



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

Alamat I : Jl. Jenderal Achmad Yani Km.35,5 Banjarbaru – Kalimantan Selatan 70714
Telepon (0511) 4773858 Faksimile (0511) 4781730
Alamat II : Jl. Brigjend. H. Hasan Basry Banjarmasin – Kalimantan Selatan 70123
Telepon (0511) 3304503 Faksimile (0511) 3304503

KEPUTUSAN

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

Nomor: 362/UN8.1.31/KU/2017

Tentang

BANTUAN OPERASIONAL KEGIATAN HIBAH PENELITIAN DOSEN
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT TAHUN 2017

- Menimbang :
1. Bahwa untuk mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan Hibah Penelitian Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Tahun 2017 maka dipandang perlu untuk memberikan bantuan operasional kegiatan Hibah Penelitian Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Tahun 2017;
 2. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut diatas, dipandang perlu menerbitkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Mengingat :
1. Peraturan Pemerintah R.I. nomor 66 tahun 2010 tentang Pendidikan Tinggi;
 2. Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 33/PMK.02/2016 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2017;
 3. Surat Pengesahan DIPA tahun 2017 nomor 042.01.2.400957/ 2017 tanggal 07 Desember 2016;
 4. Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Negara Nomor PER-17/PB/2013 tentang Tata Cara Pembayaran PNBPN atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
 5. Keputusan Rektor Universitas Lambung Mangkurat nomor 1152/UN8/KP/2014 tanggal 12 November 2014 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat periode 2014-2018;
 6. Surat Keputusan Rektor Universitas Lambung Mangkurat Nomor 021/UN8/KU/2017 tanggal 03 Januari 2017 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 Tahun Anggaran 2017

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
- Pertama : Memberikan Bantuan Operasional Kegiatan Hibah Penelitian Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Tahun 2017;
- Kedua : Segala biaya akibat dari dikeluarkannya Surat Keputusan ini dibebankan pada Anggaran DIPA PNBPN Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat tahun 2017;
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila dikemudian hari terdapat kesalahan dalam keputusan ini akan diperbaiki sebagaimana mestinya

Dibuat di : Banjarbaru
Pada tanggal : 20 April 2017

Dekan

Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19750719 200003 1 001



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

Alamat I : Jl. Jenderal Achmad Yani Km.35,5 Banjarbaru – Kalimantan Selatan 70714
Telepon (0511) 4773858 Faksimile (0511) 4781730
Alamat II : Jl. Brigjend. H. Hasan Basry Banjarmasin – Kalimantan Selatan 70123
Telepon (0511) 3304503 Faksimile (0511) 3304503

Lampiran Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Nomor : **362/UN8.1.31/KU/2017**

Tanggal : **20 April 2017**

Tentang : **BANTUAN OPERASIONAL KEGIATAN HIBAH PENELITIAN DOSEN
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT TAHUN 2017**

No.	Nama Ketua Penelitian	Judul	No. Kontrak	Besaran biaya
1	Dr. Ir. Henry Wardhana, M.T.	Komposisi Serat Purun Tikus (Eleocharis Dulcis) Sebagai Bahan Komposit Papan Semen	001/UN8.1.31/HP2 HW/2017	20.000.000
2	Dr. Rusdiansyah, S.T., M.T.	Karakteristik Konsolidasi Tanah Lempung Lunak Lahan Basah Akibat Adanya Drainase Radial Berdasarkan Permodelan di Laboratorium	001/UN8.1.31/HP2 RS/2017	20.000.000
3	Dr. Rony Riduan, S.T., M.T.	Permodelan Dan Pemetaan Pola Sebaran Konsentrasi Karbon Monosida (CO) Terhadap Aktifitas Kendaraan Bermotor di Kampus Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru	001/UN8.1.31/HP2 RR/2017	20 000.000
4	Dr. Ir. Achmad Rusdiansyah, M.T.	Analisis Debit Andalan Irigasi Pasang Surut Studi Kasus Irigasi Tata Air Mikro Pertanian Pasang Surut Tearantang Marabahan Kabupaten Barito Kuala	001/UN8.1.31/HP2 AR/2017	20.000.000
5	Ir. Yuslan Irianie, M.T.	Kajian Dampak Pembangunan Prasarana Pedesaan Terhadap Ekonomi Masyarakat Studi Kasus : Program Pembangunan Prasarana Pedesaan Di Kabupaten Tabalong	001/UN8.1.31/HP2.YI/2017	15.000.000
6	Ir. Retna Hapsari K, M.T.	Analisis Faktor Manajemen Estate Perumahan Menengah Keatas	001/UN8.1.31/HP2.RH/2017	15.000.000
7	Candra Yuliana, S.T., M.T.	Model Strategi Pemasaran Jasa Konsultasi Konstruksi di Kalimantan Selatan	001/UN8.1.31/HP2 CY/2017	15 000.000
8	Darmansyah Tjitradi, S.T., M.T.	Pemograman Momen-Kurvatur Balok Persegi Beton Mutu Normal Dengan Menggunakan Visual Basic For Application	001/UN8.1.31/HP2 DT/2017	15 000 000

No. Dekan,



Arifin
Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19750719 200003 1 001



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

Alamat: Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35.5 Banjarbaru – Kalimantan Selatan 70714
Telepon (0511) 4773888 Faksimile (0511) 4781730
Alamat: Jl. Brigjend H. Hasan Basry Banjarmasin – Kalimantan Selatan 70108
Telepon (0511) 3304502 Faksimile (0511) 3304503

Lampiran Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Nomor : 362/UN8.1.31/KU/2017
Tanggal : 20 April 2017
Tentang : BANTUAN OPERASIONAL KEGIATAN HIBAH PENELITIAN DOSEN
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT TAHUN 2017

No.	Nama Ketua Penelitian	Judul	No. Kontrak	Besaran biaya
9	Aqli Mursadin S.T. M.T., Ph.D	Permodalan Respons Kontraktor Terhadap Pemborosan Yang Disebabkan Oleh Pemilik Pekerjaan Konstruksi	001/UN8.1.31/HP2.AM/2017	20.000.000
10	Dr.-Ing. Yulian Firmans Arifin, M.T.	Karakterisasi Biopolimer Chitosan Dari Sisik Ikan Tawar Lahan Rawe Sebagai Material Komposit Dengan Clay Minerals	001/UN8.1.31/HP2.YA/2017	20.000.000
11	Dr. Eng. Irfan Prasetya S.T., M.T.	Aplikasi FLY ASH Sebagai Bahan Campuran Batako Beton	001/UN8.1.31/HP2.IP/2017	20.000.000
12	Maya Amalia S.T., M.Eng	Potensi Air di Lahan Rawe Pasut Unit Terantang	001/UN8.1.31/HP2.MA/2017	15.000.000
13	Dr. Mahmud S.T., M.T.	Penyelidikan Tipe Satuan Lahan (Land Unit) pada Daerah Ingas, Rawa (DIR) Pasang Surut Pelambahan Kabupaten Pulang Pisau Kalimantan Tengah	001/UN8.1.31/HP2.MH/2017	20.000.000
14	Dr. Ir. Rustam Effendi, M.A.Sc	Karakteristik Rangkak Lempung Banjarmasin	001/UN8.1.31/HP2.RE/2017	20.000.000



Dr. Ing. Yulian Firmans Arifin, S.T., M.T.
NIP. 197507192000031001

Bidang Unggulan : Material Maju

Kode>Nama Rumpun: 410/ Ilmu Teknik

**LAPORAN
PENELITIAN**

**APLIKASI FLY ASH SEBAGAI BAHAN CAMPURAN
BATAKO BETON**



PENELITI

Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.

0026108501

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
SEPTEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN
PROPOSAL PENELITIAN PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UNLAM

Judul Penelitian : Aplikasi Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Batako Beton
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 410/Ilmu 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 : prasetia.07@gmail.com
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, September 2017

Menyetujui,
Dekan,



Dr. -Ing. Yulian Firmana Arifin
NIP. 19750719 200003 1 001

Ketua Peneliti,




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

Ketua Lembaga Penelitian dan
Pengabdian Kepada Masyarakat,



Prof. Dr. Ir. M. Arief Soendjoto, M.Sc
NIP. 19600623 198801 1 001

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	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Luaran dan Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Beton	4
2.2 Persyaratan Campuran Beton.....	5
2.3 Semen.....	5
2.4 Air	6
2.5 Agregat.....	7
2.6 Batako Beton.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Pemeriksaan Bahan	10
3.2 Perencanaan Campuran Batako Fly Ash.....	10
3.3 Pembuatan Benda Uji.....	10
3.4 Pengujian di Laboratorium.....	11
3.5 Analisa Data	11
3.6 Bagan Alur Penelitian	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	13
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan.....	13
4.2 Job Mix Design	15
4.3 Hasil Uji Kuat Tekan	17
4.4 Hasil Uji Leaching Logam Berat	19

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Kesimpulan	22
5.2 Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23

RINGKASAN

Abu batubara (terutama fly 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. Terutama dalam tinjauan abu batubara sebagai material konstruksi, merupakan potensi abu batubara yang bernilai sangat tinggi khususnya Kalimantan Selatan.

Batako beton merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air atau disebut pula mortar. Umumnya batako beton memiliki ukuran panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 18-20 cm. Batako yang baik adalah yang masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Batako mempunyai beberapa keuntungan pemakaian bila dibandingkan dengan bata merah. Khususnya dari segi penghematan, setiap m² luas dinding akan membutuhkan jumlah batako yang lebih sedikit dibandingkan dengan bata merah.

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap aplikasi *fly ash* sebagai bahan campuran batako beton, ada beberapa point penting yang dapat kita ambil sebagai kesimpulan. Berdasarkan hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa pergantian semen dengan *fly ash* sebesar 20% memberikan kuat tekan yang paling tinggi yaitu sebesar 9,3 Mpa. Adapun hasil pemeriksaan air siraman dari batako *fly ash* terlihat bahwa semua sampel memiliki nilai pemeriksaan Kadmium (Cd) yang dibawah baku mutu air bersih. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa batako memiliki kemampuan *immobilisasi* logam berat dari fly yang cukup baik, khususnya bila telah diplester dan diaci.

Kata kunci: Batako beton, Batako fly ash, Batako Ramah Lingkungan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abu batubara (terutama fly 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 baku pembuatan bata (Liu, 2007), stabilitas tanah, portland pozzolanic cement, campuran pupuk tanaman, dll. Terutama dalam tinjauan abu batubara sebagai material konstruksi, merupakan potensi abu batubara yang bernilai sangat tinggi khususnya Kalimantan Selatan.

Dilihat dari potensi yang dimiliki abu batubara PLTU Asam-Asam di Kalimantan Selatan, maka hal ini dirasakan menjadi sebuah solusi yang efektif yang saling menguntungkan terutama dari segi pengelolaan limbah abu batubara PLTU Asam-Asam. 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, dalam limbah abu batubara terdapat kandungan oksida logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan uji 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 sangatlah jauh lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan (Prasetia dan Prihatini, 2015).

Selain itu, dari hasil pemeriksaan air rendaman batako fly ash yang pernah dilakukan (Prasetia dan Prihatini, 2016), terlihat bahwa semua sampel memiliki nilai pemeriksaan Kadmium (Cd) yang jauh diatas baku mutu air bersih. Akan tetapi, yang menarik adalah apabila dibandingkan dengan hasil pemeriksaan kandungan Cd dalam fly ash PLTU asam-asam yang berkisar 0,41 s.d 0.58 mg/l terlihat adanya penurunan

kandungan Cd hingga dibawah 0,33 mg/l. Hal ini berarti bahwa dengan memanfaatkan fly ash sebagai material konstruksi khususnya beton dan batako dapat mencegah keluarnya logam berat dengan baik. Akan tetapi, mengingat masih adanya kandungan Cd dalam air rendaman batako fly ash yang pernah dilakukan, maka perlu untuk dilakukan penelitian selanjutnya untuk mengetahui kemampuan "*immobilisasi*" yang dimiliki oleh batako dan dapat pula meningkatkannya sehingga tidak ada lagi adanya kandungan Cd dalam air rendaman batako fly ash.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu untuk dilakukan penelitian mengenai Aplikasi Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Batako Beton. Diharapkan penelitian ini dapat mengetahui kemampuan "*immobilisasi*" yang dimiliki oleh batako dan dapat pula meningkatkannya sehingga tidak ada lagi adanya kandungan Cd dalam air rendaman batako fly ash. Selain itu, dengan adanya penelitian ini dapat memberikan rekomendasi campuran batako fly ash 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.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang terjadi adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat campuran batako fly ash yang ideal untuk diaplikasikan pada pasangan dinding rumah sederhana?
- 2) Bagaimanakah aplikasi batako fly ash agar dapat mengimobilisasi kandungan Cd yang terdapat dalam fly ash?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui campuran batako fly ash yang ideal sebagai pengganti *concrete block* konvensional.
- 2) Memberikan rekomendasi pemanfaatan beton fly ash yang dapat mengimobilisasi kandungan Cd yang terdapat dalam fly ash.

1.4 Luaran dan Manfaat Penelitian

Adapun luaran dan manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Informasi penting mengenai campuran batako fly ash yang ideal.
- 2) Rekomendasi pemanfaatan batako fly ash sebagai pasangan dinding rumah sederhana?
- 3) Artikel ilmiah yang akan diterbitkan pada seminar atau jurnal ilmiah berskala nasional atau internasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Pengertian beton Beton (Concrete) berdasarkan SNI Nomor 2847 tahun 2013 tentang “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung” adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan-bahan dasar pembentuk beton adalah semen, pasir, kerikil, dan air. Campuran tersebut setelah dicampur dengan merata akan menghasilkan suatu campuran plastis (antara cair dan padat) yang dapat dituang ke dalam cetakan beton, sehingga setelah keras/padat menjadi bahan komposit yang memiliki bentuk sesuai dengan yang diinginkan. Perubahan sifat plastis beton menjadi keras seperti batuan karena proses kimia, yang terjadi antara semen Portland dan airnya. Adapun agregat (baik pasir dan kerikil) tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja, yaitu bahan yang diikat (Pramono, 2008).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007), struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding material struktur yang lain diantaranya:

1. Ketersediaan (availability) materi dasar.
2. Kemudahan untuk digunakan (versatility).
3. Kemampuan beradaptasi (adaptability), dan
4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Selain memiliki keunggulan, beton juga memiliki kekurangan, diantaranya:

1. Berat sendiri beton normal cukup besar, sekitar 2.400 kg/m³.
2. Ketidak seragaman kualitas bahan dasar penyusun beton sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya berbeda-beda.
3. Kuat tarik beton rendah, sehingga perlu diberikan baja tulangan, serat, dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 2009).
4. Kualitas beton sangat tergantung dengan cara pembuatan di lapangan.
5. Setelah dibuat struktur beton tidak dapat dipindahkan dan pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis.

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:

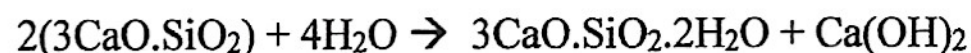
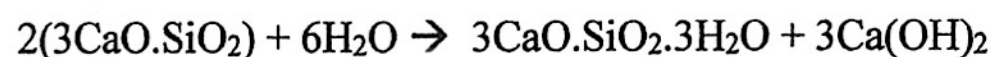
1. Semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.

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.

2.6 Batako Beton

Batako beton merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air atau disebut pula mortar. Umumnya batako beton memiliki ukuran panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 18-20 cm. Batako yang baik adalah yang masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi.

Batako mempunyai beberapa keuntungan pemakaian bila dibandingkan dengan bata merah. Khususnya dari segi penghematan, setiap m² luas dinding akan membutuhkan jumlah batako yang lebih sedikit dibandingkan dengan bata merah. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75 % sehingga berat tembok dapat menjadi lebih ringan. Walaupun memiliki keuntungan, batako beton juga mempunyai kelemahan. Salah satu kelemahan yang paling utama adalah proses membuatnya yang membutuhkan waktu lama. Agar batako beton menjadi cukup kaku membutuhkan setidaknya sekiraat 3 minggu. Selain itu, pengangkutan yang asal-asalan juga bisa membuat batako beton pecah dan retak, karena ukurannya yang cukup besar dan proses membuatnya cukup lama.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan campuran batako fly ash terdiri dari pemeriksaan agregat halus yang akan digunakan dalam penelitian ini. Adapun pemeriksaan bahan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik ULM. Pemeriksaan bahan dasar dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan. Pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium meliputi:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1969-2008.
2. Pemeriksaan berat isi agregat halus berdasarkan SNI 03-4804-1998.
3. Pemeriksaan Analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 03-1958-1990.

3.2 Perencanaan Campuran Batako Fly Ash

Perencanaan campuran batako fly ash akan menyesuaikan dengan SNI Nomor 03-0691-1996 tentang "Bata Beton". Sebagai pembanding, campuran mortar sesuai dengan SNI SNI 03-6882-2002 tentang spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan akan menjadi pertimbangan. Adapun beberapa parameter yang menjadi acuan yaitu:

1. Agregat halus yang digunakan yaitu agregat halus Pasir Barito
2. Faktor air semen 0.35
3. Rasio semen dan agregat yang digunakan 1 : 4 tanpa agregat kasar

3.3 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, disiapkan 4 jenis sampel beton dan 3 jenis sampel batako. Sampel beton berbentuk silinder dengan dimensi 15 x 30 cm, sedangkan sampel batako berbentuk persegi dengan dimensi 40 x 20 x 10 cm. Adapun pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan perencanaan campuran batako fly ash yang telah ditetapkan. Dalam pembuatan benda uji perlu dilakukan persiapan alat dan bahan seperti pembersihan cetakan batako dan pelapisan dengan oli pada dinding dan mempersiapkan material berupa pasir, kerikil, semen, dan air. Pada persiapan bahan berat masing-masing material harus sesuai dengan rencana campuran beton.

Untuk mendapatkan kekuatan batako fly ash sesuai dengan perencanaan campuran, perlu untuk memperhatikan kondisi agregat yang digunakan. Kerikil/ batu

pecah dicuci terlebih dahulu hingga bersih, kemudian dikeringkan diluar ruangan ± 12 jam, untuk mendapatkan kondisi SSD. Selain itu untuk mendapatkan campuran yang homogen maka pengaduan harus dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk semen (molen).

3.4 Pengujian di Laboratorium

Untuk menguji kekuatan tekan batako fly ash digunakan alat uji tekan beton. Prosedur uji tekan disesuaikan dengan standar pelaksanaan di Struktur dan Material Fakultas Teknik ULM. Sehari sebelum beton mencapai umur uji yang telah ditetapkan yakni pada umur 28 hari, beton dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan hingga berada dalam kondisi jenuh kering permukaan/surface saturated dry (SSD). Selain itu, untuk mengetahui pengaruh batako fly ash terhadap “immobilisasi” Cd dalam Fly Ash, dilakukan uji rendaman terhadap sampel yang ada. Pada uji coba perendaman tersebut, dilakukan pelapisan terlebih dahulu dengan menggunakan mortar atau semen grouting.

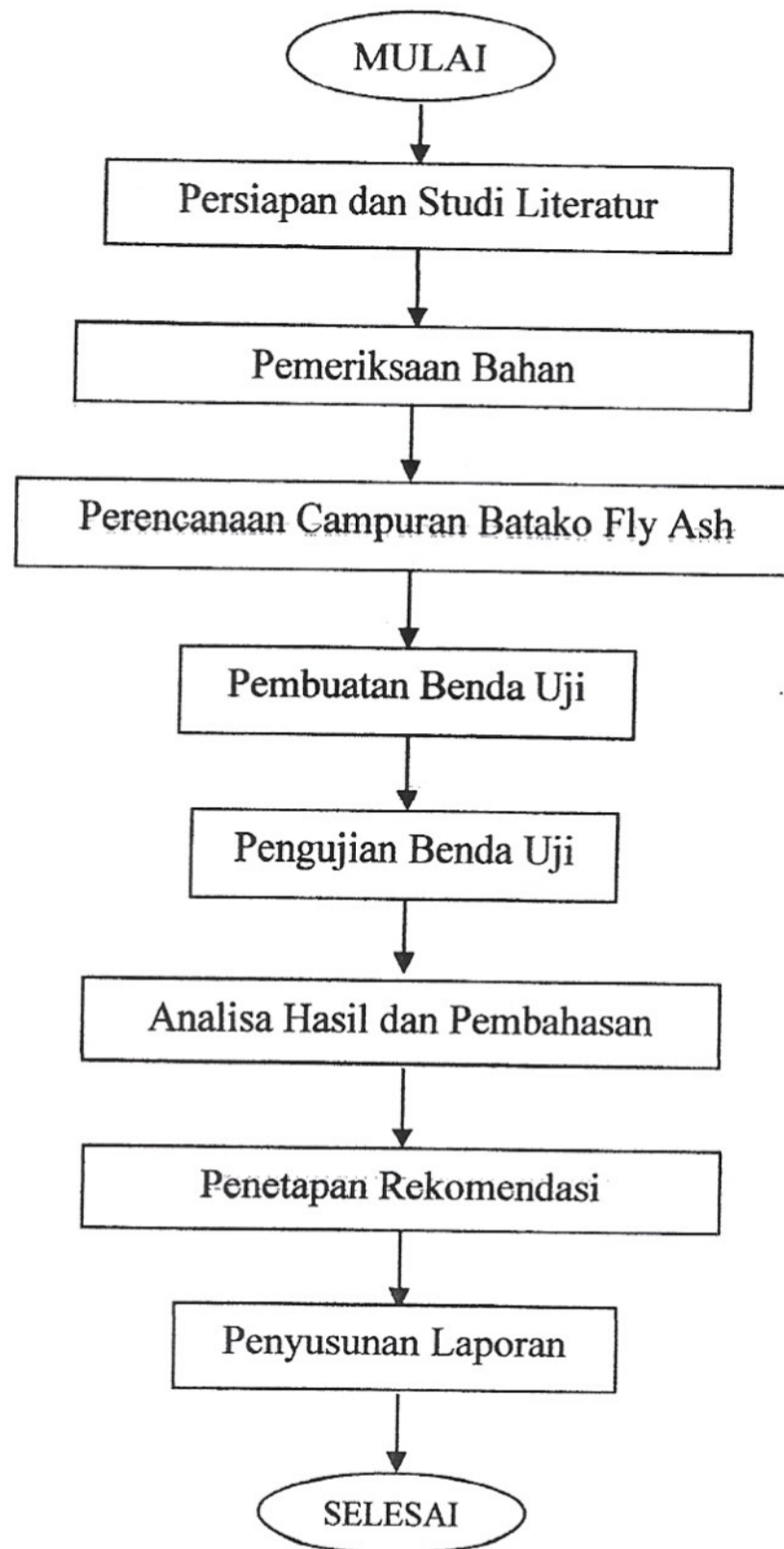
3.5 Analisa Data

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, akan dilakukan analisa data terhadap hasil pengujian yang didapatkan. Analisa data meliputi:

1. Hubungan antara kuat tekan batako fly ash dengan variasi parameter campuran yang berbeda
2. Kemampuan immobilisasi” Cd pada batako fly ash
3. Rekomendasi campuran batako fly ash yang ideal.

3.6 Bagan Alur Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama 6 bulan dengan target mendapatkan pengetahuan tentang pemanfaatan Aplikasi Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Batako Beton. 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. berikut ini.



Gambar III.1.1 Diagram Alir Kegiatan Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

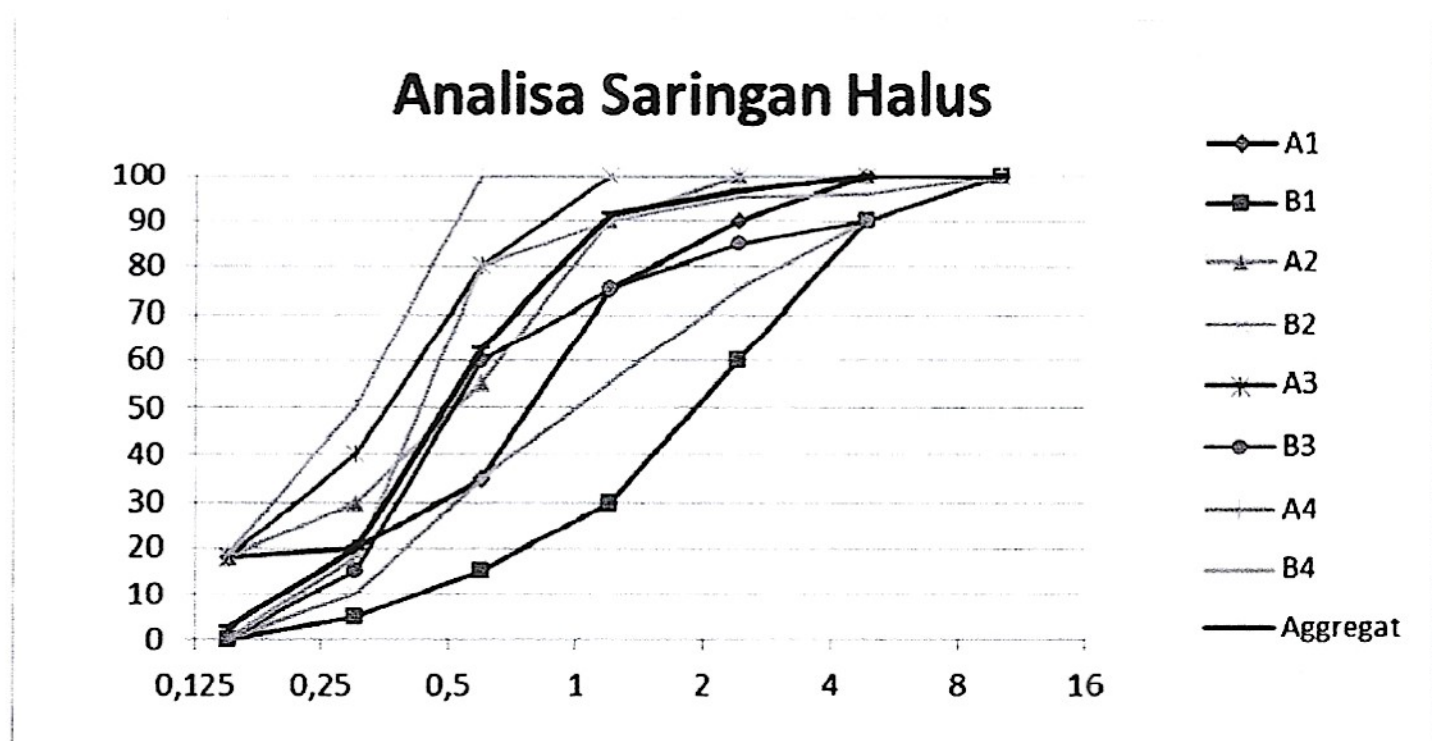
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan bahan campuran yang dilakukan yaitu pemeriksaan agregat halus yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun pemeriksaan bahan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Pemeriksaan bahan dasar dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan. Secara umum, hasil pemeriksaan bahan menunjukkan hasil yang memuaskan. Semua agregat halus yang digunakan telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia. Untuk hasil lengkap pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut. Adapun grafik analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut. Kemudian, hasil pemeriksaan berat volume agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

PEMERIKSAAN		
Berat Flask	73,5	gr
Berat SSD	500	gr
Berat Flaks + Air	574,4	gr
Berat Flaks + Air + SSD	880	gr
Berat Kering	486	gr
Apparent Specific Gravity	2,69	
Bulk Specific Gravity on dry basic	2,50	
Bulk Specific Gravity SSD Basic	2,57	
Prosentase Water Absortion	2,88	%



Gambar 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

	Kondisi Lepas	Kondisi Goyang	Kondisi Padat	Satuan
A. Volume Bohler	9423	9423	9423	cm ³
B. Berat Bohler	8540	8540	8540	gr
C. Berat Total Uji	21260	22000	22400	gr
D. Berat Benda Uji	12720	13460	13860	gr
E. Berat Volume	1,35	1,43	1,47	gr/cm ³

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Abu Batubara

Telah disepakati dalam penelitian ini bahwa untuk abu batubara yang digunakan adalah abu batubara dari PLTU Asam-Asam. Untuk mengetahui karakteristik fisik abu batubara PLTU asam-asam ada beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium yaitu pengujian Specific Gravity dan Water Absorption dan Analisa Saringan. Pengujian Karakteristik Fisik Abu Batubara dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangurat. Hasil pengujian Specific Gravity, Water Absorption dan pengujian Kadar Air dari sampel abu batubara PLTU asam-asam dapat dilihat pada Tabel 4.3. Sedangkan Hasil pengujian analisa saringan dari sampel abu batubara PLTU asam-asam dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Specific Gravity*, *Water Absorption* dan Kadar Air

PEMERIKSAAN	
Apparent Specific Gravity	2.92
Bulk Specific Gravity on dry basic	2.36
Bulk Specific Gravity SSD Basic	2.55
Prosentase Water Absortion (%)	8.23
Kadar Air (%)	20.2

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan *Fly Ash*

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		

Dari hasil penelitian tersebut dapat terlihat bahwa *Specific Gravity* material fly ash sebesar 2.92. dan memiliki prosentase water absorption yang cukup besar yaitu 8,23%. Hal ini juga terlihat dengan kadar air fly ash yang relatif tinggi yaitu diatas 20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan air yang terdapat didalam fly ash cukup tinggi. Kemudian, berdasarkan Tabel 4.4 diatas, dapat terlihat bahwa gradasi abu batubara PLTU asam-asam dapat dikatakan bergradasi senjang dimana terdapat fraksi agregat yang jumlahnya sedikit sekali. Secara umum dapat pula dikatakan bahwa abu batubara tersebut dapat dikelompokkan kedalam Agregat Halus Zona 4.

4.2 Job Mix Design

Pada penelitian ini, telah disiapkan 4 jenis sampel beton dan 3 jenis sampel batako. Untuk sampel beton maupun batako memiliki rasio perbandingan semen dengan pasir yang sama yaitu 1:4. Sampel beton terdiri dari beton normal sebagai sampel kontrol (selanjutnya disebut sebagai BN), beton pasir dengan komposisi 90% semen dan 10% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BN10), beton pasir dengan komposisi 80% semen dan 20% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BN20) dan beton pasir dengan komposisi 100% semen dan 10% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BN+10). Adapun sampel batako terdiri dari batako

dengan komposisi 90% semen dan 10% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BK10), beton pasir dengan komposisi 80% semen dan 20% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BK20) dan beton pasir dengan komposisi 100% semen dan 10% fly ash PLTU Asam-Asam (selanjutnya disebut sebagai BK+10). Khusus untuk sampel batako, terdapat beberapa perlakuan yaitu perlakuan batako diplester yang disiram air (selanjutnya disebut sebagai BKP) dan perlakuan batako diplester dan diaci yang disiram air (BKPA). Job mix design masing-masing sampel tersebut terlihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.5 Job Mix Design Beton Pasir Pada Penelitian

Kode Sampel	BN	BN+10	BN10	BN20
Rasio Perbandingan Agregat Semen	1:4	1:4	1:4	1:4
Fas	0,35	0,35	0,35	0,35
Jenis Semen	PCC			
Kebutuhan Agregat per m ³ (kg)	1550	1550	1550	1550
Kebutuhan Semen per m ³ (kg)	350	350	315	280
Kebutuhan Fly Ash per m ³ (kg)	0	35	35	70
Kebutuhan Air per m ³ (liter)	123	135	123	123
Berat Beton Pasir per m ³ (kg)	2023	2070	2023	2023

Tabel 4.6 Job Mix Design Batako Pasir Pada Penelitian

Kode Sampel	BK+10	BK10	BK20
Rasio Perbandingan Agregat Semen	1:4	1:4	1:4
Fas	0,35	0,35	0,35
Jenis Semen	PCC		
Kebutuhan Agregat per m ³ (kg)	1550	1550	1550
Kebutuhan Semen per m ³ (kg)	350	315	280
Kebutuhan Fly Ash per m ³ (kg)	35	35	70
Kebutuhan Air per m ³ (liter)	135	123	123
Berat Beton Pasir per m ³ (kg)	2070	2023	2023

4.3 Hasil Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan dengan standar pelaksanaan sesuai dengan prosedur di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik ULM. Sehari sebelum beton mencapai umur uji yang telah ditetapkan yakni pada umur 28 hari, beton dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan hingga berada dalam kondisi jenuh kering permukaan/surface saturated dry (SSD). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.7 sd 4.10 berikut. Selain itu, disajikan juga grafik hasil uji kuat tekan pada umur sampel 28 hari (Gambar 4.2).

Tabel 4.7 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pasir Normal

No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	Beban Max. (Kg)	Tekanan (Mpa) 28 Hari
	Buat	Test					
1	18-Mei-17	15-Jun-17	28	11000	176,625	22000	12,456
2	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10600	176,625	15000	8,493
3	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10100	176,625	14000	7,926
4	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10500	176,625	16000	9,059
5	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10500	176,625	14000	7,926
Rata-rata							9,172

Tabel 4.8 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pasir BN10

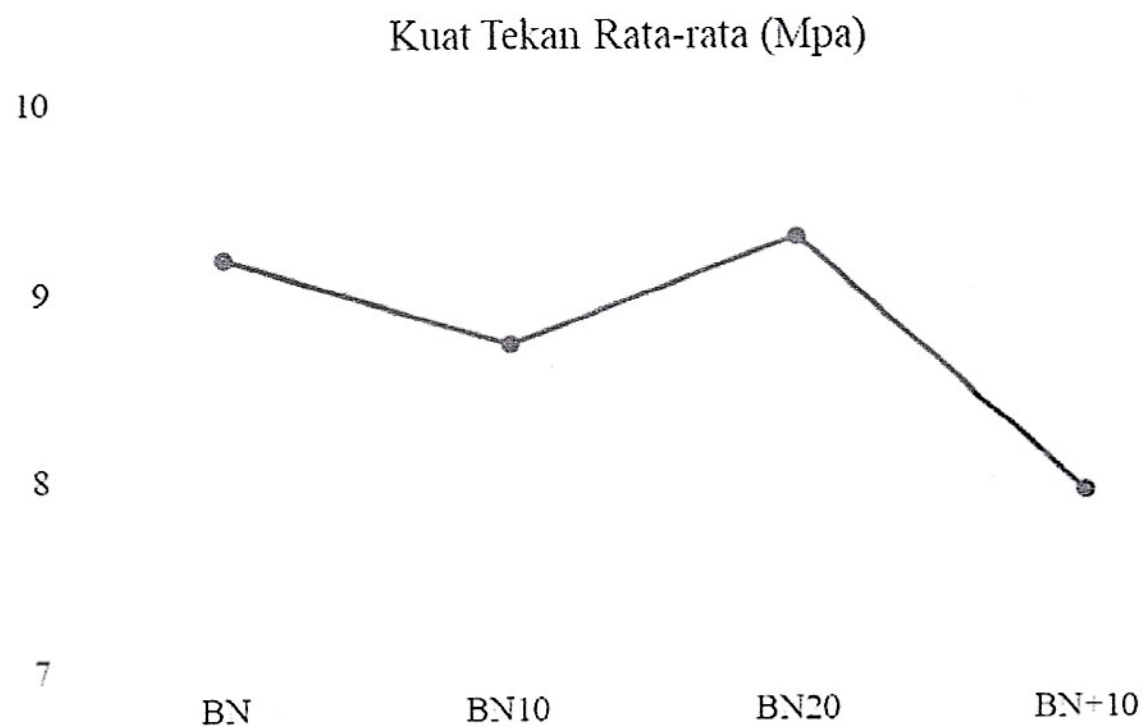
No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	Beban Max. (Kg)	Tekanan (Mpa) 28 Hari
	Buat	Test					
1	18-Mei-17	15-Jun-17	28	9400	176,625	14000	7,926
2	18-Mei-17	15-Jun-17	28	9800	176,625	11000	6,228
3	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10600	176,625	17000	9,625
4	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10500	176,625	19000	10,757
5	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10600	176,625	16000	9,059
Rata-rata							8,719

Tabel 4.9 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pasir BN20

No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	Beban Max. (Kg)	Tekanan (Mpa) 28 Hari
	Buat	Test					
1	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10400	176,625	20000	11,323
2	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10400	176,625	17000	9,625
3	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10200	176,625	13000	7,360
4	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10000	176,625	16000	9,059
5	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10000	176,625	16000	9,059
				10200	Rata-rata		9,285

Tabel 4.10 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pasir BN+10

No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	Beban Max. (Kg)	Tekanan (Mpa) 28 Hari
	Buat	Test					
1	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10400	176,625	13000	7,360
2	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10700	176,625	12000	6,794
3	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10800	176,625	20000	11,323
4	18-Mei-17	15-Jun-17	28	8600	176,625	13000	7,360
5	18-Mei-17	15-Jun-17	28	10500	176,625	12000	6,794
				10200	Rata-rata		7,926



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan

Dari Tabel 4.7 sd 4.10 dan Gambar 4.2 terlihat bahwa sampel yang memiliki kuat tekan tertinggi adalah sampel BN20 (sampel dengan pergantian semen dengan *fly*

sebesar 20% dan yang terendah adalah sampel BN+10 (sampel dengan penambahan *fly ash* sebesar 10%). Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi yang paling ideal adalah beton pasir dengan pergantian semen dengan *fly ash* sebesar 20%.

Dari hasil ini, terlihat memang peranan *fly ash* sepertinya terlihat tidak begitu signifikan. Padahal dengan adanya pergantian semen dengan *fly ash*, apalagi dengan penambahan *fly ash*, dapat memberikan nilai kuat tekan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton pasir normal. Salah satu penyebab dari hal tersebut adalah bahwa hanya sebagian kecil *fly ash* yang bereaksi dengan Kalsium Hidroksida (CH) yang merupakan produk sampingan dari proses kimia antara semen dengan air. Padahal diketahui bahwa jika *fly ash* bereaksi dengan CH dapat membentuk Kalsium Silikat Hidrat (CHS) yang dapat menambahkan kekuatan beton. Secara umum memang proses ini bisa jadi berlangsung lebih dari 28 hari.

Kemungkinan yang lain adalah bahwa pada saat perendaman di bak, CSH tersebut ikut terlarut. Sehingga kekuatan yang terjadi pada sampel dengan *fly ash* tidak maksimal. Melihat hasil ini, menarik untuk dilakukan uji lanjutan dengan alat SEM untuk mengetahui apakah ada CSH yang terbentuk atau tidak.

4.4 Hasil Uji Leaching Logam Berat

Dari penelitian sebelumnya terhadap toksitas abu batubara PLTU asam-asam dan air rendaman beton dan batako *fly ash* (Prasetia, I. dan Prihatini, N., S. 2015; Prasetia, I. dan Prihatini, N., S. 2016) ditemukan beberapa poin yang menarik. Pertama bahwa dari uji TCLP terhadap abu batubara PLTU Asam-Asam diketahui bahwa kandungan Kadmium (Cd) yang ada melebihi baku mutu yang ditentukan dalam PP Nomor 101 Tahun 2014. Hasil ini juga selaras dengan hasil penelitian air rendaman beton dan batako *fly ash* dimana hasil uji menunjukkan nilai pemeriksaan Kadmium (Cd) yang jauh diatas baku mutu air bersih. Akan tetapi, yang menarik adalah apabila dibandingkan dengan hasil pemeriksaan kandungan Cd dalam *fly ash* PLTU asam-asam dengan menggunakan metode TCLP menunjukkan angka antara 0,41 s.d 0.58 mg/l. Hal ini memperlihatkan adanya penurunan kandungan Cd pada air rendaman yang dibawah 0,33 mg/l. Kemudian, hasil Uji Toksikologi LD50 *fly ash* PLTU asam-asam tidaklah memiliki sifat toksitas akut. Sehingga dapat dikatakan bahwa *fly ash* PLTU asam-asam tidak membahayakan lingkungan, kelangsungan hidup dan kesehatan makhluk hidup.

Berdasarkan kedua penelitian tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk melakukan perlakuan yang berbeda yang disesuaikan dengan pemanfaatan batako pasir sebagai material bangunan, dalam hal ini sebagai elemen dinding. Pada kondisi dilapangan batako sebagai elemen dinding memang akan ditutupi dengan plester dan acian. Selain itu, dinding bangunan berada diatas tanah sehingga akan jarang sekali terendam air. Oleh karena itu, perlakuan yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu perlakuan batako diplester yang disiram air (selanjutnya disebut sebagai BKP) dan perlakuan batako diplester dan diaci yang disiram air (BKPA).

Hasil pengujian terhadap air yang disiramkan ke sampel batako dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Hasil pengujian air siraman batako *fly ash* dengan metode uji Spektrofotometri

No	Sampel	Hasil Pemeriksaan (mg/l)		
		Kadmium (Cd)	Krom val.6 (Cr ⁶⁺)	Timbal (Pb)
1	BKP10	0,0020	0,0700	0,0180
2	BKP20	0,0020	0,0800	< 0,0100
3	BKP+10	0,0045	0,0600	0,0190
4	BKPA10	0,0027	0,0400	0,0130
5	BKPA20	0,0055	0,0900	< 0,0100
6	BKPA+10	0,0024	0,0500	0,0360

Berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih didapatkan nilai kadar maksimum logam berat Arsen (As), Kadmium (Cd), Krom valensi enam (Cr⁶⁺) dan Lead/ Timbal (Pb) yang terkandung dalam air bersih adalah sebagai berikut:

1. Kadmium (Cd) = 0,0050 mg/l
2. Krom valensi enam (Cr⁶⁺) = 0,0500 mg/l
3. Lead/ Timbal (Pb) = 0,0500 mg/l

Selain itu, berdasarkan Pergub Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) diketahui bahwa Kadmium (Cd) dalam air harus tidak lebih dari 0,0500 mg/l. Berdasarkan kedua aturan tersebut, maka terlihat bahwa dengan perlakuan terhadap sampel yang diterapkan pada penelitian ini, terlihat bahwa kandungan logam berat dalam *fly ash* dapat diimmobilisasi dengan baik. Nilai yang sedikit lebih tinggi dari ambang batas hanya terdapat pada hasil pemeriksaan Krom valensi enam (Cr⁶⁺).

Dari beberapa sampel yang ada hal menarik untuk diamati adalah perbandingan jumlah *fly ash* yang terkandung didalam beton atau batako dengan jumlah kandungan logam berat yang terdeteksi larut dalam air rendaman. Secara umum, jumlah kadar logam berat yang terlarut dalam air rendaman adalah sama berbanding lurus dengan banyaknya rasio *fly ash* dalam sampel tersebut. Batako yang adalah material komposit dapat membuat bahan-bahan campurannya, termasuk *fly ash* dan logam berat yang dikandungnya, menjadi padat. Peranan “*immobilisasi*” logam berat dari *fly ash* tidak terlepas dari pengaruh penurunan angka pori beton/batako yang diberikan oleh *fly ash*. Dalam campuran beton, *fly ash* dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida (CH) yang merupakan produk sampingan dari reaksi kimia air dengan semen. Dengan berekasinya CH dengan *fly ash* akan mengurangi angka pori dalam beton karena CH memiliki pori-pori yang besar. Dengan efek tersebut membuat perpindahan ion/ kandungan kimia dalam beton menjadi terbatas. Inilah yang menjadi efek “*immobilisasi*” logam berat dari *fly ash*.

Hasil pengujian ini dapat mendukung hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian terhadap air siraman batako yang dilakukan menunjukkan bahwa *fly ash* PLTU asam-asam dapat di*immobilisasi* dengan baik dengan cara diplaster dan lebih-lebih lagi dengan diplaster dan diaci. Sehingga dapat dikatakan bahwa *fly ash* PLTU asam-asam tidak membahayakan lingkungan, kelangsungan hidup dan kesehatan makhluk hidup. Dengan hasil ini *fly ash* PLTU asam-asam dapat direkomendasikan sebagai material konstruksi, khususnya untuk batako dinding bangunan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap aplikasi *fly ash* sebagai bahan campuran batako beton, ada beberapa point penting yang dapat kita ambil sebagai kesimpulan yaitu:

1. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa pergantian semen dengan *fly ash* sebesar 20% memberikan kuat tekan yang paling tinggi yaitu sebesar 9,3 Mpa.
2. Hasil pemeriksaan air siraman dari batako *fly ash* terlihat bahwa semua sampel memiliki nilai pemeriksaan Kadmium (Cd) yang dibawah baku mutu air bersih. Walaupun untuk sebagian sampel nilai Krom valensi enam (Cr^{6+}) mash sedikit diatas baku mutu.
3. Batako memiliki kemampuan “immobilisasi” logam berat dari fly yang cukup baik, khususnya bila telah diplester dan diaci.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil pengujian yang didapatkan, dapat direkomendasikan bahwa abu batubara PLTU asam-asam dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi terutama untuk pemanfaatanya sebagai Batako. Selanjutnya, mengingat kuat tekan yang masih sedikit diatas batako normal, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan *job mix* yang berbeda, cara pengadukan yang berbeda, cara *curing* yang berbeda atau dengan memperpanjang umur *curing* sampel. Selain itu, penelitian selanjutnya juga harus difokuskan kepada metode untuk menurunkan nilai Krom valensi enam (Cr^{6+}) mash sedikit diatas baku mutu. Hal ini juga dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mencoba meneliti kandungan air yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI Nomor S 04 1989 F tentang “Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam”. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI Nomor 03-2847-2002 tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung”. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI Nomor 2847 tahun 2013 tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta
- Blackburn, R. 2006. *Practical Application of Pervious Concrete: Mix Designs that are Workable*, Conference of National Ready Mixed Concrete Association, Nashville, USA
- Hadi, C. 2003. *Beton Non-Pasir dengan Agregat Batu Kapur Asal Klaten Ukuran 10 – 20 mm*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Isnugroho. 2002. *Tinjauan Penyebab dan Upaya Penanggulangannya*. Jurnal Air, Lahan. Lingkungan dan Mitigasi Bencana. Volume 7 Nomor 2
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Murdock, L. J. dan Brook K. M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Diterjemahkan oleh: Hindarko, Stephanus. Erlangga. Jakarta:
- Nugraha, Paul. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan Beton Kinerja Tinggi*. Andi Offset. Yogyakarta
- Pramono, Didiek. Suryadi H.S. 2008. *Bahan Konstruksi Teknik*. Penerbit Gunadarma. Jakarta.
- Prasetia, I. dan Prihatini, N., S. 2015. *Tingkat Toksisitas Abu Batubara PLTU Asam-Asam*. Temu Ilmiah Tahunan II Rekayasa Sipil PSMTS UNLAM. Banjarmasin.
- Prasetia, I. dan Prihatini, N., S. 2016. *Pengaruh Limbah Abu Batubara Sebagai Bahan Konstruksi Terhadap Pencemaran Lingkungan*. Seminar Ilmiah Nasional XII Implementasi “Go Green” dalam Pengelolaan Lingkungan Tropika. IPB. Bogor
- Tjokrodimulyo, K. 2009. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada