.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang Undang RI No 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
4. Permenristekdikti Nomor 44 Tahun 2015, tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
5. Permenristekdikti Nomor 43 Tahun 2016 tentang Statuta ULM;
6. Permenristekdikti nomor 11 Tahun 2018 Perubahan
7. Permenristekdikti No. 42 Tahun 2015 tentang OTK ULM
8. Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2019;
9. Rencana Induk Penelitian Universitas Lambung Mangkurat 2016-2020;
10. Keputusan Rektor ULM No.1329/UN8/KP/2018 tanggal 12 Nopember 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik ULM Periode 2018 - 2022.
11. Surat Keputusan Rektor Universitas Lambung Mangkurat Nomor 021/UN8/KU/2019 tanggal 2 Januari 2019 tentang Pelimpahan Wewenang Kepada Pejabat Tertentu Penandatanganan Surat Keputusan dan Surat Tugas Perjalanan Dinas Dalam Rangka Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara di Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat Anggaran 2019
12. Surat Pengesahan DIPA tahun 2019 Nomor SP DIPA-042.01.2.400957/2019 Tanggal 05 Desember 2018;
- Memperhatikan : 1. Hasil seleksi desk evaluation Proposal Hibah Penelitian Program Studi Magister Teknik Sipil yang diajukan Dosen di Lingkungan Fakultas Teknik oleh Reviewer tanggal 10 April 2019; dan
2. Berita Acara Penetapan Hasil Penelitian Hibah Penelitian Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tahun 2019 tanggal 10 April 2019.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat Jalan Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70714
Telepon/Fax. : (0511) 4773858
Laman : <http://www.ft.ulm.ac.id>

3. Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Nomor 097/UN8.1.31/KU/2019 tanggal 18 Februari 2019 Tentang Penetapan Besaran Maksimum Bantuan Dana Operasional Kegiatan Honorarium dan Konsumsi Kegiatan di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Nomor 169/UN8.1.31/SPU/2019 tanggal 18 Maret 2019 Tentang Tim Reviewer Hibah Penelitian Tahun 2019 Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : **PENETAPAN HASIL SELEKSI PROPOSAL HIBAH PENELITIAN PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT TAHUN 2019.**
- Pertama : Nama-nama yang tercantum dalam lampiran surat keputusan ini dinyatakan mendapat pendanaan Penelitian Unggulan Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tahun 2019.
- Kedua : Segala biaya yang dikeluarkan akibat diterbitkannya Surat Keputusan ini, dibebankan pada dana DIPA-PNBP Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Tahun 2019.
- Ketiga : Surat Keputusan ini berlaku terhitung mulai tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Banjarbaru
Pada tanggal : 22 April 2019

Dekan,

Dr. Bari Noor Muchamad, ST., MT
NIP 197204301997031003

Tembusan disampaikan kepada Yth:

1. Rektor ULM sebagai laporan;
2. Ketua LPPM ULM
3. Arsip.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat Jalan Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70714
Telepon/Fax. : (0511) 4773858
Laman : <http://www.ft.ulm.ac.id>

LAMPIRAN
KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK ULM
NOMOR : 220/UN8.1.31/KPT/2019
TANGGAL 22 APRIL 2019
TENTANG
HASIL SELEKSI PROPOSAL HIBAH PENELITIAN
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK ULM TAHUN 2019

No.	Ketua Peneliti	Judul	Dana Disetujui (Rp)
1.	Dr. Ir. Achmad Rusdiansyah, M.T Ahdianoor F	Kajian Model Hidrodinamika Pola Gerakan Arus Di Sungai Lokasi Jembatan Martapura Kalimantan Selatan	20,000,000
2.	Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D.	Keefektifan Manajemen Konstruksi Dalam Menekan Jenis-Jenis Pemborosan Konstruksi	20,000,000
3.	Dr.-Ing. Puguh Budi Prakoso, M.Sc. Najmi Fahrina	Analisis Pengaruh Jarak dan Biaya Perjalanan Terhadap Pemilihan Moda Antara Kendaraan Pribadi dan Transportasi Online di Kota Banjarbaru dan Banjarmasin	20,000,000
4.	Dr. Iphan Fitriani Radam, S.T.,M.T.	Identifikasi Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Kecelakaan Lalu Lintas	20,000,000
5.	Dr. Rusdiansyah, S.T.,M.T.	Pengaruh Siklus Pembasahan dan Pengeringan Terhadap Kuat Geser Sisa (Residual Strength) Dari Lereng Tanah Laterit Kalimantan Selatan	20,000,000
6.	Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T.,M.Eng Lo'ong Syeh Daniel Yasmira Syifa	Sifat Reologi Grout Mortar Dengan Variasi C/S dan W/C Ratio Serta Komposisi Admixture Untuk Metode Beton Praletak	20,000,000
7.	Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, M.T. Dony Herwandi	Pondasi Strauss Pile Sebagai Alternatif Pengganti Tiang Galam Pada Tanah Lempung Lunak	20,000,000
8.	Dr. Hutagamissufardal, S.T.,M.T. Ir. Adriani, M.T.	Analisis Faktor Aman Lereng Akibat Perubahan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Internal Kondisi Retak	20,000,000
9.	Dr. Rony Riduan, S.T., M.T.	Pemodelan Distribusi Tekanan Dan Sisa Klor Bebas Pada Jaringan Pipa Distribusi PA II Pramuka PDAM Bandarmasih	20,000,000
10.	Dr. Ir. Henry Wardhana, M.T. Dr. Dra.Ninis Hadi Haryanti, MS.	Variasi Komposisi Serat Purun Tikus (Eleocharis Dulcis) Dan Waktu Perendaman KMnO4 Terhadap Sifat Fisik Komposit Papan Semen	20,000,000
11.	Dr. Eng. Irfan Prasetia, S.T.,M.T. Rusdiyanur, S.T. Indra Tri Wicaksono, S.T. Muhammad Syauqi	Karakteristik Abu Batubara PLTU di Kalimantan	20,000,000



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat Jalan Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70714

Telepon/Fax. : (0511) 4773858

Laman : <http://www.ft.ulm.ac.id>

12.	Dr. Mahmud, S.T.,M.T. Melda Riyanti Nahan, S.T.	Evaluasi Perubahan Kualitas Air dan Tanah Pada DIR Tahai Kecamatan Maluku Kabupaten Kapuas	20,000,000
13.	Dr. Ir. Rustam Effendi, M.A.Sc Ainun Jariah, S.T. M. Afief Ma'ruf, S.T., M.T.	Pengaruh Tebal Sampel terhadap Parameter Konsolidasi Lempung Banjarmasin: Pengujian Konsolidasi dengan Oedometer	20,000,000

Ditetapkan di : Banjarbaru
Dekan,



Dr. Bahi Noor Muchamad, ST., MT
NIP 197204301997031003

Bidang Unggulan : Material Beton

Kode>Nama Rumpun: 410/ Ilmu Teknik

LAPORAN PENELITIAN

KARAKTERISTIK ABU BATUBARA PLTU DI KALIMANTAN



PENELITI

Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.	0026108501
Rusdianur, S.T.	1620828310040
Indra Tri Wicaksono, S.T.	1720828310021
Muhammad Syauqi	H1A115061

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
OKTOBER 2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**LAPORAN PENELITIAN PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK ULM**

Judul Penelitian : Karakteristik Abu Batubara PLTU di Kalimantan
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 410/Illmu Teknik
Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.
b. NIDN : 0026108501
c. Jabatan Fungsional : Dosen/ Lektor
d. Program Studi : Teknik sipil
e. No Hp : 08115017165
f. E-mail : iprasetya@ulm.ac.id
Lama Penelitian Keseluruhan : 6 (enam) bulan
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 20.000.000,-
Biaya Tahun Berjalan : - Diusulkan ke DIKTI Rp.-
- Dana internal PT Rp. 20.000.000,-
- *Inkind*

Banjarmasin, Oktober 2019

Menyetujui,
Dekan

Dr. Bam Noor Mochamad, S.T., M.T.
NIP. 19720430 199703 1 003

Ketua Peneliti,

Dr. Eng Irfan Prasetya, ST. MT
NIP. 19851026 200812 1 001

Ketua Lembaga Penelitian dan
Pengabdian Kepada Masyarakat,

Prof. Dr. Ir. Darang Biyatmoko, M.Si
NIP. 19680507 199303 1 020

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister
Teknik Sipil,

Dr. Mahmud, S.T., M.T
NIP. 19740107 199802 1 001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
RINGKASAN.....	iv
BAB I PENDAHULUAN	5
1.1 Latar Belakang.....	5
1.2 Perumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Luaran dan Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Karakteristik Fly Ash.....	8
2.1.1 Pengelompokan.....	8
2.1.2 Sifat Kimia dan <i>Fly Ash</i>	9
2.2 Persyaratan Campuran Beton.....	10
2.3 Semen.....	10
2.4 Air	11
2.5 Agregat.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Investigasi Karakteristik Fly Ash	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Bagan Alur Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Hasil Uji Karakteristik Fisik Fly Ash	17
4.1.1 Hasil Uji Specific Gravity dan Water Absorption.....	17
4.1.2 Hasil Uji Kadar Air	18
4.1.3 Analisis Saringan	19
4.2 Hasil Uji Karakteristik Kandungan Kimia Fly Ash.....	22
4.3 Hasil Uji Strength Activity Index Fly Ash	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	29

RINGKASAN

Kalimantan, sebagai salah satu daerah yang kaya akan batu bara, memiliki setidaknya 14 unit pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang dikelola baik oleh PLN maupun pihak swasta. Dengan semakin maraknya pembangunan pembangkit listrik tersebut memang memberikan dampak yang positif bagi masyarakat. Dengan bertambahnya kapasitas pembangkit listrik, maka semakin banyak rumah-rumah penduduk yang dapat dialiri listrik. Akan tetapi, selain dampak positif yang dihasilkan, pembangkit listrik tersebut, khususnya pembangkit listrik berbahan bakar fosil, juga memunculkan masalah lain. Masalah yang muncul dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil adalah limbah abu pembakaran batu bara, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Dilihat dari potensi yang dimiliki abu batubara dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil, maka hal ini dirasakan menjadi sebuah solusi yang efektif yang saling menguntungkan dari segi pengelolaan limbah abu batubara di Kalimantan. Akan tetapi, potensi pemanfaatan abu batubara (yang selanjutnya disebut dengan *fly ash*) PLTU belumlah dapat diketahui sepenuhnya. Hal ini dikarenakan masih kurangnya penelitian yang dilakukan terhadap karakteristik dan kandungan kimia yang terdapat didalam *fly ash* tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian mengenai karakteristik *fly ash* yang merupakan limbah pembakaran batubara di beberapa PLTU Kalimantan dirasa sangat perlu untuk dilakukan. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan rekomendasi pemanfaatan *fly ash* yang tidak hanya dapat memberikan solusi bagi manajemen pengelolaan limbah *fly ash*, tetapi juga dapat memberikan solusi masalah lingkungan yang ada.

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap *fly ash* PLTU Kalimantan, terdapat beberapa point penting yang dapat kita ambil sebagai kesimpulan. Secara visual ukuran dan warna butiran *fly ash* Asam-Asam, Pulang Pisau dan Embalut dapat dibedakan dengan jelas. Dari uji Specific Gravity diketahui Specific Gravity untuk *fly ash* Asam-Asam, Pulang Pisau dan Embalut adalah relatif sama yaitu berkisar antara 2,3 s/d 3,1. Sedangkan untuk prosentase water absorption dan kadar air, *fly ash* Asam-Asam memiliki prosentase water absorption yang lebih tinggi yaitu sekitar 8% dan 4%.

Berdasarkan gradasi analisis saringan, ketiga sampel *fly ash* PLTU Asam-Asam dapat dikategorikan sebagai material bergradasi senjang yang dapat dikelompokkan kedalam ukuran butiran pasir sedang untuk *fly ash* PLTU Embalut, ukuran butiran pasir agak halus untuk *fly ash* PLTU asam-asam serta ukuran butiran pasir halus untuk *fly ash* PLTU Pulang Pisau. Adapun hasil analisis kandungan kimia dari sampel *fly ash* PLTU Kalimantan menunjukkan bahwa ketiga sampel ini dapat dikategorikan sebagai *fly ash* kelas C. sedangkan, hasil pengujian analisis Strength Activity Index (SAI) menunjukkan bahwa hanya sampel *fly ash* PLTU Asam-Asam yang memiliki nilai SAI > 75%. Dari hasil ini, dapat direkomendasikan bahwa *fly ash* Asam-Asam dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, sedangkan *fly ash* Pulang Pisau dan Embalut dapat digunakan sebagai bahan filler.

Kata kunci: abu batubara, PLTU Kalimantan, Karakteristik abu batubara

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kebutuhan akan energi listrik di Indonesia pada umumnya dan Kalimantan pada khususnya yang terus meningkat tiap tahunnya, maka Perusahaan Listrik Negara (PLN) juga terus berbenah meningkatkan sumber-sumber pasokan energi listrik bagi masyarakat. Dari kurun waktu 5 tahun, PLN telah meningkatkan jumlah kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik dari 45.253,47 MW ditahun 2012 menjadi 60.789,98 MW ditahun 2017 (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2018). Dari data tersebut, terlihat bahwa yang mendominasi adalah pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil, khususnya batubara. Tercatat hingga tahun 2017, diseluruh Indonesia terdapat sebanyak 104 unit pembangkit listrik berbahan bakar fosil dengan kapasitas total sebesar 15.100 MW (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2018).

Kalimantan, sebagai salah satu daerah yang kaya akan batu bara, memiliki setidaknya 14 unit pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang dikelola baik oleh PLN maupun pihak swasta. Pembangkit listrik yang dikelola oleh PLN diantaranya adalah PLTU Embalut di Kalimantan Timur dengan kapasitas total 3 unit 110 MW, PLTU Asam-Asam di Kalimantan Selatan dengan kapasitas total 4 unit 260 MW, PLTU Pulang Pisau di Kalimantan Tengah dengan kapasitas total 2 unit 120 MW, dan PLTU di Kalimantan Barat dengan kapasitas total 4 unit 150 MW. Selain PLTU tersebut terdapat pula unit yang masih direncanakan akan dikembangkan dan PLTU yang dikelola oleh swasta.

Dengan semakin maraknya pembangunan pembangkit listrik tersebut memang memberikan dampak yang positif bagi masyarakat. Dengan bertambahnya kapasitas pembangkit listrik, maka semakin banyak rumah-rumah penduduk yang dapat dialiri listrik. Akan tetapi, selain dampak positif yang dihasilkan, pembangkit listrik tersebut, khususnya pembangkit listrik berbahan bakar fosil, juga memunculkan masalah lain. Masalah yang muncul dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil adalah limbah abu pembakaran batu bara, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Sebagai contoh, PLTU Asam-Asam menghasilkan setidaknya 26.400 tons abu batu bara setiap

tahunnya (Yanuar & Umar, 2015). Hal ini mengakibatkan pihak PLTU asam-asam mengalami kesulitan dalam hal pengelolaan limbah tersebut.

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. Selain itu, karena terdapat kandungan oksida logam berat yang dapat mencemari lingkungan, abu batubara juga dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sesuai PP No.101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Maka diperlukan penanganan khusus agar limbah abu batubara ini tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Abu batubara (baik *fly ash* maupun *bottom ash*) telah banyak diteliti untuk dapat dimanfaatkan dalam dunia konstruksi maupun pertanian. Penelitian-penelitian tersebut bertujuan untuk mengurangi penumpukan abu batubara di landfill dan menjadikannya suatu produk yang memiliki nilai manfaat yang tinggi serta berwawasan lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatan abu batubara yang berhasil dilakukan ialah pemanfaatan abu batubara sebagai bahan konstruksi (Prasetya, Ma'ruf, & Riswan, 2016), portland pozzolanic cement, campuran pupuk tanaman, dll.

Dilihat dari potensi yang dimiliki abu batubara dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil, maka hal ini dirasakan menjadi sebuah solusi yang efektif yang saling menguntungkan dari segi pengelolaan limbah abu batubara di Kalimantan. 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.

Akan tetapi, potensi pemanfaatan abu batubara PLTU belumlah dapat diketahui sepenuhnya. Hal ini dikarenakan masih kurangnya penelitian yang dilakukan terhadap karakteristik dan kandungan kimia yang terdapat didalam abu batu bara tersebut. Padahal hal ini sangatlah penting untuk mengetahui potensi yang dimiliki abu batubara. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian mengenai karakteristik abu batubara yang merupakan limbah pembakaran batubara di beberapa PLTU Kalimantan 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, tetapi juga dapat memberikan solusi masalah lingkungan yang ada.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan. Apakah abu batubara tersebut dapat digunakan sebagai material/bahan konstruksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dicapai adalah mengetahui karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan dan dapat merekomendasikan pemanfaatan abu batubara sebagai material/bahan konstruksi.

1.4 Luaran dan Manfaat Penelitian

Adapun luaran dan manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Informasi penting mengenai karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan.
- 2) Rekomendasi pemanfaatan abu batubara sebagai material/bahan konstruksi.
- 3) Artikel ilmiah yang akan diterbitkan pada seminar atau jurnal ilmiah berskala nasional atau internasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Fly Ash

Fly ash atau abu terbang dari abu batubara terutama terdiri atas senyawa *silicate glass* yang mengandung silika (Si), alumina (Al), ferrum (Fe), dan kalsium (Ca). Kandungan kecil senyawa lain yang terdapat dalam *fly ash* adalah magnesium (Mg), sulfur (S), sodium (Na), potassium (P), dan karbon (C). Kandungan bahan berbahaya yang ada dalam *fly ash* antara lain : arsenic, berilium, boron, cadmium, chromium, cobalt, lead, mangan, merkuri, selenium, strontium, thallium, vanadium, juga mengandung dioksin dan senyawa PAH (*polycyclic aromatic hydrocarbon*). *Fly ash* umumnya terdiri dari partikel solid yang berbentuk bulat, dan sebagian adalah partikel bulat berongga serta partikel bulat yang berisi partikel-partikel bulat lain yang lebih kecil.

Ukuran partikel *fly ash* bervariasi mulai yang lebih kecil dari 1 μm (micrometer) sampai yang lebih besar dari 100 μm (beberapa literatur menyebutkan ukuran 0,5 μm - 300 μm), dengan sebagian besar partikel berukuran kurang dari 20 μm . Umumnya hanya sekitar 10% sampai 30% ukuran partikel flyash lebih besar dari 50 μm . Luas permukaan fly ash umumnya berkisar 300 m^2/kg - 500 m^2/kg fly ash, dengan batas bawah 200 m^2/kg dan batas atas 700 m^2/kg . Specific Gravity (Gs) fly ash bervariasi, ada beberapa institusi yang memberikan rentang nilai *specific gravity*, rentang terbesar yang diberikan dari institusi-institusi tersebut adalah antara 1,6 - 3,1. Pada umumnya *specific gravity material fly ash* berkisar antara 1,9-2,55. Massa jenis fly ash dalam kondisi *loose* berkisar 540 - 860 kg/m^3 , dan dalam kondisi dipadatkan dengan penggetaran dalam kemasan pada umumnya mempunyai massa jenis 1.120 - 1.500 kg/m^3 .

2.1.1 Pengelompokan

Penggolongan fly ash pada umumnya dilakukan dengan memperhatikan kadar senyawa kimiawi ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), kadar CaO (*high calcium dan low calcium*), dan kadar karbon (*high carbon dan low carbon*). Kandungan karbon berpengaruh pada Loss on Ignition, yang ditetapkan LOI tidak boleh lebih dari 6% (fly ash kelas F dan C)

atau 10 % (fly ash kelas N). *Canadian Standard CSA A-23.5* mengatur kadar CaO dalam fly ash yang diperbolehkan dan pengklasifikasiannya yaitu :

1. Type F memiliki kadar CaO < 8%
2. Type CI memiliki kadar CaO 8-20%
3. Type CH memiliki kadar CaO > 20%

Penggunaan *fly ash* dalam berbagai kebutuhan konstruksi didasari oleh pertimbangan seperti Teknis manfaat yang diperoleh dari sifat dan properti/karakter material *fly ash*, Lingkungan (memanfaatkan limbah untuk kepentingan yang berguna), dan Ekonomi (menghasilkan beton yang lebih murah).

2.1.2 Sifat Kimia dan *Fly Ash*

Seperti yang dijelaskan diatas, komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina, (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium (CaO) dan sisanya adalah magnesium, potasium, sodium, titanium dan belerang dalam jumlah yang sedikit. Tabel 2.1 memperlihatkan komposisi kimia salah satu jenis abu terbang batubara.

Tabel 2.1 Komposisi kimia abu terbang batubara Komponen

Komponen	Bituminous	Sub Bituminous	Lignite
SiO_2	20 - 60 %	40 - 60 %	15 - 45 %
Al_2O_3	5 - 35 %	20 - 30 %	10 - 25 %
Fe_2O_3	10 - 40 %	4 - 10 %	4 - 15 %
CaO	1 - 12 %	5 - 30 %	15 - 40 %
MgO	0 - 5 %	1 - 6 %	3 - 10 %
SO_3	0 - 4 %	0 - 2 %	0 - 10 %
Na_2O	0 - 4 %	0 - 2 %	0 - 6 %
K_2O	0 - 3 %	0 - 4 %	0 - 4 %
LOI	0 - 15 %	0 - 3 %	0 - 5 %

Sumber: (Mulyono, 2003)

Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan subbituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak dari pada jenis bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit dari pada bituminous. Kandungan karbon dalam abu terbang diukur dengan menggunakan Loss Of Ignition Method (LOI), yaitu suatu keadaan hilangnya potensi nyala dari abu terbang batubara.

2.2 Persyaratan Campuran Beton

Berdasarkan SNI Nomor 03-2834 tahun 2000 tentang “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal”, persyaratan umum yang harus dipenuhi pada perencanaan campuran beton yaitu:

1. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen)
2. Keawetan
3. Kuat tekan, dan
4. Ekonomis.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton harus mengikuti persyaratan berikut:

1. Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah.
2. Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

Selain itu, dalam perencanaan campuran beton harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton;
2. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

2.3 Semen

Jenis atau tipe semen yang dijual dipasaran sangatlah bervariasi. Oleh karena itu, perlu diketahui tipe semen yang telah distandarisasi di Indonesia. Menurut SNI 03-2834-2000, jenis semen terdiri dari:

1. Semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.

3. Semen Portland tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe V adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.
5. Semen Portland-pozolan adalah campuran semen Portland dengan pozolan antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozolan minimum 70%.

Sifat kimia dari semen portland sangat rumit, dan belum dimengerti sepenuhnya. Hampir dari dua pertiga bagian semen merupakan zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur yang berlebihan biasanya kurang baik untuk semen karena akan menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah terjadi reaksi pengikatan. Kadar kapur yang komposisinya pas dan tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Sedangkan kekurangan zat kapur akan menghasilkan semen yang lemah. (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1999). Dalam semen pada dasarnya ada 4 senyawa penting, yaitu:

- a) Trikalsium silikat (C_3S)
- b) Dikalsium silikat (C_2S)
- c) Trikalsium aluminat (C_3A)
- d) Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF)

Adapun Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut:



Kalsium silikat dengan air akan terhidrolisa kalsium silikat hidrat yang berupa padatan berongga yang sering disebut tobermorite gel dan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau kapur bebas yang merupakan sisa reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air.

2.4 Air

Air harus ada didalam beton cair tidak saja berguna untuk proses hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betoonnya menjadi lecah (workable). Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya bila dipakai dalam campuran beton akan

memungkinkan untuk menurunkan kualitas beton dan mengganggu proses pengerasan dan ketahanan beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2003). Berdasarkan aturan SNI 03-2847-2002 terdapat aturan air sebagai bahan campuran dalam membuat beton. Persyaratan tersebut sebagai berikut:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

2.5 Agregat

Pada dasarnya beton tidak akan terbentuk tanpa adanya campuran agregat. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi sekali yaitu berkisar 60% sampai dengan 70% dari berat campuran beton. Sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi kualitas beton yang akan dihasilkan. Selain sebagai pengisi, agregat memiliki fungsi lain yaitu sebagai penentu sifat mortar atau mutu beton yang akan dihasilkan.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat batuan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*british standard*) atau 4.75 mm (*Standar ASTM*). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari

4.80 mm (4.75 mm), dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm).

SK SNI S 04 1989 F tentang “Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam)” menyebutkan syarat mutu suatu agregat. Adapun syarat mutu tersebut adalah sebagai berikut:

1. Agregat Halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4.
- g. Tidak boleh mengandung garam.

2. Agregat Kasar (Kerikil) :

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,50.
- g. Tidak boleh mengandung garam.

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian untuk mendapatkan karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan dilakukan dalam skala penelitian laboratorium. Hasil ini diharapkan dapat memberikan gambaran potensi pemanfaatan abu batubara PLTU Kalimantan yang tidak hanya dapat digunakan untuk perbaikan lingkungan tetapi juga dapat meningkatkan ekonomi masyarakat dalam bentuk hasil olahan industri rumahan berbahan dasar abu batubara seperti batako press dan lainnya.

3.1 Investigasi Karakteristik Fly Ash

Investigasi karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan akan dilakukan dalam skala laboratorium dengan bahan utama yaitu abu batubara yang dihasilkan dari 3 PLTU yang ada di Kalimantan yaitu PLTU Asam-Asam, PLTU Embalut dan PLTU Pulang Pisau. Adapun penelitian karakteristik abu batubara yang akan dilakukan meliputi karakteristik dasar dari abu batubara seperti betuk dan sifat fisik serta kandungan kimia dari abu batubara.

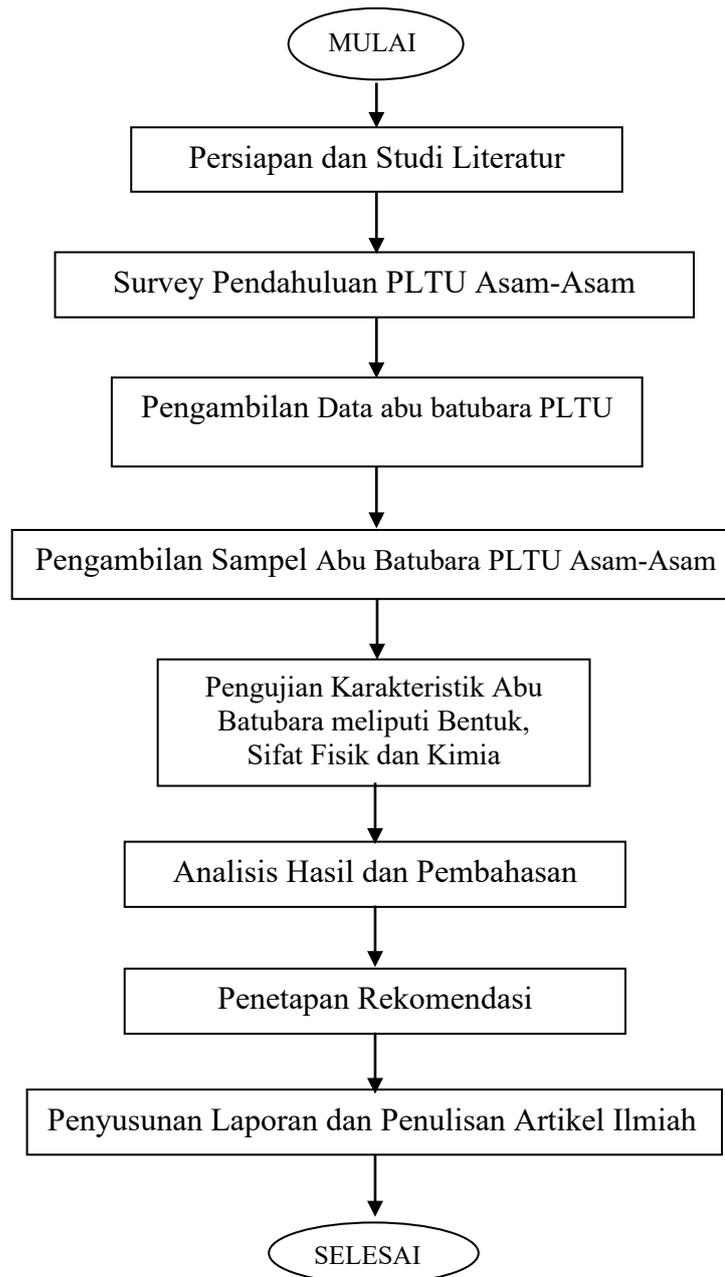
Pengujian betuk dan sifat fisik abu batubara akan dilakukan didalam laboratorium. Tujuan dari pengujian ini diantaranya adalah untuk mendapatkan bentuk, ukuran, kerapatan (density), luas area spesifik, massa jenis (specific gravity), dan komposisi mineral partikel abu batubara. Selain betuk dan sifat fisik abu batubara, kandungan kimia abu batubara juga berperan penting dalam menentukan kualitas dari abu batubara. Adapun kandungan kimia utama dalam abu batubara secara umum adalah Silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), Besi oksida (Fe_2O_3), kalsium oksida (CaO), dan magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan Karbon. Analisis kandungan kimia didalam abu batubara akan dilakukan dengan menggunakan alat seperti XRD dan XRF.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk investigasi karakteristik abu batubara PLTU di Kalimantan diantaranya mesin XRD, dan XRF. Sedangkan untuk bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel abu batubara dari 3 PLTU yang ada di Kalimantan.

3.3 Bagan Alur Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama 6 bulan dengan target mendapatkan karakteristik abu batubara PLTU yang dibutuhkan dalam menentukan rekomendasi pemanfaatan abu batubara. Penelitian dimulai dari kegiatan persiapan dan studi literatur hingga penetapan rekomendasi pemanfaatan, penyusunan laporan akhir dan penulisan artikel ilmiah. Adapun prosedur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik abu batubara PLTU difokuskan pada 3 (tiga) sumber PLTU terbesar di Kalimantan PLTU Embalut di Kalimantan Timur, PLTU Asam-Asam di Kalimantan Selatan dan PLTU Pulang Pisau di Kalimantan Tengah. Adapun karakteristik abu batubara yang dianalisis adalah sifat fisik dan kandungan kimia abu batubara PLTU. Dalam melakukan pengujian karakteristik abu batubara PLTU asam-asam, sampel yang diujikan adalah abu terbang batubara (*fly ash*). Gambar 4.1 menunjukkan sampel *fly ash* dari ketiga sumber PLTU yang disebutkan diatas.



Gambar 4.1 Sampel abu batubara a) PLTU asam-asam, b) PLTU Pulang Pisau dan c) PLTU Embalut

Secara visual, ukuran dan kehalusan butir dan ketiga jenis *fly ash* tampak tidak berbeda. Akan tetapi terlihat bahwa perbedaan warna ketiga jenis *fly ash* ini cukup signifikan. *Fly ash* dari PLTU Asam-Asam berwarna hitam, sedangkan warna dari *Fly*

ash PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut berwarna coklat terang dan gelap. Hal ini mungkin diakibatkan oleh jenis batubara dan sistem pembakaran yang berbeda pada ketiga PLTU tersebut.

Tidak semua pengujian sampel dilakukan di Laboratorium struktur dan material Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat (LSM FT ULM), dikarenakan keterbatasan alat yang dimiliki. Akan tetapi, sebagian besar pengujian karakteristik fisik abu batubara masih dapat dilakukan di lab LSM FT ULM. Adapun untuk pengujian kandungan kimia abu batubara PLTU Asam-Asam dan PLTU Pulang Pisau didapatkan dari data yang dimiliki PLTU Asam-Asam. Sedangkan untuk pengujian kandungan kimia abu batubara PLTU Embalut dilakukan di Lab Sucofindo.

4.1 Hasil Uji Karakteristik Fisik Fly Ash

Untuk mengetahui karakteristik fisik abu batubara PLTU Kalimantan, terdapat beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium yaitu pengujian Specific Gravity dan Water Absorption, Kadar Air dan Analisis Saringan. Semua pengujian karakteristik fisik abu batubara tersebut dilakukan di Lab LSM FT ULM.

4.1.1 Hasil Uji Specific Gravity dan Water Absorption

Hasil pengujian Specific Gravity dan Water Absorption dari sampel *fly ash* PLTU asam-asam, PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian specific gravity dan water absorption Fly Ash PLTU Kalimantan

Jenis Pengujian	Asam-Asam	Pulang Pisau	Embalut
Apparent Specific Gravity	2.92	3.14	2.91
Bulk Specific Gravity on dry basic	2.36	2.70	2.53
Bulk Specific Gravity SSD Basic	2.55	2.84	2.66
Prosentase Water Absortion (%)	8.23	5.20	5.29

Dari hasil penelitian tersebut dapat terlihat bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara *fly ash* Asam-Asam, Pulang Pisau dan Embalut. Khususnya untuk Specific Gravity *fly ash* Asam-Asam dan Embalut data yang didapat menunjukkan hasil yang hampir sama. Khususnya untuk apparent specific gravity atau berat jenis semu yang merupakan perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25⁰C. Secara umum, hasil ini

sesuai dengan standar Specific Gravity material fly ash secara umum yaitu sekitar 1.6 – 3.1.

Adapun untuk water absorption, terlihat bahwa ketiga sampel memiliki tingkat penyerapan air yang cukup tinggi, khususnya untuk sampel *fly ash* Asam-Asam. Tentunya berdasarkan hasil ini, untuk pemanfaatan *fly ash* PLTU Kalimantan sebagai material konstruksi, khususnya material beton/mortar, perlu dipertimbangkan terkait besarnya campuran air yang direncanakan atau persiapan material yang baik. Dengan prosentase water absorption yang tinggi, pada saat pembuatan mortar/beton, fly ash harus dikondisikan dalam keadaan SSD sehingga air bebas untuk proses reaksi hidrolis dalam beton/mortar tidak berkurang karena terserap *fly ash*.

4.1.2 Hasil Uji Kadar Air

Hasil pengujian kadar air dari sampel *fly ash* PLTU asam-asam, PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air Fly Ash PLTU Kalimantan

Jenis Pengujian	Asam-Asam	Pulang Pisau	Embalut
Kadar Air (%)	4	0.7	1.7

Dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa *fly ash* PLTU Asam-Asam memiliki kadar air yang cukup tinggi (4%) dibandingkan dengan sampel *fly ash* lain. Sedangkan untuk *fly ash* PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut memiliki nilai kadar air yang rendah yaitu 0.7% dan 1.7%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan air yang terdapat didalam *fly ash* PLTU Asam-Asam lebih tinggi dibandingkan dengan *fly ash* PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut. Hal ini dapat menunjukkan bahwa saat sampel *fly ash* diambil dalam kondisi agak kering khususnya untuk sampel PLTU Pulang Pisau. Perbedaan tempat penyimpanan *fly ash* (*landfill*) pada ketiga PLTU tersebut dan lingkungan *landfill* bisa menjadi faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kadar air yang didapat.

Merujuk pada hasil pengujian sebelumnya, dimana prosentase water absorption untuk sampel *fly ash* Asam-Asam cukup tinggi, maka hasil ini juga sekaligus dapat membuktikan keabsahan hasil pengujian prosentase water absorption. Dengan kondisi *fly ash* Asam-Asam yang ditempatkan pada *landfill* terbuka, mengakibatkan fly ash dapat dengan mudah menyerap air baik yang berasal dari hujan maupun air yang terkandung

di udara. Dengan prosentase water absorption yang cukup tinggi mengakibatkan semakin lama fly ash tertimbun di landfill maka akan semakin banyak air yang akan diserap sehingga kandungan air dalam fly ash tersebut akan semakin besar hingga mencapai titik jenuhnya.

4.1.3 Analisis Saringan

Hasil pengujian analisis saringan dari sampel *fly ash* PLTU asam-asam, PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut dapat dilihat pada Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.3 Hasil pengujian analisis saringan fly ash PLTU Asam-Asam

Lubang Ayakan (mm)	Saringan	Tertahan (gr)	Lolos	% lolos
2.4	12	147	853	85.30
1.2	16	57.5	795.5	79.55
0.6	30	101.5	694	69.40
0.3	50	67.5	626.5	62.65
0.15	100	120.5	506	50.60
Sisa	PAN	506	0.00	0.00
Jumlah		1000		

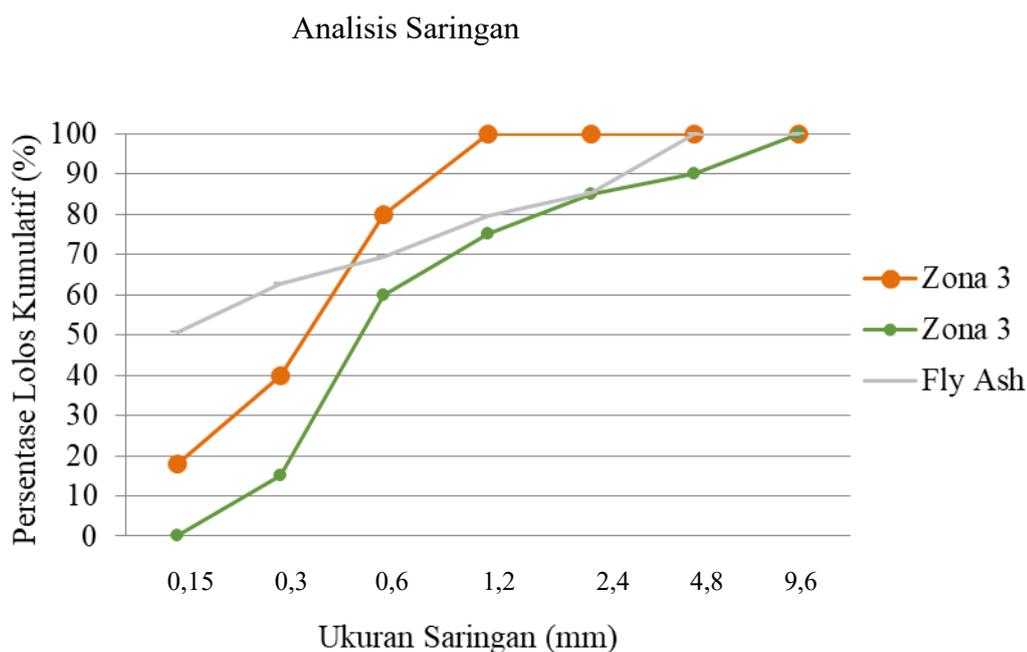
Tabel 4.4 Hasil pengujian analisis saringan fly ash PLTU Pulang Pisau

Lubang Ayakan (mm)	Saringan	Tertahan (gr)	Lolos	% lolos
2.4	12	1.59	998.41	99.84
1.2	16	0	998.41	99.84
0.6	30	0.4	998.01	99.80
0.3	50	661.21	336.8	33.68
0.15	100	325.17	11.63	1.16
Sisa	PAN	11.63	0.00	0.00
Jumlah		1000		

Tabel 4.5 Hasil pengujian analisis saringan fly ash PLTU Embalut

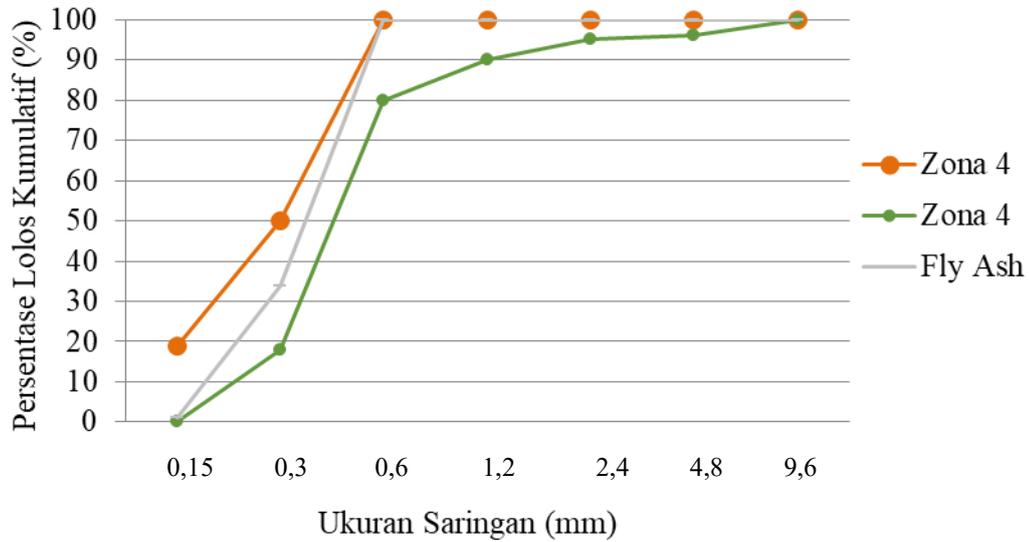
Lubang Ayakan (mm)	Saringan	Tertahan (gr)	Lolos	% lolos
2.4	12	301.33	698.67	69.87
1.2	16	71.77	626.9	62.69
0.6	30	83.45	543.45	54.35
0.3	50	76.64	466.81	46.68
0.15	100	436.92	29.89	2.99
Sisa	PAN	29.89	0.00	0.00
Jumlah		1000		

Adapun grafik gradasi analisis saringan dari sampel *fly ash* PLTU asam-asam, PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut dapat dilihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



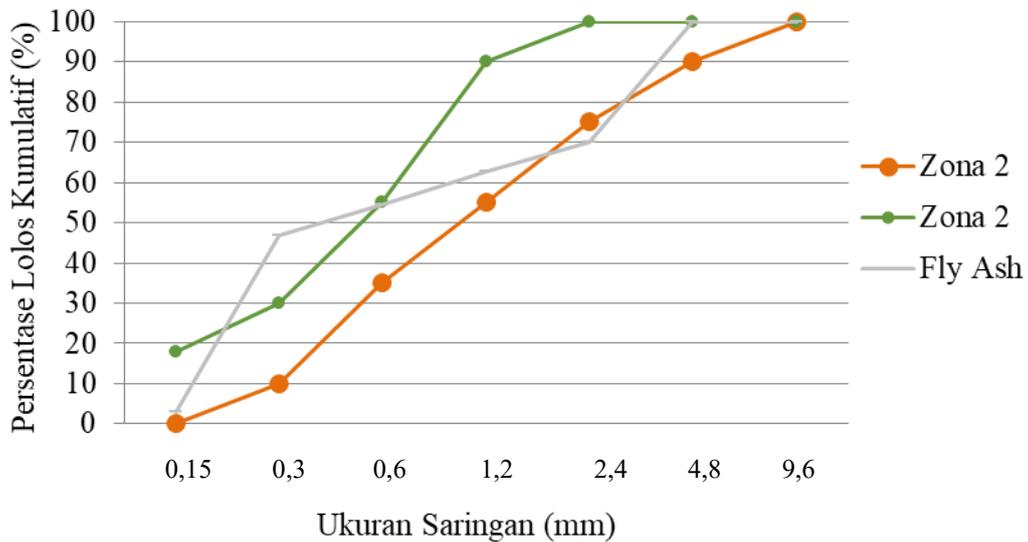
Gambar 4.2 Grafik gradasi analisis saringan fly ash PLTU Asam-Asam

Analisis Saringan



Gambar 4.3 Grafik gradasi analisis saringan fly ash PLTU Pulang Pisau

Analisis Saringan



Gambar 4.4 Grafik gradasi analisis saringan fly ash PLTU Embalut

Berdasarkan tabel dan gambar diatas dapat terlihat bahwa gradasi *fly ash* PLTU Asam-Asam dapat dikatakan bergradasi senjang dimana terdapat fraksi agregat yang jumlahnya sedikit sekali. Secara umum dapat pula dikatakan bahwa *fly ash* tersebut dapat dikelompokkan kedalam Agregat Halus Zona 3 (agak halus) dan untuk *fly ash*

Asam-Asam, Agregat Halus Zona 4 (halus) dan untuk *fly ash* Pulang Pisau dan Agregat Halus Zona 2 (sedang) dan untuk *fly ash* Embalut.

Sebagai tambahan, untuk *fly ash* Asam-Asam dan Pulang Pisau dapat terlihat bahwa kedua jenis *fly ash* ini memiliki ukuran yang halus, khususnya untuk *fly ash* Pulang Pisau. Ukuran butiran *fly ash* memang sangatlah bervariasi dari ukuran yang lebih kecil dari 1 mikrometer sampai hingga kurang lebih 300 mikrometer. Akan tetapi umumnya hanya sampai 30% ukuran butirannya yang lebih besar dari 50 mikrometer. Dari hasil analisis tersebut, maka *fly ash* PLTU Kalimantan sangat cocok bila digunakan sebagai material pengganti semen pada campuran beton untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air.

4.2 Hasil Uji Karakteristik Kandungan Kimia Fly Ash

Kandungan kimia *fly ash* akan menentukan klasifikasi kelasnya. Dimana perbedaan klasifikasi akan memberikan pengaruh kekuatan terhadap beton/mortar yang berbeda. Ada beberapa kandungan kimia yang terdapat didalam *fly ash* yang dapat menentukan tingkat kereaktifannya saat bereaksi dengan semen dan air untuk memberikan kekuatan dan daya pengikat terhadap agregat beton. Semakin reaktif abu batubara bercampur dengan semen dan air maka akan semakin tinggi kekuatan beton tersebut.

Adapun metode pengujian yang dilakukan adalah dengan menganalisis kandungan kimia abu batubara PLTU asam-asam dengan menggunakan alat SEM-EDX. Sama seperti pengujian pada karakteristik fisik abu batubara PLTU asam-asam, pada pengujian karakteristik kandungan kimia juga akan menganalisis kandungan kimia 3 (tiga) sampel abu batubara yaitu *fly ash* PLTU Asam-Asam, *fly ash* PLTU Pulang Pisau dan *fly ash* PLTU Embalut. Hasil pengujian kandungan kimia abu batubara PLTU Kalimantan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**, **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**.

Tabel 4.6 Kandungan kimia abu batubara PLTU Asam-Asam (Sumber: Mursadin dkk, 2015)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
21,95%	15,89%	37,28%	7,77%	5,72%	5,67%	3,40%	1,01%

Tabel 4.7 Kandungan kimia abu batubara PLTU Pulang Pisau (Sumber: PT. PLN, 2018)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
40,47%	12,75%	21,25%	14,47%	6,34%	1%	0,34%	0,69%

Tabel 4.8 Kandungan kimia abu batubara PLTU Embalut

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
30,80%	14,09%	16,65%	24,60%	9,25%	1,17%	0,69%	0,67%

Pengklasifikasian kelas abu batubara (khususnya fly ash) pada umumnya dilakukan dengan memperhatikan beberapa kadar senyawa kimiawi penting dalam abu batubara yang mempengaruhi kereaktifitasnya (pozzolanic reactivity) yaitu kandungan Silica (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃). Magnesium Oksida (MgO), Sulfur Trioksida (SO₃) dan Kalsium Oksida (CaO). Selain itu, kandungan karbon abu batubara juga berpengaruh terhadap Loss on Ignition. Untuk pembagian kelas abu batubara, nilai LOI yang ada tidak boleh lebih dari 6% untuk fly ash kelas F dan C atau 10 % untuk fly ash kelas N. akan tetapi mengingat keterbatasan waktu dan alat, maka untuk penelitian tahap ini pengujian LOI tidak dilakukan.

Untuk kandungan total Silica (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃), berdasarkan metode **ASTM C 618** terdapat persentase minimum dari total kandungan ketiga jenis zat kimia tersebut yaitu:

- Type F memiliki presentase kandungan minimum $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$ dengan kandungan SiO₂ >50%
- Type C memiliki presentase kandungan minimum $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 50\%$ dengan kandungan SiO₂ antara 30% - 50%
- Type N memiliki presentase kandungan minimum $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$

Untuk kandungan SO₃ berdasarkan metode **ASTM C 618** terdapat persentase maksimum dari zat kimia tersebut yaitu:

- Type F memiliki kadar $SO_3 \leq 5\%$
- Type C memiliki kadar $SO_3 \leq 5\%$
- Type N memiliki kadar $SO_3 \leq 4\%$

Sedangkan untuk kandungan Kalsium Oksida (CaO), standar yang ditetapkan oleh **Canadian Standard CSA A-23.5** mengatur kadar CaO dalam fly ash yang diperbolehkan dan pengklasifikasiannya yaitu :

- Type F memiliki kadar CaO < 8%
- Type CI memiliki kadar CaO 8-20%
- Type CH memiliki kadar CaO > 20%

Dari standar pengklasifikasian kelas abu batubara tersebut maka dapat kelas abu batubara PLTU asam-asam dapat di klasifikasikan kedalam kelas abu batubara Kelas C. Hal ini mengingat kandungan SiO₂ yang kurang dari 50% seperti yang terlihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Klasifikasi kelas abu batubara PLTU Asam-Asam

SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	Kelas
75.13%	21.95%	5.67%	7.77%	Kelas C

Adapun untuk *fly ash* PLTU Pulang Pisau, untuk kandungan total Silika (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃), berdasarkan metode ASTM C 618 diketahui memiliki kandungan total yang hampir sama dengan kandungan *fly ash* PLTU Asam-Asam. Akan tetapi terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada kandungan SiO₂ dan CaO. Terlihat bahwa kandungan silika dan kalsium oksida pada *fly ash* PLTU Pulang Pisau lebih tinggi. Untuk kandungan silika tentunya akan memberikan efek positif terhadap peningkatan kuat tekan beton/mortar, tetapi kandungan besar kalsium oksida juga memberikan sumbangsi terhadap penurunan kekuatan. Maka berdasarkan kandungan kimia yang ada, *fly ash* PLTU Pulang Pisau dapat dikategorikan kedalam *fly ash* kelas C khususnya kelas CI karena memiliki kandungan CaO antara 8 dan 20%. Klasifikasian kelas abu batubara PLTU Pulang Pisau dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Klasifikasi kelas abu batubara PLTU Pulang Pisau

SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	Kelas
74,47%	40,47%	1%	14,47%	Kelas CI

Sedangkan *fly ash* PLTU Embalut memiliki kandungan total Silika (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃), yang lebih rendah dari *fly ash* PLTU Asam-Asam dan Pulang Pisau. Akan tetapi, kandungan SiO₂ dan CaO *fly ash* PLTU Embalut hampir sama dengan *fly ash* PLTU Pulang Pisau. Terlihat bahwa kandungan

silika dan kalsium oksida pada *fly ash* PLTU Embalut cukup tinggi. Berdasarkan kandungan kimia yang ada, *fly ash* PLTU Embalut juga dapat dikategorikan kedalam *fly ash* kelas C. Secara lebih spesifik, dikarenakan kandungan CaOnya lebih dari 20%, maka *fly ash* PLTU Embalut dapat dikategorikan sebagai *fly ash* kelas CH. Standar klasifikasi kelas abu batubara PLTU Embalut dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Klasifikasi kelas abu batubara PLTU Embalut

SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	Kelas
61,54%	30,80%	1,17%	24,60%	Kelas CH

4.3 Hasil Uji Strength Activity Index Fly Ash

Hasil pengujian analisis Strength Activity Index (SAI) dari sampel abu batubara PLTU asam-asam, PLTU Pulang Pisau dan PLTU Embalut dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Strength Activity Index Abu Batubara PLTU Kalimantan

No	Sampel	Umur	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	SAI (%)
1	Kontrol	7 Hari	8,88	-
2	Fly Ash Asam-Asam	7 Hari	10,30	116
3	Fly Ash Pulang Pisau	7 Hari	5,08	57
4	Fly Ash Embalut	7 Hari	5,99	67

Dari Tabel 4.12 terlihat bahwa nilai SAI sampel mortar dengan *fly ash* Asam-Asam memiliki nilai kekuatan yang melebihi sampel Kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa *fly ash* Asam-Asam dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen khususnya untuk aplikasi mortar. Adapun untuk sampel *fly ash* Pulang Pisau dan Embalut tidak dapat digunakan karena nilai $SAI \leq 75\%$ yang merupakan syarat minimum sesuai ASTM C 681. Dari hasil ini, dapat direkomendasikan bahwa *fly ash* Asam-Asam dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, sedangkan *fly ash* Pulang Pisau dan Embalut dapat digunakan sebagai bahan filler.

Apabila dibandingkan dengan hasil pemeriksaan kadar kimia *fly ash*, maka secara kandungan SiO₂ *fly ash* PLTU Asam-Asam memiliki kandungan yang paling

rendah. Akan tetapi, untuk total kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ *fly ash* PLTU Asam-Asam adalah yang terbesar. Selain itu, kandungan CaO dari *fly ash* PLTU Asam-Asam memiliki kandungan yang paling rendah. Sehingga, dimungkinkan bahwa faktor kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dan kandungan CaO pada *fly ash* akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil kuat tekan mortar atau beton. Untuk pembuktian lebih lanjut, analisis dengan alat SEM-EDS tentu dapat dilakukan. Sebagai tambahan, umur sampel juga dapat ditambahkan hingga 28 hari untuk mengetahui pengaruh *fly ash* pada waktu perawatan yang lebih lama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap *fly ash* PLTU Kalimantan, terdapat beberapa point penting yang dapat kita ambil sebagai kesimpulan yaitu:

1. Secara visual ukuran dan warna butiran *fly ash* Asam-Asam, Pulang Pisau dan Embalut dapat dibedakan dengan jelas dimana untuk warna *fly ash* Pulang Pisau terlihat berwarna lebih terang dibandingkan dengan *fly ash* Embalut. Sedangkan untuk *fly ash* Asam-Asam berwarna coklat gelap. Dari segi bentuk, semua *fly ash* berbentuk seperti abu pada umumnya dengan tekstur butiran yang halus dan kering.
2. Dari uji Specific Gravity diketahui Specific Gravity untuk *fly ash* Asam-Asam, Pulang Pisau dan Embalut adalah relatif sama yaitu berkisar antara 2,3 s/d 3,1. Hasil ini sesuai dengan standar Specific Gravity material abu batubara secara umum yaitu sekitar 1.6 – 3.1. Sedangkan untuk Prosentase Water Absortion, *fly ash* Asam-Asam memiliki prosentase water absortion yang lebih tinggi dibandingkan *fly ash* lainnya yaitu sekitar 8%.
3. Untuk pengujian kadar air, *fly ash* Asam-Asam juga memiliki prosentase kadar air yang paling besar diantara sampel yang lain yaitu sebesar 4%. Prosentase kadar air yang besar pada *fly ash* Asam-Asam dimungkinkan karena adanya penyerapan air selama ditimbun di landfill.
4. Berdasarkan gradasi analisis saringan, ketiga sampel *fly ash* PLTU Asam-Asam dapat dikategorikan sebagai material bergradasi senjang yang dapat dikelompokkan kedalam ukuran butiran pasir sedang untuk *fly ash* PLTU Embalut, ukuran butiran pasir agak halus untuk *fly ash* PLTU asam-asam serta ukuran butiran pasir halus untuk *fly ash* PLTU Pulang Pisau.
5. Hasil analisis kandungan kimia dari sampel *fly ash* PLTU Kalimantan menunjukkan bahwa ketiga sampel ini dapat dikategorikan sebagai *fly ash* kelas C yang tidak hanya memiliki sifat pozzolan tetapi juga sifat cementitious.
6. Hasil pengujian analisis Strength Activity Index (SAI) menunjukkan bahwa hanya sampel *fly ash* PLTU Asam-Asam yang memiliki nilai SAI > 75%.
7. Dari hasil ini, dapat direkomendasikan bahwa *fly ash* Asam-Asam dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, sedangkan *fly ash* Pulang Pisau dan Embalut dapat digunakan sebagai bahan filler.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil pengujian yang didapatkan, dapat diberikan rekomendasi pemanfaatan *fly ash* PLTU Kalimantan. Dari hasil pengujian gradasi butiran yang dimiliki oleh ketiga sampel yang ada, dapat direkomendasikan bahwa ketiga sampel dapat digunakan sebagai materi filler pada beton atau sebagai material timbunan dan

stabilitas tanah. Khususnya untuk material filler pada beton, harus dilakukan lagi pengujian lanjutan dengan ukuran saringan kurang dari 0.075 mm. hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran butiran maka semakin tinggi sifat pozzolanic yang dimiliki dan akan membuat beton semakin padat dan kuat. Selain itu, perlu juga ditambahkan pengujian luas area spesifik dari partikel abu batubara dengan menggunakan metode blaine.

Hasil uji kandungan kimia juga dapat memperlihatkan kualitas yang dimiliki oleh *fly ash* PLTU Kalimantan. Dari hasil pengujian kandungan kimia, *fly ash* PLTU Kalimantan secara umum dapat dikategorikan ke dalam *fly ash* kelas C. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk menentukan berapa persentase *fly ash* PLTU Kalimantan yang baik sebagai pengganti semen, khususnya *fly ash* Asam-Asam dan sebagai material filler pada campuran beton, untuk *fly ash* Pulang Pisau dan Embajut, yang efektif untuk memberikan kekuatan tekan ultimate pada beton.

Sementara itu, penggunaan *fly ash* PLTU Kalimantan sebagai stabilitas tanah maupun material pembuatan bata ringan juga memberikan peluang yang besar. Penelitian selanjutnya harus dititik beratkan pada aplikasi *fly ash* PLTU Kalimantan terhadap rekomendasi yang ada. Apakah dengan adanya tambahan *fly ash* PLTU Kalimantan dapat memberikan nilai tambah baik dari segi kekuatan, efektifitas, kemudahan pengerjaan, maupun dari segi efisiensi biaya. Selain itu, setelah pengujian tersebut dilakukan dan memberikan hasil yang positif, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap tingkat radiasi atau logam berat dari abu batubara yang dapat memberikan efek negatif kelingkuhan. Untuk hal tersebut, pengujian dapat dilakukan dengan melakukan Uji LD50.

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Testing and Material C-618, 2005, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw of Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, West Conshohocken.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2018). *Statistik Ketenagalistrikan*.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Mursadin, Aqli., Irfan Prasetya, dan Riswan. 2015. *Karakteristik Abu Batubara PLTU Asam-asam sebagai Material Konstruksi*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- PLTU Asam-Asam, 2018, *Klasifikasi Kelas, Rencana Program, dan Rencana Biaya Pengelolaan Fly Ash dan Bottom Ash*, Tanah Laut.
- PP No. 104 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Prasetya, I., Ma'ruf, & Riswan. (2016). Potensi Pemanfaatan Limbah Abu Batubara Sebagai Bahan Konstruksi di Daerah Rawa. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)*, 5(2), 71–78.
- Yanuar, K., & Umar. (2015). Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Pltu Asam – Asam Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Efisiensi Biaya. *INTEKNA*, 13(2), 104–108.