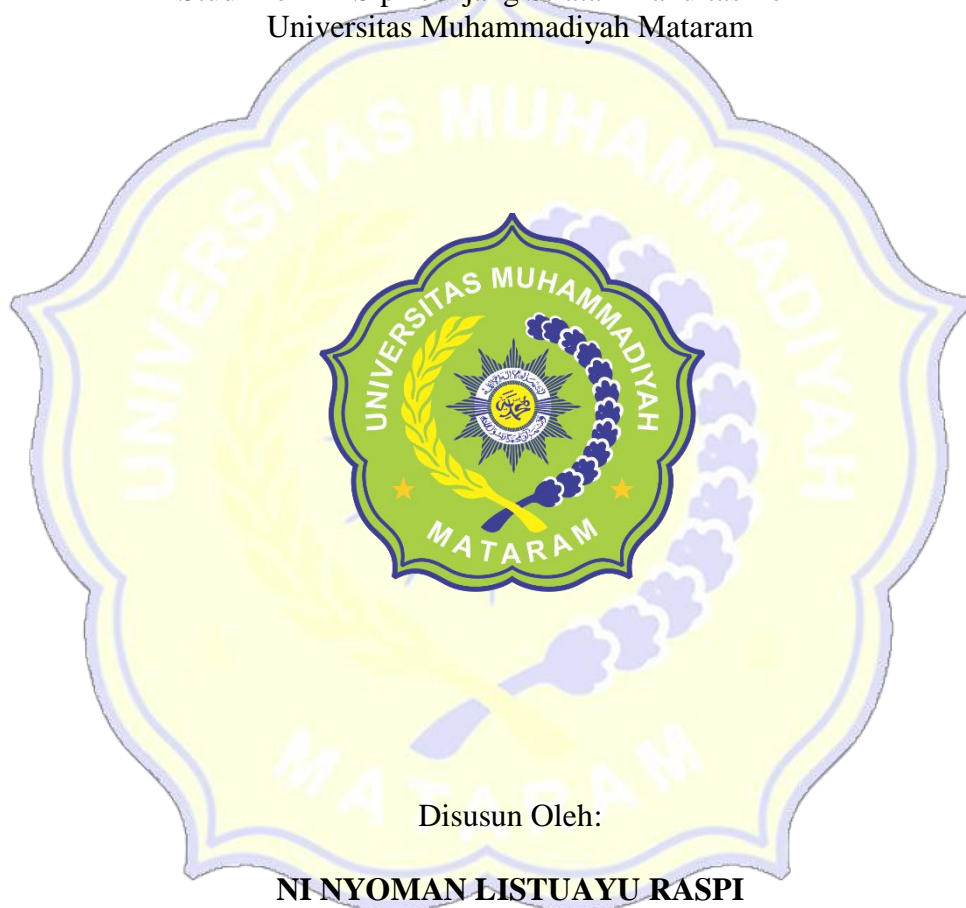


SKRIPSI
STUDI PEMANFAATAN *FLY ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR
BATAKO

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Pada Program
Studi Teknik Sipil Jenjang Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



Disusun Oleh:

NI-NYOMAN LISTUAYU RASPI
2019D1B176P

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2023

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**STUDI PEMANFAATAN *FLY ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR
BATAKO**

Disusun Oleh :

NI NYOMAN LISTUAYU RASPI
2019D1B176P

Mataram, 27 Juni 2023

Pembimbing I,


Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.
NIDN. 0828087201

Pembimbing II,


Aulia Muttaqin, ST., M.Eng.
NIDN. 0802068401

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,


Dr. H. Aji Syaileendra Ubaidillah, ST., M.Sc.
NIDN. 0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**STUDI PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR
BATAKO**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : NI NYOMAN LISTUAYU RASPI

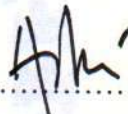
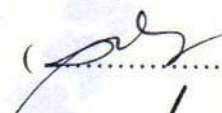

NIM : 2019D1B176P

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Mataram, 27 Juni 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. ()
2. Penguji II : Aulia Muttaqin, ST., M.Eng. ()
3. Penguji III : Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng. ()

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,


Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc.

NIDN. 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul : **“STUDI PEMANFAATAN FLYASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR BATAKO”**. Benar - benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan saksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi

Mataram, Juni 2023

Yang membuat
pernyataan



Ni Nyoman Listuayu Raspi
2019D1B176P



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NI NYOMAN LISTUAYU RASPI
 NIM : 2019 DIB 176 P
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 3 April 1994
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp : 085 961 555 325
 Email : listu0304@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

STUDI PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN
 DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR BATAKO

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 47

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, ... 26 Juli 2023
 Penulis



NI NYOMAN LISTUAYU RASPI
 NIM. 2019 DIB 176 P

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A.
 NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NI NYOMAN LISTUWATI RASPI
 NIM : 2019 D1B 176 P
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 3 APRIL 1994
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp/Email : 085 961 555 325
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama ***tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta*** atas karya ilmiah saya berjudul:

STUDI PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR BATAKO

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 26 Juli 2023 2023
 Penulis



NI NYOMAN LISTUWATI RASPI
 NIM. 2019 D1B 176 P

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A.
 NIDN. 0802048904

MOTTO

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa.”

(Ridwan Kamil)

" Akan selalu ada jalan menuju sebuah kesuksesan bagi siapapun, selama orang tersebut mau berusaha dan bekerja keras untuk memaksimalkan kemampuan yang ia miliki."

(Bambang Pamungkas)

“Life is a sculpture you make when you make mistakes and learn from them.”

(Kim Namjoon)

“Pada akhirnya, sesulit apapun keadaannya, kita pasti akan kembali ke tempat yang menerima kita apa adanya”

(LisEn, 2022)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Es, yang telah memberikan berkat dan karunia- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“STUDI PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR BATAKO”** ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk dapat digunakan sebagai persyaratan dalam menempuh gelar Sarjana Strata 1 (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini. Untuk itu penulis menghaturkan banyak terimakasih kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA. selaku rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syaliendra Ubaidillah, ST., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Aulia Muttaqin, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng. Selaku Dosen Penguji
7. Seluruh Dosen-Dosen dan Pihak Sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan karna keterbatasan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi bahan masukan bagi rekan rekan dalam penyusunan skripsi.

Mataram, Juni 2023

Penulis

Ni Nyoman Listuayu Raspi

2019D1B176P

PERSEMBAHAN

Skripsi ini diselesaikan berkat adanya bantuan dan dorongan baik moral maupun material dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang setulus-tulusnya terutama kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa dengan segala Rahmat dan Karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua saya Bapak I Gede Alon Mustika (almarhum) dan Ibu Ni Gusti Ayu Rupui, saudari tercinta Ayu Putu Santika, saudara tercinta I Gede Agus Yoga Armika, I Ketut Aditia Para dan semua keluarga yang selalu memberikan dukungan dan do'a yang tiada hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teruntuk diri sendiri, terimakasih telah berjuang sejauh ini dengan melawan ego dan mood yang tidak menentu selama penulisan skripsi ini.
4. Terima kasih untuk orang spesial I Made Aryata, ST., MM yang selalu membersamaiku agar selalu semangat dalam mengerjakan skripsi dan menjadi salah satu donatur selama mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
5. Teruntuk sahabat terdekatku Deni Rahamawati, tanpa semangat dukungan dan bantuannya tak mungkin saya sampai disini, terimakasih untuk canda tawa, tangis dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa! Semangat!!
6. Segenap teman-teman dan keluarga teknik angkatan 2018, 2019, 2020, 2021, terimakasih untuk bantuannya dalam penelitian skripsi ini sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini sampai selesai dengan lancar.
7. Serta semua orang yang telah ikut andil dalam membantu penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir yang mungkin tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

ABSTRAK

Penggunaan batu bara sebagai bahan bakar pada industri Pembangkitan Listrik Tenaga Uap (PLTU) menghasilkan limbah berupa abu terbang (*Fly Ash*). Kandungan silika dan kapur pada *Fly Ash* yang cukup tinggi berpotensi dapat digunakan sebagai bahan campuran konstruksi bangunan. Salah satu alternatif adalah pembuatan batako dengan menggunakan *Fly Ash* dinilai dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Penelitian ini menggunakan bahan tambahan *Fly Ash* (abu terbang) sebagai campuran dalam pembuatan batako pasangan dinding. Sesuai standar SNI 03-0345-1989.

Proporsi variasi penambahan *Fly Ash* 0% (sebagai acuan), 5%, 15%, 25%, 35% dan 50% dari berat semen dengan perbandingan 1PC : 6PS. Benda uji yang digunakan berukuran 30cm x 15cm x 10cm tiap variabel 6 buah benda uji (3 buah untuk pengujian kuat tekan dan 3 buah untuk pengujian daya serap air) dan pengujian dilakukan saat batako berumur 28 hari. Kuat tekan batako mengalami peningkatan kuat tekan pada proporsi *Fly Ash* 5% dan 15% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 8,824 Mpa dan 9,371 Mpa dan mengalami penurunan kembali pada proporsi 25%, 35%, 50% sedangkan tanpa penambahan *Fly Ash* memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 7,743 Mpa. Penambahan *Fly Ash* pada bahan ikat semen juga mempengaruhi daya serap air batako. Nilai daya serap air pada batako dengan penambahan *fly ash* pada proporsi 15% pada umur 28 hari lebih rendah dibandingkan batako dengan umur 14 hari yaitu sebesar 7,053% untuk 28 hari dan 7,526 untuk 14 hari.

Kata kunci : *Fly Ash*, batako, kuat tekan, daya serap air.

ABSTRACT

Fly ash waste is produced when coal is used as a fuel in Electric Steam Power Plants (PLTUs). Due to its high silica and lime content, fly ash has the potential to be used as an addition for building materials. Making concrete blocks (batako) from fly ash is a practical solution that is thought to reduce environmental pollution. In accordance with SNI 03-0345-1989, the study's main objective is to incorporate fly ash as an additive in the production of concrete block wall units. With a ratio of 1 Portland Cement: 6 Sand, the experiment included adding fly ash in various amounts, including 0% (as a control), 5%, 15%, 25%, 35%, and 50% by weight of cement. Specimens of dimensions 30cm x 15cm x 10cm were prepared for each variation, resulting in six specimens per variable (three for compressive strength testing and three for water absorption testing). The tests were conducted on the 28th day after the concrete blocks' fabrication. The compressive strength of the concrete blocks exhibited an increase at 5% and 15% fly ash proportions, reaching average strengths of 8.824 MPa and 9.371 MPa, respectively. However, the compressive strength decreased with fly ash proportions of 25%, 35%, and 50%, whereas concrete blocks without fly ash additive demonstrated an average compressive strength of 7.743 MPa. The addition of fly ash to the cement binder also influenced the water absorption capacity of the concrete blocks. The water absorption value for concrete blocks with a 15% fly ash addition at 28 days was lower than that at 14 days, measuring at 7.053% and 7.526%, respectively.

Keywords: Fly Ash, Concrete Blocks, Compressive Strength, Water Absorption.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Batako.....	6
2.2.2 Material Penyusun Batako.....	8
2.2.3 Syarat Mutu Batako	13
2.2.4 Tipe Batako	15
2.2.5 Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako.....	15
2.2.6 Pengujian Batako.....	15

BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Lokasi Penelitian	22
3.1.1 Lokasi Pengambilan <i>Fly Ash</i>	22
3.1.2 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Persiapan Penelitian	23
3.2.1 Bahan Penelitian.....	23
3.2.1 Alat Penelitian.....	26
3.3 Pemeriksaan Agregat Halus	30
3.4 Kebutuhan Benda Uji	32
3.5 Kebutuhan Material Yang Digunakan.....	33
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	34
3.7 Perawatan Benda Uji.....	35
3.8 Pengujian Benda Uji.....	36
3.9 Analisa Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Tinjauan Umum	38
4.2 Analisa Agregat Halus (Pasir).....	38
4.3 Pengujian Kuat Tekan.....	47
4.4 Pengujian Daya Serap Air.....	52
4.5 Pengujian Densitas Batako.....	56
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	13
Tabel 2.2	Dimensi dan Toleransi Bata Beton	14
Tabel 2.3	Klasifikasi Bata Beton Menurut SNI-03-0349-1989	14
Tabel 2.4	Konversi Umur Uji Kuat Tekan Beton	14
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji Batako.....	33
Tabel 3.2	Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Kuat Tekan.....	32
Tabel 3.3	Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Daya Serap Air.....	34
Tabel 4.1	Berat Satuan Lepas Pasir.....	39
Tabel 4.2	Berat Satuan Padat Pasir	40
Tabel 4.3	Pemeriksaan Berat Jenis Pasir	41
Tabel 4.4	Modulus Halus Butiran agregat Halus.....	43
Tabel 4.5	Gradasi Pasir	44
Tabel 4.6	Gradasi Agregat Halus (Pasir) No.3	45
Tabel 4.7	Hasil Analisa Kadar Air Agregat Halus (Pasir).....	46
Tabel 4.8	Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	47
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata 14 Hari.....	49
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari	50
Tabel 4.11	Hubungan Kuat Tekan Batako dengn Proporsi <i>Fly Ash</i>	51
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata 14 Hari.....	53
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata 28 Hari.....	54
Tabel 4.14	Hubungan antara Rata-rata Daya Serap Air Batako Dengn Proporsi <i>Fly Ash</i>	55
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Densitas Pada Kuat Tekan Batako	57
Tabel 4.16	Hubungan Densitas dengan Proporsi <i>Fly Ash</i> Pada Kuat Tekan Batako	57
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Densitas Pada Daya Serap Air Batako	59
Tabel 4.18	Hubungan Densitas dengan Proporsi <i>Fly Ash</i> Pada Daya Serap Air Batako	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan <i>Fly Ash</i>	22
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	23
Gambar 3.3 Semen Portland Grade I	24
Gambar 3.4 Pasir Sungai.....	24
Gambar 3.5 <i>Fly Ash</i>	25
Gambar 3.6 Air.....	25
Gambar 3.7 Ayakan Agregat Halus	26
Gambar 3.8 Timbangan Digital.....	26
Gambar 3.9 Timbangan Duduk.....	27
Gambar 3.10 Piknometer	27
Gambar 3.11 Cetakan Ukuran 15cm x 15cm x 15cm	28
Gambar 3.12 Cetakan Ukuran 30cm x 15cm x 10cm	28
Gambar 3.13 Bak Perendam Benda Uji	29
Gambar 3.14 Oven	29
Gambar 3.15 Alat Uji Kompresi (<i>Compression Tester/ CTM</i>)	29
Gambar 3.16 Bagan Alur Penelitian	37
Gambar 4.1 Gradasi agregat Halus (Pasir) No.3.....	45
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Batako Dengan Proporsi <i>Fly Ash</i>	51
Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Rata-rata Daya Serap Air Batako dengan proporsi <i>Fly Ash</i>	55
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Densitas Dengan Proporsi <i>Fly Ash</i> Pada Kuat Tekan.....	58
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Densitas Dengan Proporsi <i>Fly Ash</i> Pada Daya Serap Air Batak	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembang pesatnya pembangunan di Indonesia kebutuhan akan bahan bangunan juga semakin meningkat, sementara jumlah bahan bangunan tersebut sangat terbatas. Dalam hal ini diperlukan inovasi baru sebagai alternatif lain untuk menggantikan bahan bangunan yang ada. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah sebagai alternatif bahan bangunan yang tersedia saat ini guna mengurangi dampak lingkungan.

Pertumbuhan industri teknologi di Indonesia juga dipengaruhi oleh masalah yang terus muncul, khususnya masalah limbah. Sebagai contoh, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang yang menggunakan bahan bakar utama batubara dan dijalankan oleh PT. PLN (Persero) Wilayah Nusa Tenggara Barat, menghasilkan *Fly Ash* yang merupakan limbah utama pembangkit batubara dan akan menyebabkan pencemaran jika terus menerus terbakar tanpa ada potensi kegunaannya dimana saat ini limbah batu bara bukan lagi menjadi limbah B3.

Pada saat ini, telah terbit Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana *Fly Ash dan Bottom Ash (FABA)* termasuk kedalam limbah Non B3 terdaftar. Menurut (Sivakumar et al., 2015) *Fly Ash* cocok juga digunakan sebagai bahan baku diberbagai industri karena merupakan bahan yang kaya akan oksida. Dan dipertegas lagi oleh (Norhaliza, 2021) bahwa *Fly Ash dan Bottom Ash (FABA)* bukan saja dapat dimanfaatkan juga sebagai bahan utama ataupun bahan campuran pada konstruksi bangunan, tapi juga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan batu bata, batako, pembuatan keramik, konstruksi jalan, produksi beton dan kegiatan lainnya. Adapun bahan alternatif yang apat digunakanan untuk memanfaatkan limbah produksi batu bara PLTU adalah dengan menggunakan *Fly Ash* untuk meningkatkan mutu atau kualitas batako.

Salah satu faktor penyebab kualitas batako rendah adalah perbandingan jumlah semen dengan pasir kurang tepat, dimana terlalu sedikit penggunaan semen dari perbandingan yang seharusnya, sehingga dibutuhkan lebih banyak semen

untuk menangani peningkatan kualitas dan kuat tekan batako. Dengan penggunaan semen yang lebih banyak ini akan menyebabkan biaya produksi juga meningkat. Dikarenakan harga satuan batako masih cukup rendah, hal ini mungkin akan berdampak buruk bagi pengusaha batako. Untuk itu, meskipun dengan biaya produksinya yang murah, namun diperlukan cara yang dapat meningkatkan mutu batako. Penambahan bahan *aditif* berupa *Fly Ash* hasil pembakaran batu bara adalah salah satu cara yang dapat digunakan. Pemanfaatan *fly ash ini* dapat meningkatkan kualitas batako dengan memperbanyak pemadatan komponen campuran di batako.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimanakah pemanfaatan *Fly Ash* sebagai pengganti sebagian semen ditinjau dari Kuat Tekan dan Daya Serap Air Batako?
2. Bagaimanakah proporsi optimum *Fly Ash* pada campuran batako?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini mempunyai tujuan antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pemanfaatan *Fly Ash* sebagai pengganti Sebagian semen ditinjau dari Kuat Tekan dan Daya Serap Air Batako.
2. Mengetahui proporsi optimum *Fly Ash* pada campuran batako.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan disusunnya penulisan Tugas Akhir mengenai Studi Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batako ini diharapkan dapat bermanfaat:

1. Memberikan informasi dalam bidang ilmu bahan bangunan, khususnya mengenai pemanfaatan *Fly Ash* sebagai pengganti sebagian semen ditinjau dari Kuat Tekan dan Daya Serap Air Batako.
2. Memberikan informasi mengenai manfaat *Fly Ash* yang merupakan limbah produksi batu bara PLTU Jeranjang sebagai alternatif bahan bangunan.
3. Bagi para peneliti dan mahasiswa semoga penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi atau referensi untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut mengenai batako.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah hadir dalam penelitian ini agar tidak berpindah dari rumusan masalah tersebut di atas untuk menutupi ruang penelitian. Masalah batasan-batasan yang tercantum di atas adalah:

1. Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I dengan merek Tiga Roda.
2. *Fly Ash* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fly Ash* Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang, kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat.
3. Proporsi persentase *Fly As*) yang digunakan 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, 50% terhadap volume semen.
4. Design campuran disesuaikan dengan proporsi 1PC: 6PS dengan faktor air semen fas 0,5.
5. Pengujian terhadap sifat mekanik bata beton (batako) meliputi Kuat tekan, dan Daya serap air.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Batako yang juga dikenal dengan sebutan bata cetak beton adalah sejenis bahan bangunan yang terbuat dari semen, pasir, air dan bahan tambahan lainnya. Agar dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk pasangan dinding yang memenuhi syarat, batako harus dicetak sedemikian rupa (Darmono, 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Siagian dan Dermawan (2011) menghasilkan batako dengan kekuatan tekan lebih besar jika menggunakan *fly ash* 5%, 10% dan 15% sebagai pengganti semen dalam campuran dibandingkan tanpa menggunakan *Fly Ash*, dalam hal ini hanya menggunakan semen, pasir dan air dengan perbandingan 1PC : 2,75PS : fas 0,5 dan batako dibuat berbentuk balok dengan panjang setiap sisi 9 cm. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 20,76 Mpa, 26,00 Mpa dan 22,40 Mpa sedangkan tanpa penambahan abu terbang memiliki kekuatan tekan rata-rata 16,46 Mpa.

Fly Ash adalah bubuk halus yang terdiri dari silika. Butiran *fly ash* yang halus dapat mengisi rongga dan pori-pori di batako dan beton. Bahan *pozzolan*, *silika* dan *alumina*, ditemukan dalam *Fy Ash*. *Fly Ash* tidak memiliki sifat perekat seperti semen saat membuat beton atau batako. Sebaliknya, air bereaksi dengan *pozzolan fly ash* dan *kalsium hidroksida* untuk membentuk *kalsium silika hidrat*. Senyawa yang terbentuk ini, seperti semen, memiliki kemampuan mengikat. Dalam penelitian ini menggunakan semen pasir dan air dengan perbandingan 1PC: 3PS dengan fas 0,5 (Nurchasanah, Y., 2013).

Pangestuti (2011) meakukan penelitian mengenai *Penambahan Limbah Abu Batu Bara Pada Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air* dilaku. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh limbah batu bara pada kuat tekan dan penyerapan air batako. Kisaran proporsional untuk penambahan *fly ash* meliputi sekitar 0% (untuk acuan), 10%, 20%, 30%, 40%, dan 70% dari berat semen dengan 1PC: 6PS. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 10 x 20 x 40 cm dan memiliki tiga buah lubang. Setiap variabel memiliki enam benda uji, dan percobaan dilakukan ketika batako berusia 28 hari.

Penambahan proporsi abu terbang (*Fly Ash*) adalah 0% (untuk acuan), 10%, 20%, 30%, dan 40%, 70%. Nilai kuat tekan belah tertinggi berada pada 30% adalah 19,59 kg/cm² dimana membuat batako menjadi kedap air.

Hardyanto (2011) melakukan penelitian *Mengenai Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Karakteristik Batako Menggunakan Teknologi Manual Blok Getar*. Komposisi *Fly Ash* yang dipakai dalam campuran bahan tambahan batako terdiri dari 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% dari berat semennya dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1PC: 8PS serta fas 0,55. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan, penyerapan air, porositas dan pengujian densitas. Pengujian pada masing-masing campuran batako dilakukan setelah batako berumur 14 hari. Berdasarkan dari hasil pengujian pada masing–masing komposisi campuran batako diperoleh persentase penambahan abu batubara (*fly ash*) yang efektif yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan batako yaitu dengan komposisi campuran 1PC: 8PS: 5% *fly ash*. Pada penelitian ini kuat tekan tertinggi diperoleh pada batako dengan penambahan *fly ash* sebesar 5% dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 59,107 Kg/Cm². Nilai berat volume tertinggi diperoleh dengan penambahan *fly ash* sebesar 5% dengan nilai berat volume sebesar 1,839 kg/cm³. Sedangkan pada proporsi *fly ash* 5% nilai resapan air dan porositas air didapatkan nilai terkecil yaitu nilai resapan air sebesar 6,981% dan nilai porositas sebesar 13,79 kg/cm³. Nilai kuat tekan berbanding lurus dengan nilai berat volume dan berbanding terbalik dengan nilai resapan air serta nilai porositas.

Setiawan, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan *fly ash* PLTU sebagai agregat dalam pembuatan batako. Perbandingan semen dan pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah 1PC: 3PS. Komposisi tambahan yang digunakan adalah limbah *fly ash* dengan komposisi 5%; 10%; dan 15% dari 100% berat total batako dan dilakukan pembuatan batako tanpa tambahan *fly ash* (0%) sebagai variabel kontrol. Setelah pengeringan batako selama 28 hari, dilakukan pengujian fisik batako. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter fisik dan pemanfaatan *fly ash*, komposisi optimal dalam pembuatan batako dengan bahan tambahan *fly ash* adalah batako dengan variabel C dengan komposisi 25% semen, 75% pasir dan penambahan 10% fly ash dari berat total batako. Batako

variabel C memiliki pandangan luar dengan permukaan cukup halus dan padat, rusuk siku satu terhadap yang lainnya tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan. Batako ini memiliki pori kecil karena kekuatan semen, pasir dan ukuran *fly ash* yang sangat kecil mampu mengisi pori-pori pada batako. Batako variabel B memiliki nilai daya serap air dan nilai kuat tekan termasuk dalam mutu I pada SNI 03-0349-1989 dengan nilai sebesar 9,2% dan 109 kg/cm².

Hamidi, dkk (2014) melakukan penelitian mengenai *Pemanfaatan Abu Terbang Batu Bara (Fly Ash) Sebagai Bahan Batako Yang Ramah Lingkungan*. Di dalam penelitian, *fly ash* dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan batu bata dengan semen perbandingan komposisi terhadap pasir 1PC: 6PS dan penggantian pasir dengan berat *fly ash* variasi 10%, 20%, 30%, 40%. Uji kuat tekan dilakukan setelah 28 hari. Hasil uji kuat tekan balok tersebut dengan variasi 0% *fly ash* menghasilkan kuat tekan sebesar 115kg/cm², 10% sebesar 155kg/cm², 20% sebesar 120kg/cm², 30% sebesar 120kg/cm², 40% sebesar 95kg/cm². Sifat mekanik, khususnya kuat tekan meningkat signifikan. Dimana kuat tekan terbesar adalah 155 kg/cm² dengan komposisi limbah 10%. Hasil uji TCLP menunjukkan bahwa sebagian besar kandungan logam berat Pb, Cu dan Cr diimobilisasi dengan baik sehingga *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan campuran batu bata yang aman untuk lingkungan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Batako

Batako adalah salah satu bahan bangunan yang berupa batu bata yang proses pengerasannya tidak terbakar, bercampur pasir, semen, air, dalam produksinya dapat ditambahkan bahan tambahan lain. Pembuatan batako dilakukan dengan cara dicetak dengan dimensi tertentu yang digunakan sebagai bahan bangunan dinding bangunan selama proses konstruksi, jenis batako meliputi:

a. Batako Pejal

Batako Pejal adalah batu bata dengan massa padat lebih besar dari 75% volume total bata dan luas penampang padat 75% atau lebih dari total luas penampang.

b. Batako Berlubang

Batako berlubang adalah batako dengan lubang penampang lebih besar dari 25% dari luas penampang batako dan volume lubang lebih besar dari 25% dari total volume batako.

Cara pembuatan batako dan komposisinya sangat memengaruhi kekuatan dan mutunya. Bisa dibuat secara mesin atau manual. Perbedaan antara keduanya dapat dilihat dari perhitungan permutasi unsur-unsurnya. Batako tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran untuk memenuhi kebutuhan pemasangan. Batako terbagi menjadi dua kategori yaitu batako standar dan batako ringan.

Supribadi, (1986) Batako didefinisikan sebagai "sejenis batu yang terbuat dari campuran tras, kapur, dan air atau dapat dibuat dari campuran semen, kapur, pasir, dan air yang ditambahkan, dicetak menjadi balok-balok dalam keadaan serbuk (lengket)." (Supribadi, 1986). Menurut Pasal 6 Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (1982), "batako adalah sejenis batu bata yang dibuat dengan cara dicetak dan diawetkan dalam keadaan basah." Ini karena suhu tinggi dapat mencegah batu bata dari menguap. Kehilangan untuk mencegah hidrasi, dengan intensitas yang sesuai. Penyusutan mengering dengan cepat dan lebih awal, menyebabkan tegangan tarik yang dapat menyebabkan keretakan. Menurut Murdock, L.J. (1991).

Menurut SNI 03-0349-1989, batako adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau *Pozolan*, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding".

Didasarkan pada beberapa pengertian di atas, batako adalah batuan yang tidak dibakar yang dibuat dengan campuran pasir, semen, dan air sebagai bahan pembentuk. Kemudian dicetak melalui proses pemadatan sehingga menjadi balok dengan ukuran tertentu. Selama proses pembuatannya, tidak dibakar dan disimpan di tempat yang lembab dan aman dari hujan dan matahari. Setelah dicetak, dicetak sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan pelengkap makan.

Menurut Frick Heinz dan Koesmartadi (1999), pemasangan batako memiliki beberapa keunggulan dibanding batu bata.

- A. Lebih hemat menggunakan adukan
- b. Pemasangan lebih gesit
- c. Dapat dibuat sendiri menggunakan mesin press yang sangat tahan lama
- d. Lebih hemat selama konstruksi

Menurut Wardana Aditya (2006), karakteristik batako yang paling signifikan adalah menyerap panas. Dinding yang terbuat dari batako membuat ruangan menjadi tidak menarik.

2.2.2 Material Penyusun Batako

1. Semen

Semen *Portland* adalah jenis pengikat hidrolis yang diproduksi dengan menambahkan yang terbuat dari *kalsium silikat terhidrolisis*, seringkali dalam bentuk natrium sulfat sebagai bahan bangunan yang digabungkan dengan komponen pengikat hidrolis lainnya. Untuk setiap jenis semen ditambahkan berbagai jenis bahan baku, sesuai dengan persyaratan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lingkungan setempat maupun kondisi lain yang diperlukan untuk pelaksanaan desain.

Berdasarkan Peraturan Beton (SK.SNI T-15-1991-03:2) membagi semen *portland* menjadi 5 jenis yaitu:

- a. Tipe I, (*Normal Semen Portland*), juga dikenal sebagai semen *portland* biasa, digunakan untuk bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Tipe II, (*high – early – strength Portland cement*), juga dikenal sebagai *hifh*, memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang saat digunakan. Digunakan dalam pembuatan struktur beton dan bangunan yang selalu terhubung dengan air kotor atau air tanah, juga dapat digunakan untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat), serta saluran air buangan atau struktur yang berada di dekat rawa.
- c. Tipe III (*modifid portland cement*), juga dikenal sebagai semen *portland* modifikasi, membutuhkan kekuatan awal yang tinggi selama fase permulaan

setelah pengikatan. Semen jenis ini digunakan di tempat-tempat yang bersuhu rendah, terutama di tempat-tempat yang memiliki musim dingin.

- d. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang membutuhkan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan besar dan masif seperti bendung, pondasi, dan proyek besar lainnya.
- e. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), Semen portland digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena gas atau uap kimia yang agresif, dan bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam jumlah besar.
- f. *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, Semen portland pozzolan terdiri dari campuran semen tipe I biasa dan *pozzolan*.

Semen memiliki sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat menjadi massa padat yang kuat. Semen dibuat oleh paduan bahan baku yang digunakan dalam industri. Paduan ini terdiri dari batu gamping atau kapur sebagai bahan utama, yang merupakan bahan alam yang mengandung (CaO) dan lempung atau tanah liat sebagai bahan alam yang mengandung (SiO₂), (Al₂O₃), (Fe₂O₃), dan (MgO), serta bahan pengganti lainnya. Hasilnya adalah padatan bubuk (bulk) yang mengeras atau membatu pada pelapis.

Semen berfungsi untuk mengikat partikel agregat yang terpisah menjadi satu kesatuan. Bahan utama yang digunakan untuk membentuk semen adalah:

- a. 3CaO.SiO₂ (*tricalcium silikat*) disingkat C₃S (58% - 69%)
- b. 2CaO.SiO₂ (*dicalcium silikat*) disingkat C₂S (8% - 15%)
- c. 3CaO.Al₂O₃ (*tricalcium aluminate*) disingkat C₃A (2% - 15%)
- d. 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ (*tetracalcium alummoferrit*) disingkat C₄AF(6-14%)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C₃S dan C₂S adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen. Semen dan air saling bereaksi, persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah mineral yang terbentuk secara alami dan digunakan sebagai bahan penyemen dalam konstruksi beton. Memiliki ukuran butiran rata-rata kurang dari 5 mm, atau lolos saringan no. 4, tertahan saringan no. 200. Agregat halus terbuat dari hasil penghancuran alami dari batuan alam atau pasir buatan yang diperoleh dari alat penghancur batu dan pada umumnya pasir terdapat di sungai-sungai besar. Namun yang pasti, pasir yang digunakan untuk bahan bangunan adalah yang memenuhi standar.

Spesifikasi agregat halus aman yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika setiap spesifikasi yang mungkin telah terpenuhi, maka dapat dikatakan bahwa agregat yang dimaksud adalah baik. Spesifikasi tersebut merupakan gradasi susunan butiran. Melalui analisa saringan akan dihasilkan *Fine Modulus*. Tiga jenis pasir berikut dapat dipilih menggunakan *Modulus Halus Butiran*:

- a. Pasir Kasar: $2.9 < MHB < 3.2$
- b. Pasir Sedang: $2.6 < MHB < 2.9$
- c. Pasir Halus: $2.2 < MHB < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33 – 74a. Karena sangat berpengaruh terhadap mutu beton yang diproduksi, maka agregat halus yang digunakan untuk harus memenuhi spesifikasi. Menurut PBI 1971, syarat-syarat agregat sebagai berikut.

- a. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca panas ataupun hujan, pada dasarnya sulit hancur.
- b. Tidak mengandung lumpur >5%. Jika ada lumpur >5%, agregat halus harus dicuci bersih terlebih dahulu.
- c. Agregat halus tidak mengandung bahan organik yang berlebihan.
- d. Agregat halus terdiri atas butiran-butiran yang bervariasi besarnya dan apabila sesuai dengan pernyataan dalam Pasal 3.5 Ayat 1 (PBI 1971), maka harus mengikuti pernyataan persetujuan sebagai berikut:
 - 1) Sisa di atas saringan 4 mm, harus minimal 2% berat.
 - 2) Sisa di atas saringan 1 mm, harus minimal 10% berat.

3) Sisa di atas saringan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-90% berat.

3. *Fly ash*

Fly Ash dan *Bottom Ash (FABA)* merupakan hasil pembakaran sisa batubara dari PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Pembakaran batubara tidak hanya menghasilkan energi listrik, tetapi juga menghasilkan *fly ash* dan *bottom ash* yang secara kolektif dikenal dengan *FABA*. Jumlah batubara yang dikonsumsi untuk kelistrikan dan manufaktur pada tahun 2019 mencapai 138,42 juta ton (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2019), dengan perkiraan pertumbuhan *FABA* mencapai 5% dari total jumlah batubara yang ada, artinya jumlah yang dikonsumsi tahun 2019 diperkirakan mencapai 6,92 juta ton.

FABA yang dihasilkan melalui proses pembakaran batubara di PLTU diklasifikasikan sebagai limbah non-B3 menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Namun, penggunaan *FABA* di dunia untuk baru-baru ini mencapai 25% dari seluruh jumlah abu batubara yang dihasilkan (Sommerville et al., 2013; Blissett dan Rowson, 2012).

Metode pembakaran batu bara yang paling umum, terutama untuk menghasilkan energi dalam skala besar, adalah penggunaan batu bara bubuk, juga dikenal sebagai pembakaran yang fase-terfokus atau pembakaran tersuspensi. Dalam proses ini, batu bara dihaluskan kemudian dimasukkan menggunakan aliran udara ke dalam tungku, yang membentuk bola api dipanaskan hingga suhu antara 1300°C-1700°C. Sebagian besar abu yang dihasilkan oleh proses ini dihasilkan sebagai partikulat yang tersuspensi dalam gas pembakaran dan kemudian ditangkap oleh electrostatic precipitators (*ESPS*) atau perangkat lain yang menyaring abu, seperti bag house *filter*; abu ini dikenal sebagai *fly Ash (FA)*, sedangkan *bottom ash (BA)*, yaitu abu yang bercampur dengan fragmen abu hasil pembakaran lainnya dan dihasilkan dari proses ini, adalah abu yang dikeluarkan dari endapan pada dinding tungku dan terjatuh pada ruang pembakaran (Hower dkk, 2017). *Fly Ash* terdiri dari bahan yang tergolong heterogen dan biasanya bulat dengan dimensi mulai dari 0,5 hingga 300 milimeter, sedangkan *Bottom Ash* memiliki dimensi yang jauh lebih

besar dari 0,5 milimeter (*Chiang dan Pan, 2017*). Komposisi kimia *FABA* sangat bervariasi tergantung pada komposisi dan ukuran partikel batubara alami.

Sifat fisik dan kimia Fly Ash tidak hanya menyangkut jenis batubara yang digunakan dalam proses pembakaran, juga berkaitan dengan teknik yang digunakan untuk membakar batubara. Konfigurasi boiler, kondisi pembakaran dan temperatur, ukuran partikel batubara, dan pembersihan peralatan gas merupakan faktor yang mempengaruhi fly ash, menurut Mukherjee et al. (2008).

Tabel 2.1 Kandungan Kimia *Fly Ash*

NO. Sample	Kode Sample	Parameter Uji	Hasil (%)
3.1938	<i>Fly Ash</i> Unit 3	SiO ₂	38,13
		Al ₂ O ₃	17,24
		Fe ₂ O ₃	5,39
		CaO	15,45
		Na ₂ O	7,32
		K ₂ O	2,14
		MgO	4,23
		SO ₃	2,13
		Loss of Ignition (LOI)	3,43
		Kadar Air (<i>Moisture Content</i>)	1,12
		Kehausan (<i>Fineness</i>) 45 mikron	12,45

Sumber : Laporan Hasil Pengujian Uji Karakteristik *FABA TW I, 2023 PLTU*

Jeranjang

4. Air

Air yang digunakan harus bersih, bebas dari minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya gunakan minuman ringan yang dapat diminum, tidak berwarna (bening) dan tidak berbau.

2.2.3 Syarat Mutu Batako

Untuk produksi mutu batu bata, menurut Dewan Industri, SNI 03-0349-1989, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Pandangan Luar

Bata beton padat harus bebas dari retakan dan lubang, kerusakan saat ditekuk, dan sudut tendon tidak boleh mudah dipotong dengan kekuatan jari.

2. Dimensi dan Toleransinya

Dimensi batako dapat ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Dimensi Dan Toleransi Bata Beton

Jenis Batako bata pejal	Ukuran nominal \pm toleransi		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
Besar	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2
Sedang	300 ± 3	150 ± 3	100 ± 2
Kecil	200 ± 3	100 ± 2	$80 \pm$

Sumber : PUBLI : Persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia Bandung, 1982

3. Syarat-Syarat Fisis Bata Beton

Bata beton pejal harus memiliki definisi fisik sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Bata Beton menurut SNI-03-0349-1989

Syarat	Satuan	Tingkat mutu batako				Tingkat mutu batako			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

sumber : SNI 03-0349-1989

Catatan :

1. Kuat tekan total adalah total beban tekan pada saat benda uji putus dibagi dengan luas permukaan beton tegangan yang sebenarnya, termasuk luas lubang dan tepi cekungan.

2. *Tingkat Mutu :*

Tingkat I : untuk dinding non struktural terlindungi

Tingkat II : untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban).

Tingkat III : untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan & panas

Tingkat IV : untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca.

2.2.4 Tipe Batako

Menurut Sukardi Eddi dan Tanudi, jenis ubin, yaitu:

- a. Dimensi lebar, tinggi, dan panjang untuk Tipe A adalah 20 x 20 x 40 cm. Berlubang. Untuk makan malam formal, minum ini.
- b. Tipe B Dimensi: 20 x 20 x 40 cm untuk lebar, tinggi, dan panjang. Berlubang. Dipakai khusus sebagai penutup pada pertemuan-pertemuan dan sudut-sudut.
- c. Tipe C Dimensi: 10 x 20 x 40 cm untuk lebar, tinggi, dan panjang. Berlubang. Untuk dikonsumsi sebagai pengisi makan malam.
- d. Lebar, tinggi, dan panjang Dimensi: 10 x 20 x 40 cm. Berlubang. Diterapkan sebagai penutup pada makan malam pengisi.
- e. Dimensi lebar, tinggi, dan panjang: 10 x 20 x 40 cm. Sama sekali tidak lubang. Untuk tujuan makan dan untuk hubungan sudut pertemuan, harap gunakan ini.
- f. Dimensi lebar, tinggi, dan panjang 8 x 20 x 40 cm. Sama sekali tidak lubang. Untuk dikonsumsi sebagai pengisi.

2.2.5 Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui spesifikasi material yang digunakan. Pemeriksaan dilakukan sebagai berikut:

1. Semen

Proses pemeriksaan semen dilakukan secara *visual*, semen yang digunakan adalah semen *portland* grade I yang memiliki lambang SNI (Standar Nasional Indonesia). Semen yang digunakan harus terbuat dari bahan yang aman dan tidak mengandung kotoran.

2. Pasir

Agregat halus pemeriksaan dan pengujian adalah sebagai berikut:

1) Pemeriksaan Berat Satuan pasir

Tata cara pemeriksaan berat satuan lepas pasir adalah sebagai berikut:

- a) Timbang berat bejana (B_1) dan mengukur diameter serta tinggi bejana.
- b) Masukkan pasir ke dalam bejana dengan hati-hati agar tidak ada butiran yang keluar.
- c) Ratakan permukaan pasir dengan menggunakan mistar perata.
- d) Timbang berat bejana yang berisi pasir (B_2).
- e) Hitung berat benda uji ($B_3 = B_2 - B_1$).
- f) Hitung berat satuan agregat lepas.
- g) Berat satuan agregat lepas = $\frac{B_3}{V}$ (2.1)

dengan,

B_3 = berat lepas benda uji (gram)

V = Volume bejana (cm^3)

Tata cara pelaksanaan pengujian berat satuan pasir padat antara lain sebagai berikut:

- a) Timbang wadah (B_1) dan ukur diameter dan tingginya
- b) Isi wadah dengan pasir dalam tiga lapis dengan ketebalan yang sama dengan masing-masing lapisan 25 kali tumbukan. Setiap lapisan memiliki kompresi yang sama.
- c) Ratakan permukaan pasir dengan penggaris Perata.
- d) Timbang wadah penuh pasir (B_2).
- e) Hitung berat benda yang akan diperiksa ($B_3 = B_2 - B_1$).
- f) Satuan massa agregat padat = B_3/V (2.2)

2) Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Tata cara pelaksanaan tes tipe passing antara lain sebagai berikut:

- a) Keluarkan pasir lalu rendam pasir selama 24 jam.
- b) Air rendaman ditekan, diikuti dengan mengalirnya pasir melalui kondisi kering hingga mencapai kondisi kering (SSD).
- c) Pasir kering permukaan jenuh (SSD) diikuti oleh 90% pendudukan. Kemudian, termometer putar digunakan untuk mengukur gel udara yang sangat tidak menentu di antara butiran pasir.

- d) Injeksikan udara ke dalam termometer hingga pembacaan mencapai bacaan, lalu kembangkan termometer dengan udara dan pasir (B1).
- e) Udara diambil dari termometer dan kemudian didorong ke dalam oven sampai mencapai suhu yang diinginkan (B2). Penimbangan dilakukan setelah melewati mendingin.
- f) (B3) Timbang Piknometer Berisi
- g) Hitung berat jenis, berat SSD, dan penyerapan air

$$\text{Berat Jenis} = \frac{B_2}{B_3+B_0-B_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B_2}{B_3+B_0-B_1} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Penyerapan Pasir} = \frac{B_2}{B_3+B_0-B_1} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan,

B₀ = massa pasir jenuh permukaan kering (gram)

B₁ = massa manometer berisi pasir dan air (gram)

B₂ = massa pasir setelah pengeringan (gram)

B₃ = massa manometer berisi air (gram)

3) Analisa Saringan Pasir

Rincian prosedur untuk contoh eksekusi tersebut antara lain sebagai berikut:

- a) Keringkan pasir dalam oven pada suhu 100°C - 110°C selama ± 24 jam.
- b) Ayakan disusun dengan lubang ayakan yang lebih besar di bagian atas, kemudian lubang ayakan yang lebih kecil di bagian bawah.
- c) Pasir dimasukan ke dalam saringan atas.
- d) Setiap kelompok pasir yang tersisa pada masing-masing ayakan ditimbang dan penimbangannya bersifat kumulatif, yaitu dimulai dengan partikel kasar terlebih dahulu, kemudian ditambahkan partikel yang lebih halus sampai semua agregat ditimbang.

4) Pemeriksaan Kadar Air Pasir

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan kadar air dalam pasir antara lain :

- a) Timbang dan catat berat wadah (W₁).

- b) Tempatkan benda yang akan diuji dalam wadah kemudian timbang dan catat beratnya (W_2).
- c) Hitung massa benda yang akan diuji ($W_3 = W_2 - W_1$).(2.6)
- d) Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu 110°C selama ± 24 jam.
- e) Setelah kering timbang dan memiliki jumlah benda uji yang cukup dengan wadah (W_4).
- f) Hitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)(2.7)

5) Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir

Prosedur pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir antara lain :

- a) Siapkan pasir kering oven melalui saringan (B_1)
- b) Masukkan pasir ke dalam baskom dan tambahkan air secukupnya hingga pasir terendam seluruhnya.
- c) Kocok nampan lalu bilas airnya dituangkan ke saringan No. 16 dan No. 200.
- d) Ulangi langkah 2 sampai airnya jernih.
- e) Pasir yang tersisa pada ayakan No. 16 dan No. 200 diletakkan di atas nampan, kemudian dioven lagi selama ± 24 jam, kemudian ditimbang kembali setelah dikeringkan di dalam oven (B_2).

3. Air

Pengujian air dilakukan secara visual, artinya air harus bersih, bebas lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air minum sesuai persyaratan SK-SNI-S-04-1989-E.

4. Fly Ash

Fly Ash yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah abu terbang batu bara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang, kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, yang telah diuji kandungan kimianya yang dapat dilihat pada Laporan Hasil Pengujian Uji Karakteristik *FABA TW I 2023* pada Tabel 2.1 Kandungan Kimia *Fly Ash*..

2.2.6 Pengujian Batako

Batako yang berupa benda uji telah diuji di laboratorium yaitu uji kuat tekan, daya serap air.

A. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan suatu material adalah rasio beban maksimum yang dapat ditahan pada penampang material bantalan. Hasil pengujian dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f_c' = P / A \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan,

f_c' = Kuat tekan (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan bidang desak (cm²)

Pada hari pertama beton dibuat, umur beton tertentu tidak terus-menerus cenderung seperti yang disyaratkan. Beton baru akan mencapai kekuatan maksimalnya setelah disimpan selama 28 hari. Beberapa alasan yang membuat beton dapat diuji sebelum 28 hari yaitu untuk mengetahui rancangan *Job Mix Formula*, yang mencakup semua persyaratan mulai dari bekisting hingga laporan monitoring mutu beton. PBI mengatakan bahwa walaupun umur beton belum 28 hari, pengujian tetap dapat dilakukan sedemikian rupa sehingga hasilnya dikonversi menjadi 28 hari dengan menggunakan faktor yang telah ditetapkan PBI. Faktor-faktor yang dicatat PBI dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 2.4 Konversi Umur Uji Kuat Tekan Beton

Umur Beton	Angka konversi
3	0.4
7	0.65
14	0.88
21	0.95
28	1

sumber PBI 1971

Pengujian kuat tekan batako menggunakan mesin uji *Compression Testing Machine (CTM)* digunakan untuk pengujian material dengan sifat-sifatnya seperti kuat tekan, kekuatan tarik, batas elastis, dan lainnya suatu material. CTM dirancang untuk menerapkan beban tekan ke sampel sampai gagal. Mesin terdiri dari piston yang bergerak naik turun di dalam silinder, menerapkan beban ke sampel.

Mesin *CTM* digunakan dalam industri konstruksi untuk menguji kualitas beton. Kuat tekan beton ditentukan dengan pengujian kubus atau silinder beton menggunakan mesin *CTM*. Mesin *CTM* juga dapat digunakan untuk menguji kuat tekan bahan lain seperti batu bata, batako, batu, dan logam.

Untuk melakukan uji kompresi menggunakan mesin *CTM*, sampel disiapkan dengan cara dituang ke dalam cetakan kubus atau silinder. Sampel tersebut kemudian disimpan untuk jangka waktu tertentu dan diuji dengan menempatkannya di mesin *CTM*. Beban diterapkan ke sampel pada tingkat tertentu sampai gagal. Data beban dan deformasi dicatat selama pengujian, dan kekuatan tekan sampel dihitung menggunakan data yang direkam.

Kesimpulannya, mesin *CTM* merupakan alat penting dalam industri konstruksi untuk menguji kualitas beton dan material lainnya. Mesin *CTM* dapat dioperasikan secara manual atau digital dan tersedia dalam berbagai ukuran dan kapasitas. Penggunaan mesin *CTM* yang tepat memastikan hasil pengujian yang akurat dan andal (Aimil Ltd, 2023).

Prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

- 1) Dimensi pola kubik diukur dengan minimal tiga ulangan. Mengetahui penampang, dapat dihitung luas penampang, $A = p \times l$.
- 2) Atur tegangan listrik ke 0 *volt* untuk menjalankan motor naik turun. Sebelum pengujian berlangsung, alat ukur (gaya) terlebih dahulu dikalibrasi dengan jarum di sebelah kanan pada posisi nol.
- 3) Kemudian pusatkan sampel pada posisi umpan dan putar sakelar ***ON/OFF*** ke ***ON***, beban kemudian akan bergerak secara otomatis dengan kecepatan konstan mm/menit..

B. Daya Serap Air

Daya serap air adalah besar kecilnya penyerapan air oleh batako yang sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako tersebut. Semakin banyak pori-pori yang berada pada batako maka akan semakin besar pula penyerapan air yang terjadi, sehingga dapat menyebabkan ketahanan pada batako akan berkurang. Rongga (pori-pori) yang terdapat pada batako terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi campuran material yang digunakan, rasio yang terlalu besar dapat

menghasilkan rongga yang disebabkan karena adanya air yang tidak dapat bereaksi dan kemudian menguap dan menghasilkan rongga.

Tujuan dari pengujian ini untuk mempelajari kadar air yang dapat dipengaruhi oleh batako pejal, dan untuk mengetahui apakah memenuhi standar nasional SNI 03-0349-1989 atau tidak. Pada akhirnya, analisis menggunakan perbandingan berikut:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{Bb - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan,

Bb = Berat batako setelah direndam (kg)

Bk = Berat batako setelah kering (kg)

Prosedur pengujian daya serap air adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji diturunkan lebih dalam dalam keadaan kering.
- 2) Benda uji direndam dalam air selama 24 jam hingga saat penerbangan.
- 3) Setelah benda uji berada di udara, benda uji diangkat kemudian ditimbang beratnya dalam keadaan basah.
- 4) Perbandingan daya serap air benda uji dengan berat benda uji basah adalah benda uji kering.

C. Pengujian Densitas atau Kerapatan

Kepadatan (ρ) adalah jumlah massa atau massa sampel yang ada dalam satu satuan volume. Kepadatan sering disebut sebagai kategori massa jenis atau bahkan bisa disebut sebagai kerapatan bahan. Kepadatan yang dianjurkan untuk digunakan adalah antara 1,60 dan 2,50 gr/cm³. Terminologi yang digunakan dalam mengurangi kepadatan atau kerapatan batu bata adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan,

ρ = Densitas suatu bahan (gr/cm³)

M = Massa kering bahan (gr)

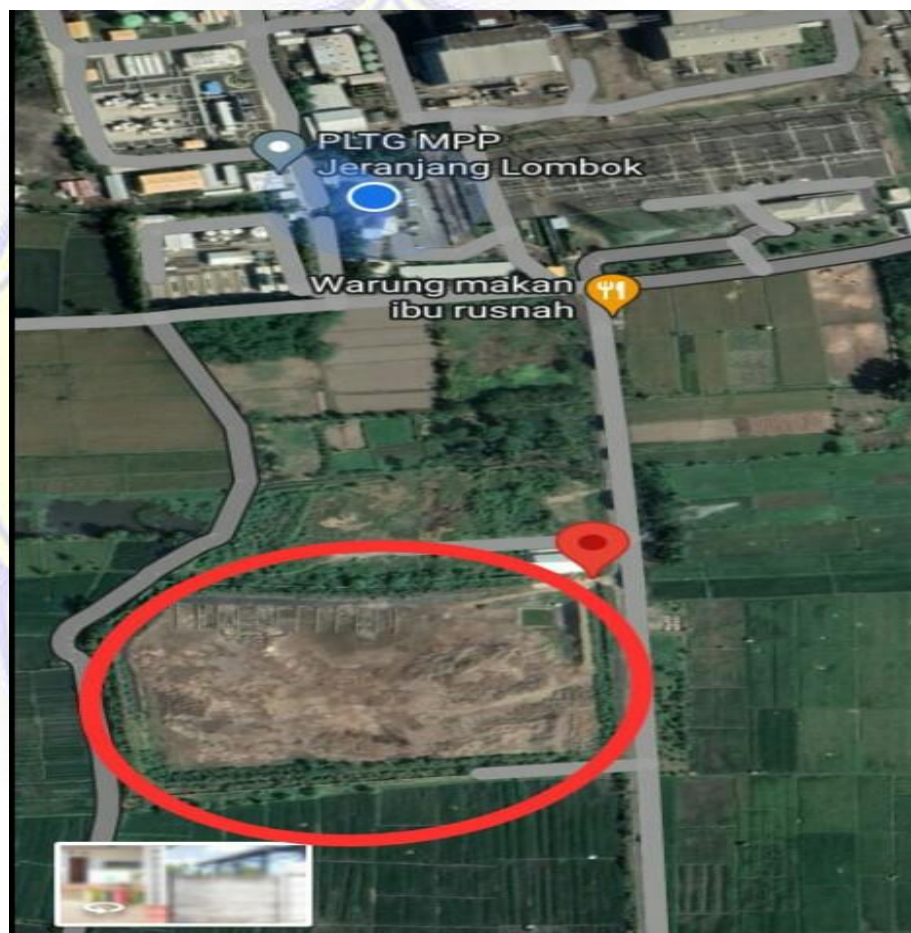
V = Volume bahan (cm³)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

3.1.1 Lokasi Pengambilan *Fly Ash*

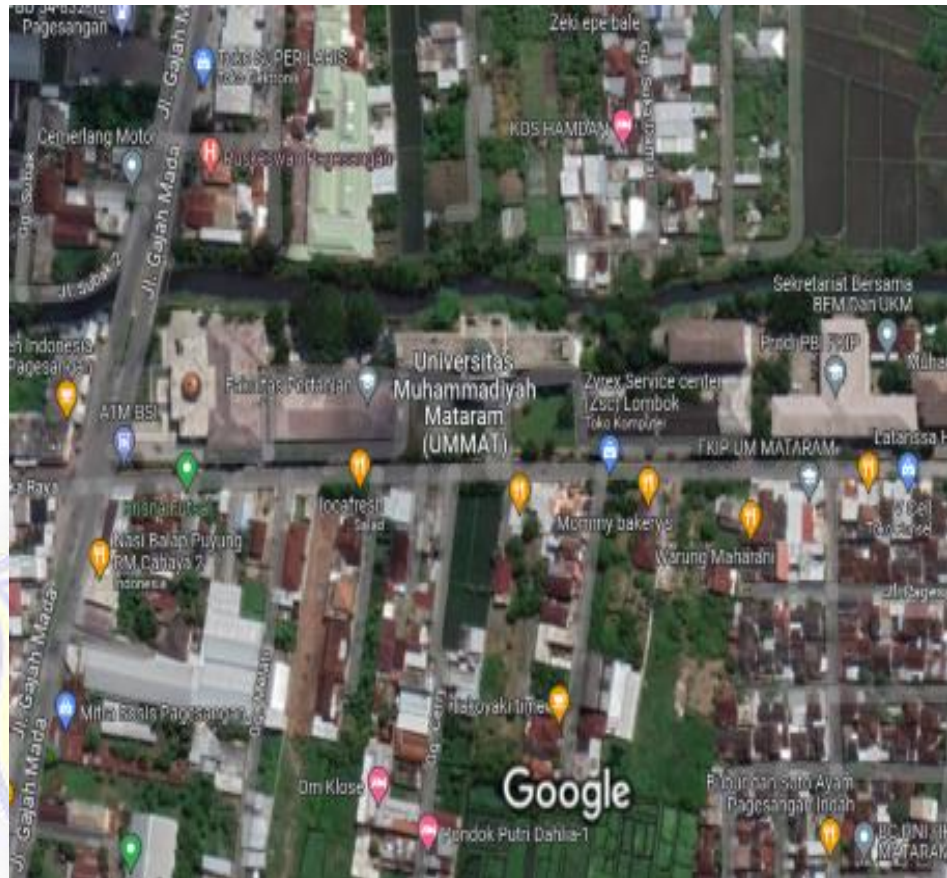
Lokasi pengambilan *Fly Ash* terletak di PLTU Jeranjang Lombok Barat tempat penyimpanan limbah non B3 terdaftar *Fly Ash* dan *Bottom Ash (Ash Disposal)* N106 & N107. Koordinat S: 08°39'29" BT, E: 116°4'41" BB.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan *Fly Ash*

3.1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan berikut digunakan dalam analisis ini:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland grade I dan memiliki simbol SNI (Standar Nasional Indonesia) dengan merek Tiga Roda.



Gambar 3.3 Semen *Portland Grade I*

b. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sungai yang didapat dari sungai Jangkok Kota Mataram, yang sebelumnya dilakukan pemeriksaan dan pengujian terlebih dahulu. Dimana pengujian tersebut berupa pengujian berat satuan pasir, berat jenis pasir, analisa saringan pasir, pemeriksaan kadar air pasir dan pemeriksaan kandungan lumpur pasir.



Gambar 3.4 Pasir Sungai

c. Fly Ash

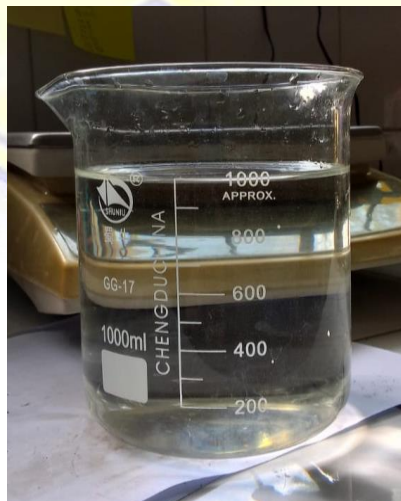
Fly Ash yang digunakan berasal dari Limbah Pembakaran Batubara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) cabang Jeranjang di Provinsi Nusa Tenggara Barat Lombok.



Gambar 3.5 *Fly Ash*

d. Air

Air yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari air bersih Universitas Muhammadiyah Mataram. Sebelumnya, pengujian ini dilakukan secara visual, dan udara harus memenuhi persyaratan air minum sebagaimana tertuang dalam SK-SNI-S-04-1989-E ketentuan bersih, bebas lumpur, minyak, dan garam.



Gambar 3.6 Air

3.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Ayakan agregat

Ayakan agregat berfungsi untuk analisis ukuran partikel agregat halus.



Gambar 3.7 Ayakan Agregat Halus (Pasir)

2. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk mengukur berat bahan dan benda uji. Dalam pengujian ini digunakan dua timbangan yaitu timbangan digital untuk mengukur berat bahan dan timbangan duduk untuk mengukur berat benda uji.



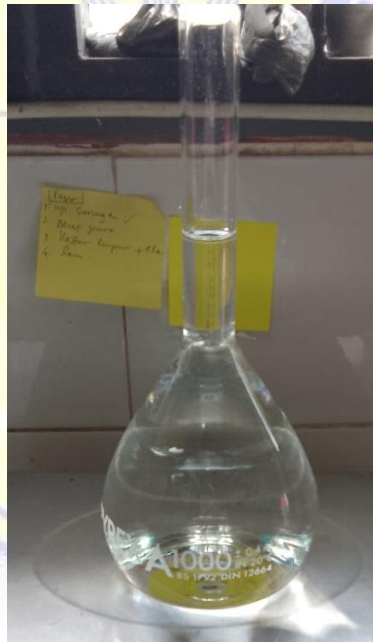
Gambar 3.8 Timbangan Digital



Gambar 3.9 Timbangan Duduk

3. Piknometer

Piknometer digunakan dalam pengujian berat jenis pasir untuk penentuan berat jenis pasir sendiri.



Gambar 3.10 Piknometer

4. Cetakan benda uji (Brick)

Cetakan benda uji (*Brick*) adalah cetakan yang digunakan untuk mencetak sampel benda uji. Cetakan ini terbuat dari plat besi yang dirakit secara minimalis dan sederhana. Cetakan yang digunakan pada

pengujian ini terdiri dari 2 ukuran yaitu ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk uji tekan batako dan cetakan ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm untuk uji daya serap air batako.



Gambar 3.11 Cetakan Ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm



Gambar 3.12 Cetakan Ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm

5. Bak perendam

Bak perendam berfungsi untuk merendam benda uji (batako) dalam uji serap air.



Gambar 3.13 Bak Perendam Benda Uji

6. Oven (alat pemanas),

Oven berfungsi untuk mengeringkan bahan dan benda uji



Gambar 3.14 Oven

7. CTM (Mesin uji tekan)

CTM (Mesin uji tekan) berfungsi untuk uji kuat tekan batako.



Gambar 3.15 Alat Uji Kompresi (*Compression Tester/CTM*)

3.3 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Untuk mengetahui karakteristik agregat halus (pasir) yang sesuai untuk api unggun batako dilakukan pemeriksaan agregat halus (pasir). Pengujian agregat halus pemeriksaan dan pemeriksaan berat satuan pasir, pemeriksaan berat jenis pasir, pemeriksaan analisa saringan pasir, pemeriksaan kadar air pasir dan pemeriksaan kadar lumpur pasir. Berikut dapat dilihat langkah-langkah dalam pemeriksaan agregat halus (pasir).

1. Pemeriksaan Berat Satuan Pasir

Tata cara pemeriksaan berat satuan lepas pasir adalah sebagai berikut:

- a) Mengukur diameter dan tinggi bejana, serta menimbang berat bejana (B₁).
- b) Dengan sangat hati-hati, letakkan pasir di tengah bejana agar tidak keluar butiran.
- c) Dengan menggunakan perata mistar, ratakan permukaan pasir.
- d) Menimbang berat bejana yang dalam keadaan baik (B₂)
- e) (B₃ = B₂- B₁) Menghitung berat benda uji
- f) Menghitung berat satuan agregat lepas.

Tata cara pelaksanaan pengujian berat satuan pasir padat antara lain sebagai berikut:

- a) Mengisi wadah dengan pasir dalam tiga lapis dengan ketebalan yang sama.
- b) Menimbang wadah dan mengukur diameter dan tingginya. Setiap lapisan memiliki kompresi yang sama.
- c) Memanfaatkan penggaris perata, meratakan permukaan pasir
- d) Menimbang wadah penuh pasir.
- e) Menghitung berat benda yang akan diperiksa (B₃ = B₂ - B₁).
- f) Menghitung satuan berat agregat padat.

2. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis pasir antara lain sebagai berikut:

- a) Mengeluarkan pasir lalu merendam pasir selama 24 jam.
- b) Menghilangkan air rendaman, kemudian pasir dijemur hingga kering sampai tercapai kondisi jenuh permukaan kering (SSD).
- c) Menambahkan pasir kering permukaan jenuh (SSD) pada pengisian 90%. Kemudian memutar piknometer untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap di antara butiran pasir.
- d) Menambahkan air ke piknometer sampai tanda bacaan, kemudian timbang piknometer yang berisi pasir dan air (B₁).

- e) Mengeluarkan air dari piknometer, kemudian dikeringkan dalam oven sampai massanya tersisa (B_2). Penimbangan dilakukan setelah pasir mendingin.
- f) Menimbang piknometer berisi air (B_3)
- g) Menghitung berat jenis, berat jenis SSD dan penyerapan air

3. Pemeriksaan Analisa Saringan Pasir

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan ini antara lain sebagai berikut:

- a) Mengeringkan pasir atau serpihan batu dalam oven pada suhu 100°C - 110°C selama ± 24 jam.
- b) Menyusun ayakan dengan lubang ayakan yang lebih besar di bagian atas, kemudian lubang ayakan yang lebih kecil di bagian bawah.
- c) Memasukan pasir ke dalam saringan atas.
- d) Menimbang setiap kelompok pasir yang tersisa pada masing-masing ayakan dan penimbangannya bersifat kumulatif, yaitu dimulai dengan partikel kasar terlebih dahulu, kemudian ditambahkan partikel yang lebih halus sampai semua agregat ditimbang.

4. Pemeriksaan Kadar Air Pasir

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan kadar air dalam pasir antara lain:

- a) Menimbang dan mencatat berat wadah (W_1)
- b) Menempatkan benda yang akan diuji dalam wadah kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W_2).
- c) Menghitung massa benda yang akan diuji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- d) Mengeringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu 110°C selama ± 24 jam.
- e) Setelah kering menimbang dan mencatat berat benda uji beserta wadah (W_4).
- f) Menghitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)

5. Pemeriksaan kadar lumpur pasir

Prosedur pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir antara lain:

- a) Menyiapkan pasir kering oven melalui saringan (B_1)

- b) Memasukkan pasir ke dalam baskom dan tambahkan air secukupnya hingga pasir terendam seluruhnya.
- c) Mengocok nampan lalu bilas airnya dituangkan ke saringan No. 16 dan No. 200.
- d) Ulangi langkah 3 sampai airnya jernih.
- e) Pasir yang tersisa pada ayakan No. 16 dan No. 200 diletakkan di atas nampan, kemudian dioven lagi selama ± 24 jam, kemudian ditimbang kembali setelah dikeringkan di dalam oven (B2).

3.4 Kebutuhan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat benda uji dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk uji kuat tekan dan ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm untuk uji daya serap air. Design campuran di sesuaikan dengan proporsi 1PC : 6PS dengan faktor air semen fas 0,5. Proporsi persentase abu terbang (*Fly Ash*) yang digunakan adalah 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, 50%, terhadap volume semen. Berikut ini adalah jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 3.1 Jumlah Benda Uji Batako

Sampel	Jumlah Benda Uji		Total
	Kuat Tekan	Daya Serap Air	
0%	3	3	6
5%	3	3	6
15%	3	3	6
25%	3	3	6
35%	3	3	6
50%	3	3	6
Total			36

3.5 Kebutuhan Material Yang Digunakan

Perbandingan semen dan agregat halus 1PC : 6PS untuk pengujian kuat tekan.

1. Kebutuhan 1 benda uji ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm

- a. Volume batako $= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 3375 \text{ cm}^3$
- b. Kebutuhan 1 benda uji $= 3375 \text{ cm}^3 \times 0.002 \text{ kg/cm}^3 = 6,75 \text{ kg}$
- c. Kebutuhan semen $= 1/7 \times 6,75 \text{ kg} = 0,964 \text{ kg}$
- d. Kebutuhan agregat halus $= 6/7 \times 6,75 \text{ kg} = 5,786 \text{ kg}$

2. Jumlah batako untuk tiap campuran adalah 6 buah, sehingga berat semen dan agregat yang dibutuhkan untuk tiap campuran adalah :
 - a. Kebutuhan semen $= 0,964 \text{ kg} \times 6 \text{ buah} = 5,784 \text{ kg}$
 - b. Kebutuhan agregat halus $= 5,786 \text{ kg} \times 6 \text{ buah} = 34,716 \text{ kg}$
3. Jumlah air yang digunakan untuk tiap campuran sebesar 0,5 adalah :
 $\text{Air} = \text{kg} \times 0,5 = 3,858 \text{ kg} = 2,892 \times 1000 = 2892 \text{ ml}$

Tabel 3.2 Berat Proporsi Dan Jumlah Benda Uji Kuat Tekan

Sampel	Variabel (%)			Jumlah Benda Uji	Total
	Semen	Pasir	<i>Fly Ash</i>	Kuat Tekan	
0%	0.964	5.786	0	3	3
5%	0.916	5.786	0.0482	3	3
15%	0.819	5.786	0.1446	3	3
25%	0.723	5.786	0.241	3	3
35%	0.627	5.786	0.3374	3	3
50%	0.482	5.786	0.482	3	3
Total					18

Perbandingan semen dan agregat halus 1PC : 6PS untuk pengujian daya serap air.

1. Kebutuhan 1 benda uji ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm
 - a. Volume batako $= 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 4500 \text{ cm}^3$
 - b. Kebutuhan 1 benda uji $= 4500 \text{ cm}^3 \times 0.002 \text{ kg/cm}^3 = 9 \text{ kg}$
 - c. Kebutuhan semen $= 1/7 \times 9 \text{ kg} = 1,286 \text{ kg}$
 - d. Kebutuhan agregat $= 6/7 \times 9 \text{ kg} = 7,714 \text{ kg}$
2. Jumlah batako untuk tiap campuran adalah 6 buah, sehingga berat semen dan agregat yang dibutuhkan untuk tiap campuran adalah :
 - a. Kebutuhan semen $= 1,286 \text{ kg} \times 6 \text{ buah} = 7,716 \text{ kg}$
 - b. Kebutuhan agregat $= 7,714 \text{ kg} \times 6 \text{ buah} = 46,284 \text{ kg}$
3. Jumlah air yang digunakan untuk tiap campuran sebesar 0,5 adalah :
 $\text{Air} = 7,716 \text{ kg} \times 0,5 = 3,858 \text{ kg} = 3,858 \times 1000 = 3858 \text{ ml}$

Tabel 3.3 Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Daya Serap Air

Sampel	Variabel (%)			Jumlah Benda Uji	Total
	Semen	Pasir	<i>Fly Ash</i>	Daya Serap Air	
0%	1.286	7,714	0	3	3
5%	1.222	7,714	0.0643	3	3
15%	1.093	7,714	0.1929	3	3
25%	0.965	7,714	0.3215	3	3
35%	0.836	7,714	0.4501	3	3
50%	0.643	7,714	0.643	3	3
Total					18

3.6 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan benda uji dengan dua dimensi yang berbeda yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk kuat pengujian dan 30 cm x 15 cm x 10 cm. Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam tulisan ini adalah sebagai berikut:

Langkah-langkah pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan

- 1) Penyiapan bahan yaitu pasir, semen, *Fly Ash* batu bara.
- 2) Menyiapkan bahan yang akan digunakan. dalam takaran yang telah ditentukan.
- 3) Siapkan cetakan berukuran 15cm x 15cm x 15cm.
- 4) Membuat campuran mortar bata dengan bahan yang telah disiapkan dan tambahkan *Fly Ash* batu bara sesuai dengan proporsi cetakan pada setiap variasi campuran.
- 5) Pencampuran dan pengadukan, bahan dilakukan menambahkan air secara bertahap ke dalam campuran bahan sampai diperoleh pasta yang sesuai untuk pengepresan.
- 6) Cetakan dan pengepresan; bahan yang telah disiapkan dan dikeringkan akan dimasukkan ke dalam cetakan yang tersedia. Mesin press yang digunakan adalah mesin press manual.

Langkah-langkah pembuatan benda uji untuk pengujian daya serap air:

- 1) Penyiapan bahan yaitu pasir, semen, *Fly Ash* batu bara.

- 2) Menyiapkan dan menimbang bahan yang akan digunakan dalam takaran yang telah ditentukan.
- 3) Siapkan cetakan berukuran 30 x 15 x 10 cm.
- 4) Membuat campuran mortar bata dengan bahan yang telah disiapkan dan tambahkan *Fly Ash* batu bara sesuai dengan proporsi cetakan pada setiap variasi campuran.
- 5) Pencampuran dan pengadukan, bahan dilakukan dengan menambahkan air secara bertahap ke dalam campuran bahan sampai diperoleh pasta yang cocok untuk pengepresan.
- 6) Pencetakan dan pengepresan, bahan yang telah dicampur dan diaduk siap dituangkan ke dalam cetakan yang telah disediakan. Alat press yang digunakan adalah alat press manual.

3.7 Perawatan Benda Uji

Proses penyembuhan juga harus diperhatikan dalam proses pembuatan batako seperti ini. Dalam hal ini pengawetan dilakukan dengan meletakkan batako di tengah percakapan. basah pada suhu ruangan. Perawatan batako dilakukan sampai umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dan daya serap air dilakukan selama 28 hari perawatan.

3.8 Pengujian Benda Uji

3.8.1 Kuat Tekan

Untuk menentukan kuat tekan diperlukan. Pada pengujian ini digunakan benda uji yang berbentuk kubus berukuran 15 cm x 15cm x15 cm.

Prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

1. Mengukur dimensi pola kubik dengan minimal tiga ulangan. Mengetahui penampang, dapat dihitung luas penampang, $A = p \times l$.
2. Mengatur tegangan listrik ke 0 volt untuk menjalankan motor naik turun. Sebelum pengujian berlangsung, alat ukur (gaya) terlebih dahulu dikalibrasi dengan jarum di sebelah kanan pada posisi nol.
3. Kemudian memusatkan sampel pada posisi umpan dan putar sakelar **ON/OFF** ke **ON**, beban kemudian akan bergerak secara otomatis dengan kecepatan konstan mm/menit.

4. Jika model gagal, mengarahkan sakelar ke **OF** dan motor penggerak akan berhenti. Kemudian memperhatikan besarnya gaya yang ditunjukkan pada papan pajangan, ketika bata pecah.

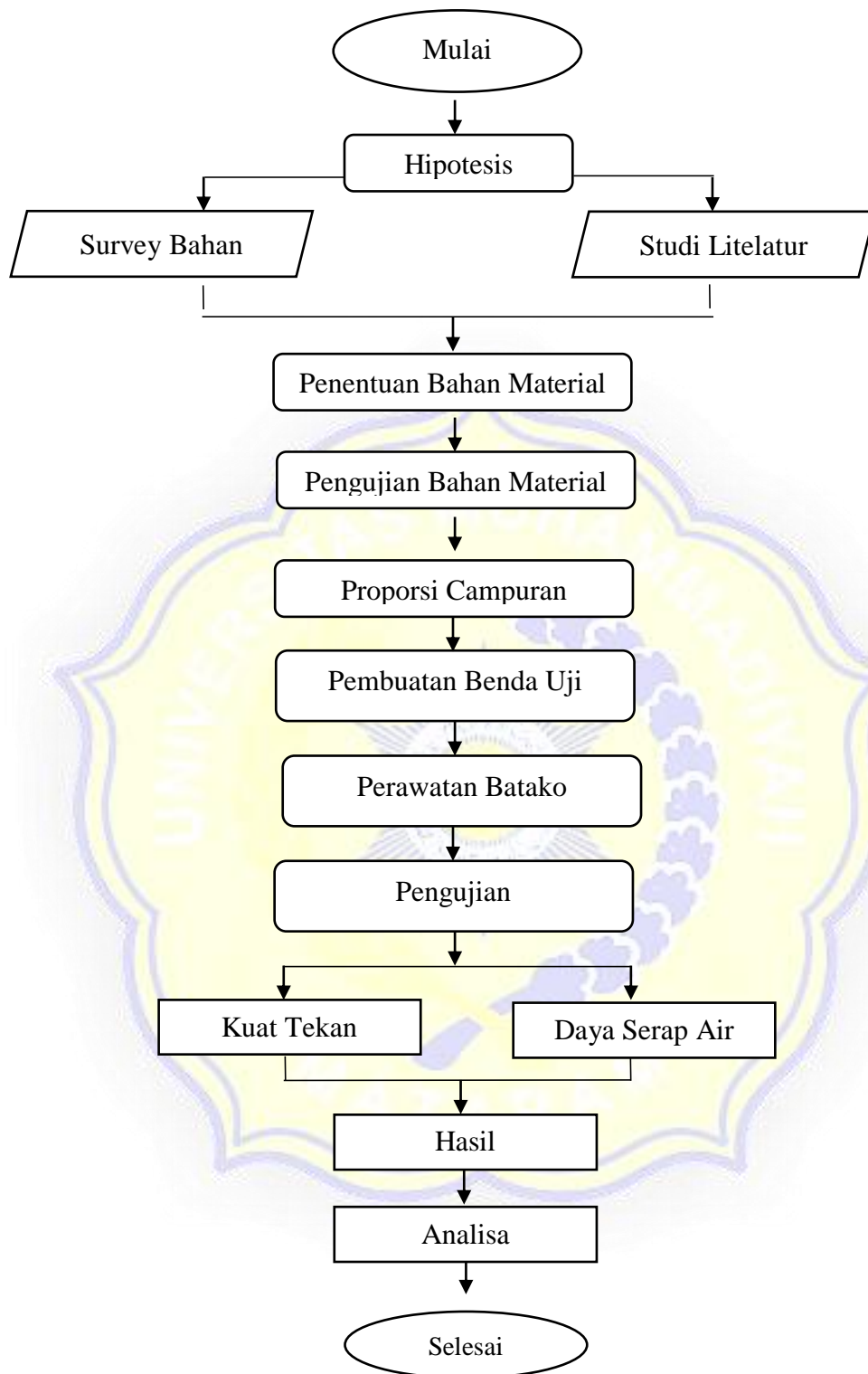
3.8.2 Pengujian Daya Serap Air

Untuk memahami berapa banyak udara yang bocor dari kelelawar, bahasa yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan waktu pengujian benda uji dalam keadaan kering.
2. Merendam benda uji dalam air selama 24 jam sampai dengan saat penerbangan.
3. Setelah benda uji berada di udara, benda uji diangkat kemudian ditimbang beratnya dalam keadaan basah.
4. Perbandingan daya serap air benda uji dengan berat benda uji basah adalah benda uji kering.

3.9 Analisa Data

Analisa data ini adalah untuk membandingkan kerusakan mekanis bat yang terjadi pada saat normal dan *Fly Ash* batu bara batako. Untuk lebih mudah memahami tesis ini, Anda dapat melihat banyak bagian pada gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian.



Gambar 3.16 Bagan Alur Penelitian