

SKRIPSI

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BATU BARA (*BOTTOM ASH*)
SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT
MEKANIK BATAKO**

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



Disusun Oleh:

DENI RAHMAWATI
2019D1B203P

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2023

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

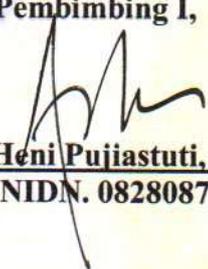
**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BATU BARA (*BOTTOM ASH*)
SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT
MEKANIK BATAKO**

Disusun Oleh :

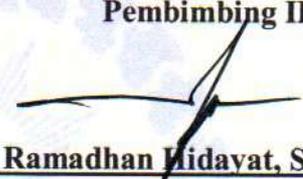
DENI RAHMAWATI
2019D1B203P

Mataram, 27 JUNI 2023

Pembimbing I,


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

Pembimbing II,


Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng.
NIDN. 0823029401

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,


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

NIDN. 0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BATU BARA (*BOTTOM ASH*)
SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT
MEKANIK BATAKO**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : DENI RAHMAWATI

NIM : 2019D1B203P

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 : Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng. (.....)
3. Penguji III : Hafiz Hamdani, ST., MT. (.....)

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,

Dr. H. Aji Syaillendra 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 LIMBAH BATU BARA (*BOTTOM ASH*) SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK 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, Juli 2023

Yang membuat
pernyataan



DENI RAHMAWATI
2019D1B203P



**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 : Deni Rahmawati
NIM : 2019 01B203P
Tempat/Tgl Lahir : Lenek Lauk, 13 september 1994
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 081 997951 381
Email : denirai309@gmail.com

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

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH BATU BARA (BOTTOM ASH) SEBAGAI CAMPURAN
AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK BATAKO

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 453

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, 28 Juli 2023
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Deni Rahmawati
NIM. 201901B203P



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 : Deni Rahmawati
NIM : 201901B203P
Tempat/Tgl Lahir : Lenek Lauk, 13 september 1994
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 081997951381 / denira1309@gmail.com
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 LIMBAH BATU BARA (BOTTOM ASH) SEBAGAI CAMPURAN
AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK 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, 28 Juli 2023
Penulis



Deni Rahmawati
NIM. 201901B203P

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

MOTTO

(yaitu) orang-orang yang beriman dan hati mereka menjadi tenteram dengan mengingat Allah. Ingatlah, hanya dengan mengingat Allah hati menjadi tenteram
(QS Ar-Ra'd (13) ayat 28)

Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar

(Umar bin Khattab)

Aku ditanya tentang hal apa yang paling sulit untuk dilakukan?, Ku jawab “menata hati hingga tak takut, tak kecewa, tak bahagia, kecuali karena Allah”

(Ustadzah Halimah Alaydrus)

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

(LisEn, 2022)

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 terima kasih yang setulus-tulusnya terutama kepada:

1. Allah SubhanahuWaTa'ala dengan segala Rahmat dan Karunia-Nya yang memberikan kekuatan dan kesabaran bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis tercinta Bapak Alimuddin (alm) dan Bunda Hamidah, saudara/i tercinta Tontawy Jauhari, Najmul Huda dan si bungsu Sukria Ilma (almh) serta semua keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, materi dan do'a yang tiada hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Untuk diriku sendiri, terima kasih sudah berjuang sejauh ini ya en, terima kasih sudah tetap bertahan dan terima kasih untuk segalanya.
4. Sahabatku Ni Nyoman Listuayu Raspi, terima kasih ya tu, sudah kebersamai selama 4 tahun belakangan ini, memberikan dukungan dan bantuannya, sudah mau mengukir kenangan dan berjuang bersama melewati pahit dan manisnya perjalanan ini. Terima kasih juga kepada orang spesialnya istu yang sudah membantu dan menjadi donator selama mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
5. Terima kasih kepada PLTU Jeranjang yang sudah menerima dan membantu kami dengan baik dalam permintaan dan pengambilan sampel limbah batu bara untuk keperluan skripsi ini.
6. Terima kasih kepada SalmOn (Salma dan Rony), dua anak baik dengan suara khasnya yang kebersamai dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Segenap teman-teman dan keluarga teknik sipil angkatan 2018, 2019, 2020 dan 2021 terima kasih untuk bantuannya dalam penelitian skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sampai selesai.
8. Serta semua orang yang telah ikut andil dalam membantu penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir yang mungkin tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Studi Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Bottom Ash) Sebagai Campuran Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik 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 mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA. selaku rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra 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. Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Hafiz Hamdani, ST., MT. 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 karena keterbatasan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi

bahan masukan bagi rekan rekan dalam penyusunan skripsi.

Mataram, Juni 2023

Penulis

Deni Rahmawati

2019D1B203P



ABSTRAK

Penggunaan batu bara untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) semakin meningkat sehingga meningkat pula limbah batu bara (*bottom ash*). Batako adalah salah satu material konstruksi untuk pembuatan dinding. Pada umumnya batako dibuat dengan bahan baku yang terdiri dari pasir, semen dan air dengan perbandingan tertentu. Dengan memanfaatkan limbah batu bara sebagai bahan tambahan atau bahan pengganti material dalam pembuatan batako diharapkan mampu menghasilkan batako yang mempunyai kuat tekan yang besar dan daya serap air yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proporsi optimum dan pengaruh campuran *bottom ash* terhadap sifat mekanik batako.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dengan perbandingan campuran yaitu 1 PC: 6 PS dan proporsi limbah batu bara (*Bottom Ash*) 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat pasir. Nilai faktor air semen yang digunakan 0,5. Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15cm untuk pengujian kuat tekan, sedangkan untuk pengujian daya serap air digunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 30x15x10cm.

Hasil penelitian dari penambahan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian pasir dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap kuat tekan dan daya serap air batako, dimana hasil uji kuat tekan yang ditambahkan *bottom ash* dengan proporsi 20%, 30%, 40% dan 50% relatif lebih tinggi dari pada batako tanpa *bottom ash* dan hasil uji daya serap air batako memenuhi syarat ketentuan dari standar SNI 3-0349-1989 dengan nilai daya serap air maksimum 25%. Nilai kuat tekan dan daya serap air batako pada umur 14 hari dan 28 hari didapatkan kuat tekan optimum berada pada proporsi 20% sebesar 10,111 Mpa dan 9,697 Mpa. Sedangkan nilai daya serap air optimum didapatkan pada proporsi 30% sebesar 21,633% dan 23,9%.

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

ABSTRACT

As more coal is used in electric steam power plants (PLTU), more coal waste (bottom ash) is produced as a result. One of the building materials used to construct walls is batako. Sand, cement, and water in a specific ratio are the main basic ingredients used to make bricks. It is envisaged that using coal waste as an additive or material replacement will enable the production of bricks with a high compressive strength and good water absorption. The purpose of this study is to establish the best ratio and impact of bottom ash mixture on the mechanical characteristics of bricks. The research method employed in this study was an experimental approach conducted in a laboratory setting, utilizing a mixture ratio of 1 part cement to 6 parts sand and varying proportions of coal waste (Bottom Ash) at 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of the sand's weight. The water-cement ratio used was 0.5. Cubic test specimens measuring 15x15x15cm were utilized for compressive strength testing, while beam-shaped test specimens measuring 30x15x10cm were employed for water absorption testing. The results of the study indicated that the addition of bottom ash as a partial replacement for sand had a positive impact on the compressive strength and water absorption of the concrete blocks (batako). The compressive strength test results showed that incorporating bottom ash at proportions of 20%, 30%, 40%, and 50% resulted in higher values compared to the concrete blocks without bottom ash. Additionally, the water absorption test results of the concrete blocks met the requirements set by the SNI 3-0349-1989 standard, with a maximum water absorption value of 25%. The optimum compressive strength and water absorption values for the concrete blocks were observed at 14 days and 28 days of curing. The highest compressive strength of 10.111 MPa and 9.697 MPa were achieved with a bottom ash proportion of 20%. Meanwhile, the optimum water absorption values of 21.633% and 23.9% were obtained with a bottom ash proportion of 30%.

Keywords: Bottom Ash, Concrete Block, Compressive Strength, Water Absorption.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

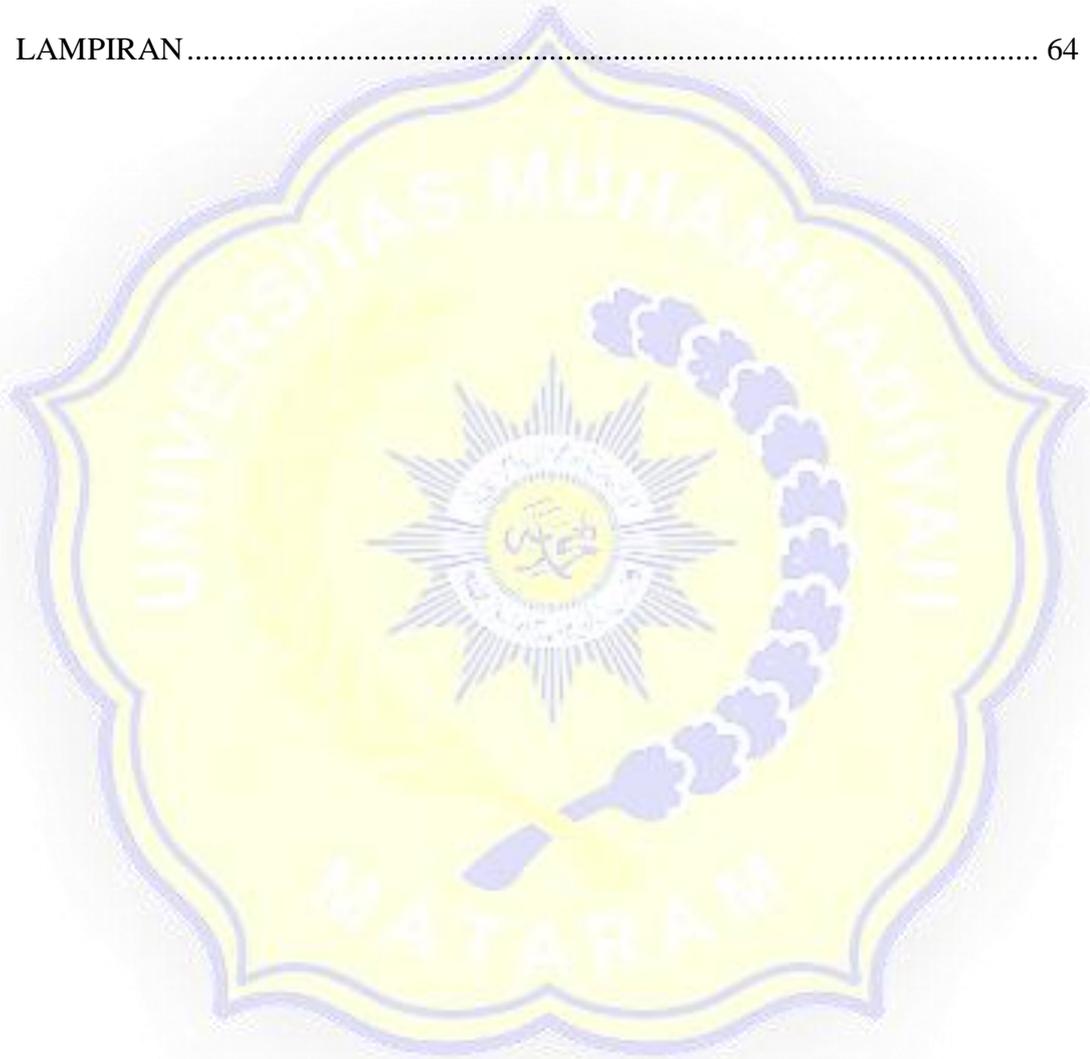


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori	7

	Halaman
2.2.1 Batako	7
2.2.2 Material Penyusun Batako	10
2.2.3 Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako.....	12
2.2.4 Limbah Batu Bara (<i>Bottom Ash</i>).....	16
2.2.5 Pengujian Batako	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Lokasi Penelitian.....	20
3.1.1 Lokasi Pengambilan <i>Bottom Ash</i>	20
3.1.2 Lokasi Pengujian	20
3.2 Persiapan Pengujian.....	21
3.2.1 Alat Pengujian	21
3.2.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Kebutuhan Benda Uji.....	29
3.4 Kebutuhan Material Yang Digunakan	30
3.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	31
3.6 Pengujian Benda Uji	32
3.7 Bagan Alur Pengujian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Tinjauan Umum	35
4.2 Analisa Agregat Halus (Pasir)	35
4.3 Pengujian Kuat Tekan.....	45
4.4 Pengujian Daya Serap Air.....	51
4.5 Pengujian Densitas Batako	55

	Halaman
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dimensi dan Toleransi Bata Beton	9
Tabel 2.2 Klasifikasi Bata Beton menurut SNI-03-0348-1989.....	9
Tabel 2.3 Konversi Umur Uji Kuat Tekan Beton	18
Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Batako dengan Penambahan <i>Bottom Ash</i>	29
Tabel 3.2 Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Kuat Tekan Batako.....	30
Tabel 3.2 Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Daya Serap Air Batako.....	31
Tabel 4.1 Pengujian Berat Satuan Pasir	35
Tabel 4.2 Pengujian Berat Jenis Pasir	36
Tabel 4.3 Hasil Analisa Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	37
Tabel 4.4 Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	38
Tabel 4.5 Analisa Saringan Pasir	39
Tabel 4.6 Gradasi Pasir	40
Tabel 4.7 Gradasi Agregat Halus (Pasir) No. 2	40
Tabel 4.8 Hasil Analisa Kadar Air <i>Bottom Ash</i>	41
Tabel 4.9 Kadar Lumpur <i>Bottom Ash</i>	42
Tabel 4.10 Analisa Saringan <i>Bottom Ash</i>	43
Tabel 4.11 Gradasi Pasir	44
Tabel 4.12 Gradasi <i>Bottom Ash</i>	44
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako 14 hari.....	47
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako 28 hari	49
Tabel 4.15 Hubungan Kuat Tekan dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	50
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako Umur 14 Hari.....	52
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako Umur 28 Hari.....	53

Tabel 4.18 Hubungan Antara Daya Serap Air dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	54
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Densitas Pada Kuat Tekan Batako	56
Tabel 4.20 Hubungan Antara densitas dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	57
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Densitas pada Daya Serap Air Batako	58
Tabel 4.22 Hubungan Antara densitas dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	59

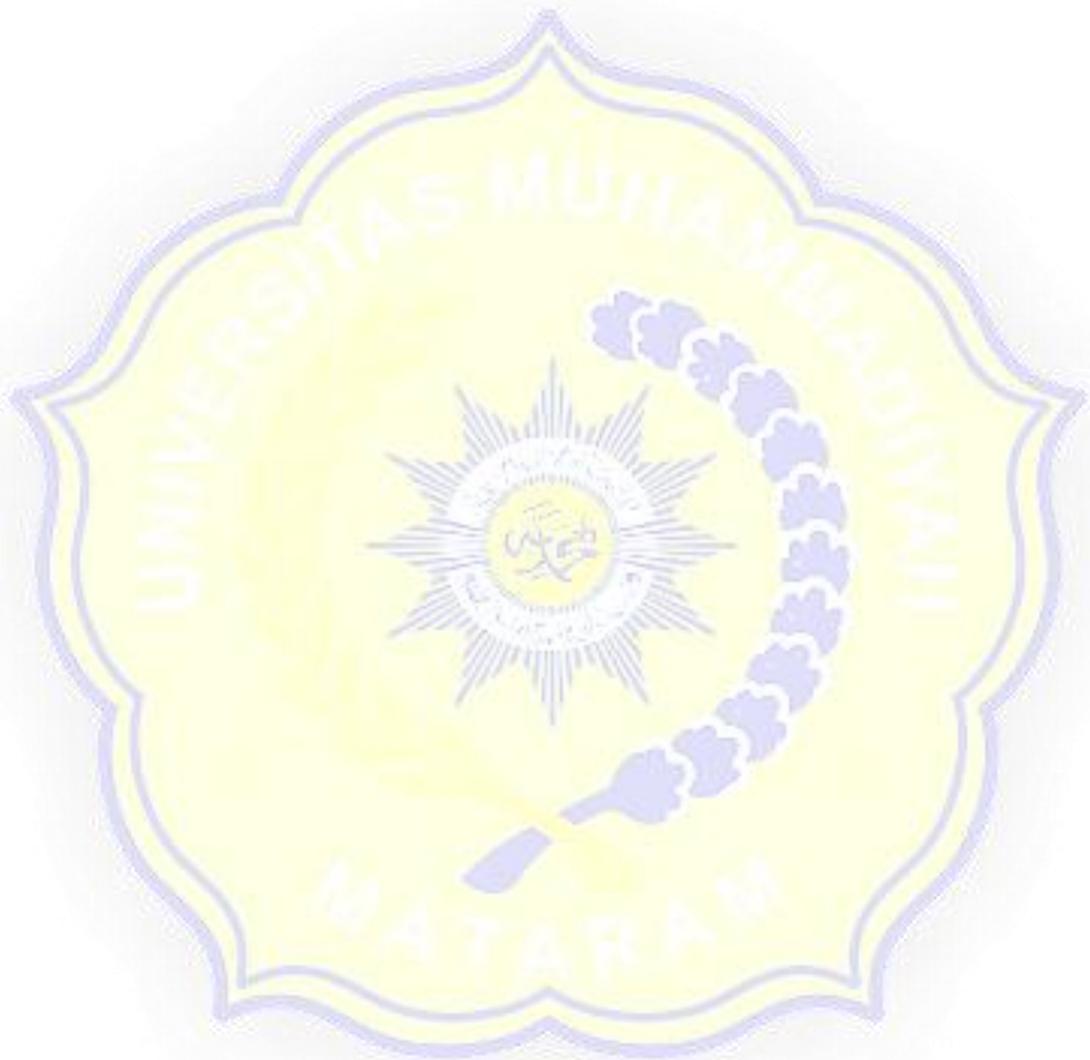


DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan <i>Bottom Ash</i>	20
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengujian	21
Gambar 3.3 Oven	21
Gambar 3.4 Satu set ayakan/saringan	22
Gambar 3.5 Bejana.....	22
Gambar 3.6 Timbangan Digital.....	23
Gambar 3.7 Timbangan Duduk.....	23
Gambar 3.8 Piknometer	24
Gambar 3.9 Cetok	24
Gambar 3.10 Gelas Ukur.....	25
Gambar 3.11 Cetakan Batako Kubus Ukuran 15x15x15cm	25
Gambar 3.12 Cetakan Batako Ukuran 30x15x10cm.....	26
Gambar 3.13 Bak Air	26
Gambar 3.14 Alat Uji Kompresi (Compression Tester/CTM).....	27
Gambar 3.15 Semen.....	27
Gambar 3.16 Pasir Sungai.....	28
Gambar 3.17 <i>Bottom Ash</i>	28
Gambar 3.18 Air.....	29
Gambar 3.19 Bagan Alur Pengujian	34
Gambar 4.1 Gradasi Agregat Halus (Pasir) No. 2.....	41
Gambar 4.2 Gradasi <i>Bottom Ash</i>	45
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	50
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Daya Serap Air dengan Proporsi <i>Bottom Ash</i>	54

Gambar 4.5 Grafik Hubungan Densitas dengan Proporsi *Bottom Ash* 57

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Densitas dengan Proporsi *Bottom Ash* 59



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan batu bara guna Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) setiap tahun diprediksi akan terus bertambah, sehingga bakal bertambah pula jumlah *Fly Ash* serta *Bottom Ash* (FABA) yang didapatkan. FABA yang didapatkan dari proses pembakaran batu bara pada PLTU digolongkan sebagai limbah non-Bahan Berbahaya dan Beracun (non-B3). Perihal ini mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 mengenai penyelenggara proteksi dan pengelolaan area yang menetapkan *Fly Ash* serta *Bottom Ash* (FABA) tidak lagi tergolong sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Fly Ash serta *Bottom Ash* (FABA) ialah limbah padat dari konsumsi batu bara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Kurang lebih 55% - 85% dari abu yang dihasilkan dari siklus konsumsi batu bara berbentuk abu terbang serta sisanya berbentuk abu dasar. Kedua tipe abu batu bara ini mempunyai perbandingan ciri serta pemanfaatannya (Haryanti, 2015). Abu dasar (*Bottom Ash*) ialah bahan yang tidak hangus terbakar seperti yang diharapkan dari konsumsi batu bara dan sebagian besar menyatu dengan dasar atau dinding pemanas. *Bottom ash* mempunyai aspek molekuler yang lebih besar dan lebih berat dibandingkan dengan *fly ash* (Dewi dan Prasetyo, 2021). Oleh sebab itu, hendaknya FABA bisa dimanfaatkan dan digunakan sebagai bahan bangunan atau konstruksi, seperti balok dan bahan beton.

Batako ialah salah satu material konstruksi guna pembuatan dinding. Biasanya batako terbuat dari bahan baku yang terdiri dari pasir, semen dan air dengan perbandingan tertentu. Batako yang bermutu bagus yaitu yang mempunyai permukaan rata, ringan serta memiliki kuat tekan yang besar. Batako standar pada saat ini biasanya mempunyai berat rata-rata sebesar 6-8 Kilogram. Dengan berat batako tersebut menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat sehingga menekan pengeluaran biaya serta waktu. Tidak hanya itu batako juga tidak gampang bocor, sehingga kemungkinan terbentuknya rembesan sangat tipis. Dinding yang dibuat

dari batako jauh lebih kokoh dibanding dengan yang dibangun menggunakan batu bata merah.

Salah satu metode guna membuat batako lebih ringan yaitu dengan metode memodifikasi material pembuat batako. Dengan menggunakan limbah batu bara sebagai bahan ekstra ataupun bahan pengganti material dalam pembuatan batako diharapkan dapat menciptakan batako yang memiliki kuat tekan yang besar.

Adapun bahan alternatif yang dipakai guna memanfaatkan limbah batu bara PLTU yaitu dengan memakai abu dasar (*bottom ash*) sebagai pengganti agregat halus (pasir) pada pembuatan batako. Jadi, pada studi ini penulis akan menguji pengaruh akumulasi limbah batu bara (*bottom ash*) dari PLTU jeranjang sebagai campuran agregat halus terhadap sifat mekanik batako.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijabarkan diatas, permasalahan yang hendak dibahas dalam studi ini sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh pemakaian limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako terhadap kuat tekan?
2. Bagaimanakah pengaruh pemakaian limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako terhadap daya serap air?
3. Berapakah proporsi optimum limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh pemakaian limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako terhadap kuat tekan.
2. Untuk mengetahui pengaruh pemakaian limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako terhadap daya serap air.
3. Untuk mengetahui proporsi optimum limbah batu bara (*Bottom Ash*) pada campuran batako.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Memberikan informasi dalam bidang ilmu pengetahuan bahan bangunan, khususnya tentang pengaruh limbah batu bara (*Bottom Ash*) terhadap sifat mekanik batako.
2. Memberikan informasi tentang pemanfaatan limbah batu bara sebagai alternatif bahan bangunan.
3. Memberikan informasi dan rujukan untuk para peneliti serta mahasiswa guna melaksanakan penelitian-penelitian berikutnya mengenai batako.

1.5 Batasan Masalah

Dalam studi ini pastinya butuh adanya pembatasan terhadap permasalahan yang diangkat supaya studi ini bisa terencana sesuai dengan tujuan yang diharapkan, sehingga digunakan batas permasalahan sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen Portland jenis 1 dengan merek Tiga Roda.
2. Pasir yang digunakan yaitu pasir kali dari sungai.
3. Limbah batu bara (*Bottom Ash*) yang dipakai dalam studi ini yaitu limbah batu bara dari PLTU Jeranjang Kabupaten Lombok Barat.
4. Presentasi limbah batu bara (*Bottom Ash*) yang dipakai yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap berat pasir.
5. Desain campuran disesuaikan dengan proporsi 1 semen : 6 pasir dengan faktor air semen 0,5.
6. Pengujian terhadap sifat mekanik batako pada kuat tekan dan daya serap air.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Kristiawan et al (2014) sudah melakukan studi mengenai Pemanfaatan Limbah Batu Bara Sebagai Campuran Batako. Alasan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah batu bara, dalam hal ini limbah abu dasar (*Bottom Ash*) dengan cara mengolah limbah batu bara tersebut menjadi suatu kombinasi batako sehingga bisa dimanfaatkan dengan baik untuk berbagai keperluan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat batako dengan kombinasi abu dasar (*Bottom Ash*) dan batako normal. Penelitian ini menggunakan bahan campuran dengan proporsi bagian/volume bahan batako yang terdiri dari beton *portland pozzolan*, abu dasar (*Bottom Ash*) dan pasir. Dipercaya bahwa peningkatan kuat tekan batako akan diperoleh dengan menambahkan limbah batu bara yang dikenal sebagai abu dasar (*Bottom Ash*). Pengujian kuat tekan pada variasi *bottom ash* 3 bagian, hasilnya berurutan yakni 66,92 kg/cm², 46,95 kg/cm², 38,96 kg/cm² serta 61,33 kg/cm². Dengan ditambah 4 bagian *bottom ash* dihasilkan nilai kuat tekan berurutan yakni 62,13 kg/cm², 40,55 kg/cm², 34,76 kg/cm² serta 46,55 kg/cm². Dengan ditambah 5 bagian *bottom ash* dihasilkan nilai kuat tekan berurutan yakni 34,76 kg/cm², 33,56 kg/cm², 30,17 kg/cm² serta 45,95 kg/cm². Jadi didapatkan campuran mortar batako dengan penambahan *bottom ash* dengan komposisi 1 PC : 6 Pasir : 3 *Bottom Ash* serta 1 PC : 6 Pasir : 4 *Bottom Ash* masih bisa dipakai sebagai bahan bangunan.

Rohmawati (2014) sudah melakukan penelitian mengenai Studi Pemanfaatan Limbah Abu Dasar Batu Bara (*Bottom Ash*) sebagai Bahan Campuran Batako. Kajian ini akan mengkaji pemanfaatan abu dasar sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako berlubang, mengingat saat ini pemanfaatan abu dasar tidak ada dan hanya dibiarkan saja sehingga dapat mengotori iklim dan mengganggu masyarakat sekitar. Tinjauan ini adalah tinjauan uji coba dengan rencana "*Posttest Only Control Group Design*" yang bermaksud mengukur dampak dan membandingkannya dengan kontrol. Variasi abu dasar yang dipakai yaitu 25%,

setengah dan 75% berat dari total halus dengan musim pemadatan 28 hari. Faktor-faktor yang dikonsentrasikan pada pengujian meliputi ukuran, kerataan permukaan dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu dasar mengandung 55,57% silika. Hasil uji kuat tekan pada variasi *bottom ash* 25% adalah 90 - 87 kg/cm², variasi setengah adalah 77 - 73 kg/cm², variasi 75% adalah 42 - 45 kg/cm². Hasil estimasi menunjukkan penyimpangan panjang 1 - 0,5 cm; 0,0 - 0,5 cm untuk lebar dan 0,5 - 0,2 cm untuk tebal. Kerataan permukaan batako berlubang menunjukkan hasil yang lebih keras dengan perluasan variasi di abu dasar. Pengorganisasian abu dasar yang kuat sebagai bahan baku campuran dalam pembuatan batako berlubang terdapat pada variasi abu dasar 25 – setengah persen yang dapat membentuk sifat batako berlubang sampai kelas I sesuai SNI 03-0349-1989. Disarankan untuk memperbanyak jumlah tes dalam variasi dan ulangan serta tes TCLP untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan aman untuk digunakan oleh orang-orang pada umumnya.

Putri et al (2019) sudah melakukan studi mengenai Pemanfaatan Limbah Bottom Ash dan Limbah Kaca pada Campuran Batako. Berkembangnya pembangunan hunian telah menimbulkan permintaan akan kebutuhan batako, hal ini tentu saja mempengaruhi kebutuhan akan material batako yang penting, misalnya pasir yang juga mengalami peningkatan. Minat yang besar terhadap pasir akan meningkatkan harga pasir, terutama untuk daerah yang di mana sulit mendapatkan pasir. Salah satu bahan elektif untuk menggantikan komponen pasir adalah dengan menggunakan limbah abu dasar. Saat ini sisa-sisa abu dasar hanya ditumpuk di lahan kosong, dan akhirnya terkumpul. Hal ini tentunya sangat berbahaya jika abu dasar dibawa oleh angin atau air karena dapat mengotori cuaca dan mengganggu pernapasan. Limbah kaca ialah salah satu limbah anorganik sampai saat ini. Limbah ini dibuang begitu saja tanpa penanganan yang lebih berharga sehingga menumpuk dan seolah-olah mengotori iklim secara umum. Salah satu upaya untuk mengurangi limbah tersebut adalah dengan membuat limbah kaca sebagai pengganti semen pada batako. Penelitian ini diharapkan dapat menentukan kuat tekan batako ketika pasir diganti dengan limbah abu dasar dan semen diganti dengan limbah kaca dengan menggunakan takaran tertentu. Kajian ini dilakukan

secara eksperimental di pusat penelitian dengan dua tahap pengujian. Pada fase utama peninjauan, pengujian pendahuluan termasuk pengujian sifat fisik material. Tahap selanjutnya adalah perakitan contoh uji dengan empat macam campuran yaitu 0%, LK 10% + 10% BA, 10% LK + 20% BA dan 10% LK + 30% BA. Kemudian pada saat itu dilakukan uji tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Dari hasil percobaan, peningkatan kuat tekan balok yang memanfaatkan abu dasar dan limbah kaca masing-masing adalah 4,13 MPa, 4,31 MPa, 7,14 MPa dan 5,21 MPa. Berdasarkan hasil pemeriksaan, cenderung beralasan bahwa peningkatan kuat tekan batako terbesar terjadi pada variasi 10% LK + 20% BA dan penurunan kuat tekan batako pada variasi 10% LK + 30% BA.

Susilowati dan Oktaviana (2021) sudah melakukan studi mengenai Pengaruh Variasi *Bottom Ash* terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Semen. Penelitian ini berencana membedah pengaruh campuran bahan abu dasar terhadap sifat fisik dan mekanik mortar semen. Strategi pemeriksaan yang digunakan adalah teknik uji coba dengan kombinasi proporsi 1PC:3PS dan variasi *bottom ash* 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dari berat pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu dasar menurunkan nilai konsistensi sebesar 1,82% hingga 45,45% dibandingkan dengan tidak menggunakan abu dasar. Pemanfaatan 20% abu dasar bisa meningkatkan kuat tekan hingga setengahnya dan kuat lentur sebesar 28,3% pada umur 28 hari dibandingkan dengan mortar semen tanpa abu dasar.

Rabbani (2022) sudah melakukan penelitian mengenai Studi Pemanfaatan Limbah Batu Bara Pabrik Tekstil Pada Bata Beton. Kajian ini bermaksud memanfaatkan limbah batu bara untuk dimanfaatkan sebagai bahan yang memiliki nilai guna dan kesepakatan, seperti penggunaan sebagai bahan pembangun batako yang cukup besar. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah strategi substitusi limbah batu bara yang berbentuk abu dasar dan limbah pendampingnya yang digunakan dalam pembuatan batako besar dengan cara substitusi secara bertahap pada bagian pasir dengan pemakaian hingga 40%. Konsekuensi dari kajian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan sebagian limbah batu bara pada batako dapat meringankan batako hingga 22,6%, menahan air hingga 19,46%, dan meningkatkan kuat tekan hingga 25%.

Sutrisna dan Aldrin (2023) sudah melakukan studi mengenai Analisis Pengaruh Komposit Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* dan Abu Dasar sebagai Bahan Alternatif Batako. Batako yaitu pilihan bahan dasar dinding bangunan yang lebih produktif dibandingkan batako merah. Seiring dengan perkembangan zaman, berbagai kemajuan yang tidak ada habisnya telah diterapkan untuk kemajuan suatu material dengan menggunakan limbah sebagai bahan efektif untuk batako yang bisa meningkatkan kualitasnya. Salah satu pengembangan berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan adalah limbah plastik *low density polyethylene* dan abu dasar. Motivasi di balik penelitian ini adalah untuk menentukan ketebalan, kepadatan air, dan kekuatan tekan batako menggunakan kombinasi plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan abu dasar dengan kombinasi abu dasar 5% dan plastik LDPE 95%, abu dasar 15% dan plastik LDPE 85%, abu dasar 25% dan plastik LDPE 75%. Hasil eksplorasi yang diperoleh adalah ketebalan, penyerapan air, dan kuat tekan batako dengan nilai ketebalan terbaik 1,26 g/cm², retensi air terbaik 0,63% dan kuat tekan terbaik 27,118 MPa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Batako

A. Pengertian batako

Batako yaitu jenis struktur bangunan mirip bata yang terbuat dari bahan utama semen *portland*, air serta agregat yang dipakai guna pelapis dinding. Bata beton dibagi menjadi bata beton pejal dan bata beton berlubang (SNI 03-0349-1989, 1989). Pembuatan batako dilakukan dengan cara mencetak sehingga menjadi bentuk balok, silinder ataupun yang lainnya dengan ukuran tertentu, dimana proses pengerasannya tidak melalui pembakaran. Bahan yang dipakai sebagai pasangan untuk dinding, dengan campuran semen, pasir, dan air dengan atau tidak bahan tambahan lainnya. Jenis batako ada dua yaitu:

a. Batako Pejal

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

b. Batako Berlubang

Batako berlubang yaitu batu bata dengan lubang penampang lebih besar dari 25% dari luas penampang bata dan volume lubang lebih besar dari 25% dari total volume bata.

Beberapa keuntungan pemasangan batako dibandingkan dengan batu bata, Frick Heinz dan Koesmartadi (1999) antara lain yaitu.

- 1) Lebih hemat dalam pemakaian adukan
- 2) Pemasangan lebih cepat
- 3) Dapat dibuat sendiri dengan peralatan press yang agak sederhana
- 4) Menghemat penggunaan air dalam proses membangun

Sedangkan Menurut Wardana Aditya (2006) ada salah satu kekurangan batako yaitu sifat bahannya yang menyerap panas. Apabila batako yang dipakai untuk dinding, ruangan di dalamnya (interior) menjadi kurang nyaman.

B. Jenis batako

Menurut Sukardi Eddi dan Tanudi, ada enam pilihan atau jenis ubin, yaitu:

1. Jenis I ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 20 x 20 cm. Berlubang. Digunakan sebagai dinding luar.
2. Jenis II ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 20 x 20 cm. Berlubang. Digunakan khusus sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
3. Jenis III ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 10 x 20 cm. Berlubang. Digunakan sebagai dinding pengisi.
4. Jenis IV ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 10 x 20 cm. Berlubang. Digunakan sebagai penutup pada dinding pengisi.
5. Jenis V ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 10 x 20 cm. Tidak berlubang. Digunakan sebagai dinding pengisi dan sebagai hubungan-hubungan sudut pertemuan.
6. Jenis VI ukuran: panjang, lebar, tinggi: 40 x 8 x 20 cm. Tidak berlubang. Digunakan sebagai dinding pengisi

C. Syarat mutu batako

Adapun persyaratan mutu kualitas pembuatan batako menurut Departemen Pekerjaan Umum SNI 03-0348-1989, yaitu sebagai berikut:

1. Pandangan Luar

Bidang permukaan harus tidak cacat. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Dimensi dan Toleransinya

Dimensi bata beton padat ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Dimensi dan Toleransi Bata Beton

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 ± 2

PUBI : Persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia Bandung, 1982

3. Syarat Fisis Bata Beton

Bata beton pejal harus mempunyai sifat fisis sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Bata Beton menurut SNI-03-0348-1989

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

Sumber : SNI 03-0349-1989

Catatan :

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

2.2.2 Material Penyusun Batako

Batako biasanya tersusun dari beberapa komponen penyusun diantaranya pasir, air, dan semen *portland*.

A. Pasir

Menurut SNI 03-6820-2002 Agregat halus merupakan agregat berupa pasir alam hasil penguraian batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh *stone crusher* dan memiliki ukuran partikel 4,76 atau 5 mm yang lolos ayakan dan tertahan pada ayakan No. 0,075 mm. Agregat halus dipakai sebagai bahan pengisi pada bata merah yang tidak terbakar guna meningkatkan kekuatan serta mengurangi susut. Pasir ialah salah satu komponen campuran beton yang tergolong agregat halus.

Spesifikasi dari *American Society for Testing and Material (ASTM)* yang sudah ditetapkan harus terpenuhi oleh agregat halus yang akan dipakai. Apabila semua spesifikasinya sudah terpenuhi maka agregat halus tersebut bisa dikatakan mempunyai kualitas baik. Dimana pada spesifikasi ini analisa saringan atau gradasi akan menunjukkan jenis dari agregat halus tersebut. Akan diperoleh angka Fine Modulus melalui analisa saringan. Modulus Halus Butiran ini bisa digolongkan menjadi 3 jenis pasir yaitu:

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

Selain itu terdapat juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan *ASTM C 33 – 74a*. Agregat halus yang dipakai harus memenuhi persyaratan karena sangat berpengaruh pada mutu beton yang dihasilkan. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, syarat- syarat agregat halus (pasir) ialah sebagai berikut.

- a. Pasir terdiri dari banyaknya butiran yang tajam dan kuat serta bersifat tidak mudah hancur karena hujan ataupun cuaca panas.
- b. Batas kandungan lumpur yang diizinkan yaitu maksimal 5% dari berat pasir. Jika lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci dulu.
- c. Pasir sebaiknya tidak terlalu banyak mengandung bahan organik.
- d. Pasir terdiri dari butiran yang beragam. Jika di ayak dengan susunan saringan sesuai Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), syarat yang harus terpenuhi yaitu sebagai berikut:
 - 1) Sisa di atas saringan 4 mm, harus minimum 2% berat;
 - 2) Sisa di atas saringan 1 mm, harus minimum 10% berat; dan
 - 3) Sisa di atas saringan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat.

B. Air

Pada umumnya air yang dipakai untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organis ataupun bahan lainnya yang bisa merusak beton. Sebaiknya dipakai air tawar yang bisa diminum.

C. Semen

Semen merupakan suatu jenis bahan yang mempunyai sifat *kohesif dan adhesif* yang bisa merekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu berat yang padat (Murdock and Brook, 1993). Menurut SNI 2049:2015 semen *Portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 tipe sesuai dengan tujuan pemakaiannya yaitu:

- a. Tipe I: semen *portland* tidak perlu syarat khusus, untuk pemakaian umum. Misalnya sebagai urug-urug, pembuatan trotoar, pemasangan bata dan lainnya.
- b. Tipe II: semen *portland* tipe umum dengan perubahan-perubahan (*Modified Portland Cement*). Semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah serta keluarnya panas lebih lambat daripada semen tipe I. tipe ini dipakai untuk

bangunan tebal seperti pilar-pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding serta lainnya. Panas hidrasi yang agak rendah bisa mengurangi retak-retak pengerasan. Tipe ini juga bisa dipakai untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang mempunyai konsentrasi sulfat yang agak tinggi.

- c. Tipe III: semen *portland* dengan kekuatan awal tinggi (*High Early Strength Portland Cement*). Tipe ini mendapat kekuatan tinggi dalam waktu singkat, sehingga bisa dipakai sebagai perbaikan bangunan-bangunan beton yang perlu segera dipakai atau yang acuannya perlu segera dilepas.
- d. Tipe IV: semen *portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*Low Heat Portland Cement*). Tipe ini ialah jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Tipe ini dipakai sebagai bangunan beton seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.
- e. Tipe V: semen *portland* tahan sulfat (*Sulfat Resisting Portland Cement*). Tipe ini ialah jenis khusus yang dimaksudkan hanya untuk penggunaan pada bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya. Pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen *portland* biasa.

2.2.3 Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui spesifikasi bahan yang akan dipakai sebagai bahan penyusun batako. Adapun pemeriksaan yang dilakukan ialah sebagai berikut :

A. Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan secara visual yakni semen yang dipakai ialah semen *Portland* tipe I dan berlogo SNI (Standar Nasional Indonesia). Kemasan semen yang dipilih harus tertutup rapat dan tidak rusak, dengan bahan butirnya yang halus serta tidak menggumpal.

B. Air

Pemeriksaan pada air juga dilakukan secara visual yakni air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak serta garam sesuai dengan persyaratan air minum sesuai dengan persyaratan SK-SNI-S-04-1989-F. Air yang dipakai dalam

studi ini yaitu air dari instalasi air bersih Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

C. Pasir

a. Pemeriksaan berat satuan pasir atau agregat halus

Prosedur yang dikerjakan untuk pemeriksaan berat satuan pasir sebagai berikut:

- 1) Menimbang berat bejana (B_1) dan mengukur diameter (d) serta tinggi bejana (h)
- 2) Menghitung volume bejana (V)
- 3) Rumus Volume bejana, $V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h$(2.1)
- 4) Mengisi bejana dengan 3 lapisan pasir dan dengan ketebalan yang sama pada tiap lapisan serta pasir dalam keadaan SSD, ditumbuk sebanyak 25 kali dengan batang penumbuk pada tiap 1/3 volume lapisan.
- 5) Meratakan permukaan pasir dengan tongkat perata.
- 6) Menimbang berat bejana yang berisi pasir (B_2).
- 7) Menghitung berat benda uji ($B_3 = B_2 - B_1$).
- 8) Menghitung berat satuan agregat padat.
- 9) Berat satuan agregat padat = $\frac{B_3}{V}$ (2.2)

dengan,

B_1 = Berat bejana (kg)

B_2 = Berat bejana + benda uji (kg)

B_3 = Berat lepas benda uji (kg)

V = Volume bejana (cm^3)

b. Pemeriksaan berat jenis pasir dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berapa berat jenis pasir dan berapa besar penyerapan air oleh pasir berdasarkan SNI 03-1970-2008. Prosedur yang dikerjakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air sebagai berikut:

- 1) Mengeringkan pasir ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam selama ± 24 jam.

- 2) Setelah pasir direndam selama ± 24 jam, air dibuang dan pasir di biarkan mengering dalam suhu ruang untuk mencapai keadaan jenuh kering muka (SSD), untuk mengetahui keadaan jenuh kering muka, pasir dimasukkan ke dalam kerucut terpancung kemudian dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali setelahnya kerucut diangkat, maka pasir akan runtuh tapi masih dalam keadaan tercetak.
- 3) Saat pasir dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) tersebut dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 500 gram, lalu masukkan air sebanyak 90% penuh. Kemudian putar piknometer untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap di antara butiran pasir.
- 4) Kemudian tambahkan air sampai mencapai tanda batas (100%), lalu timbang sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- 5) Mengelurkan pasir dari piknometer, lalu mengeringkan pasir ke dalam oven sampai beratnya tetap, lalu timbang (Bk).
- 6) Menimbang piknometer berisi air penuh 100% (B).
Berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

a) Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{B+SSD-Bt} \dots\dots\dots(2.5)$$

b) Berat jenis jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*)

$$= \frac{SSD}{B+SSD-Bt} \dots\dots\dots(2.6)$$

c) Berat jenis tampak (*Apparent Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(2.7)$$

d) Penyerapan air

$$= \frac{SSD-Bk}{Bk} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan,

Bk = Berat pasir kering (gram)

Bt = Berat pasir kering (gram)

SSD = Berat pasir jenuh kering (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi air dan pasir (gram)

c. Pemeriksaan gradasi agregat halus

Analisa gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran pasir dengan memakai saringan. Langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat halus berdasarkan SNI 03-1968-1990 sebagai berikut:

- 1) Mengeringkan pasir ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian mengambil sampel sebanyak ± 1000 gram.
- 2) Memasukkan sampel ke dalam saringan yang sudah disusun berurutan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, yaitu 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; pan, kemudian saringan tersebut digoyangkan dengan mesin selama 15 menit.
- 3) Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

d. Pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang ada dalam agregat halus (pasir). Langkah-langkah pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir) berdasarkan SNI 03-1971-1990 sebagai berikut:

- 1) Mengambil sampel pasir dengan kondisi jenuh kering muka sebanyak 1000 gram (B_1).
- 2) Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian timbang (B_2).
- 3) Menghitung kadar air dengan rumus $= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.9)$

e. Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir). Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir) sebagai berikut:

- 1) Mengeringkan pasir ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian timbang dan ambil sampel sebanyak ± 500 gram (B_1).

- 2) Mencuci benda uji sampai bersih, ditandai dengan air cucian yang tampak jernih, lalu buang airnya dengan hati-hati jangan sampai pasir ikut terbawa.
- 3) Kemudian benda uji dikeringkan ke dalam oven sampai beratnya tetap, lalu menimbang beratnya (B_2).
- 4) Menghitung kadar lumpur dengan rumus $= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$

2.2.4 Limbah Batu Bara (Bottom Ash)

Fly Ash serta Bottom Ash (FABA) ialah limbah padat dari konsumsi batu bara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Kurang lebih 55% - 85% dari abu yang dihasilkan dari siklus konsumsi batu bara berbentuk abu terbang serta sisanya berbentuk abu dasar. Kedua tipe abu batu bara ini mempunyai perbandingan ciri serta pemanfaatannya (Haryanti, 2015). Abu dasar (*Bottom Ash*) ialah bahan yang tidak hangus terbakar seperti yang diharapkan dari konsumsi batu bara dan sebagian besar menyatu dengan dasar atau dinding pemanas. *Bottom ash* mempunyai aspek molekuler yang lebih besar dan lebih berat dibandingkan dengan *fly ash* (Dewi dan Prasetyo, 2021).

Abu dasar (*Bottom Ash*) bersifat pozzolan dan berbentuk partikel-partikel kecil. Abu dasar menyerupai pasir sungai alami dalam hal penampilan, dan memiliki gradasi yang berbeda, seperti pasir halus dan kasar. Jadi para peneliti mempertimbangkan untuk memanfaatkan *bottom ash* sebagai bahan pengganti pasir karena ukuran partikelnya.

Limbah batu bara yang dipakai dalam pengujian ini yaitu limbah abu dasar (*Bottom Ash*) dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang, kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Pada penelitian ini proporsi persentase abu dasar (*Bottom Ash*) yang dipakai yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap berat pasir.

2.2.5 Pengujian Batako

A. Pengujian Kuat Tekan Batako

Kuat tekan yaitu untuk mengetahui beban maksimum yang bisa ditahan oleh batako, pengujian ini bertujuan supaya batako yang akan dicetak bisa mencapai

kekuatan dan umur atau durabilitas sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian kuat tekan ini dilakukan guna mengetahui kuat tekan dari sampel batako. Pengujian dilakukan dengan menekan sampel batako sampai terjadi keretakan dan jarum pada *dial indicator* tidak bergerak naik atau berhenti.

Dalam menentukan kuat tekan, arah tegangan pada bidang tekanan benda uji disesuaikan dengan arah gaya tumpukan yang digunakan. Benda uji yang sudah disiapkan, tekannya tidak seluruhnya diselesaikan dengan mesin press yang dapat diatur kecepatan penekanannya. Kecepatan tegangan dari awal memasukkan benda uji sampai benda uji dilenyapkan diatur dengan tujuan tidak kurang dari satu menit dan tidak lebih dari 2 menit. Kekuatan tekan dari contoh ditentukan dengan memisahkan beban paling ekstrim ketika contoh tergencet oleh daerah tekan bruto, dinyatakan dalam kg/cm^2 . Kekuatan tekan dicatat untuk setiap benda uji dan selanjutnya nilai rata-rata dari benda uji tersebut. (SNI 03-0349-1989)

Kuat tekan (*Compressive Strength*) suatu bahan adalah perbandingan besarnya beban maksimum yang bisa ditahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan,

- $f'c$ = Kuat tekan (Kg/cm^2)
- P = Beban maksimum (Kg)
- A = Luas penampang bahan (cm^2)

Menghitung umur suatu beton tidak dianjurkan langsung dilakukan pada hari pertama beton dicetak. Selain karena bata beton (batako) yang masih basah, kekuatan tekan bata beton (batako) baru akan maksimal setelah dibiarkan selama 28 hari. Hal yang menjadikan beton dapat diuji sebelum umurnya 28 hari misal untuk mengetahui rancangan *Job Mix Formula*, kelengkapan laporan monitoring mutu beton hingga keperluan bekisting. Pada dasarnya Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) sudah menyatakan bahwa meskipun umur beton belum mencapai 28 hari, pengujian tetap bisa dilakukan di mana hasil pengujian ini akan dikonversi

ke umur 28 hari dengan menggunakan faktor yang ditetapkan oleh PBI. Faktor-faktor yang ditetapkan oleh PBI ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 3 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

Untuk menentukan kuat tekan diperlukan alat uji kompresi (*compression tester/CTM*). Pada pengujian ini dipakai benda uji yang berbentuk kubus, dengan prosedur pengujian kuat tekan yaitu sebagai berikut:

- 1) Ukuran pola kubik diukur dengan minimum tiga ulangan. Mengetahui penampang, bisa dihitung luas penampang, $A = p \times l$.
- 2) Mengatur tegangan listrik ke 0 volt guna menjalankan mesin naik turun. Sebelum pengujian berlangsung, alat ukur (gaya) terlebih dahulu dikalibrasi dengan jarum di sebelah kanan pada posisi nol.
- 3) Kemudian pusatkan benda uji pada posisi umpan yang tepat dan putar sakelar *ON/OFF* ke *ON*, beban kemudian akan bergerak secara otomatis dengan kecepatan konstan mm/menit.
- 4) Apabila benda uji pecah atau nilai gaya pada papan pajangan berhenti, arahkan sakelar ke *OF* dan mesin penggerak akan berhenti. Kemudian perhatikan besarnya gaya yang ditampilkan pada papan pajangan, ketika benda uji pecah.

B. Pengujian Daya Serap Air Batako

Besar kecilnya daya serap air pada batako sangat dipengaruhi oleh rongga atau rongga yang berada pada batako. Semakin banyak pori-pori batako maka daya serap air batako semakin tinggi, sehingga daya tahan batako akan semakin rendah. Persentase penyerapan air dirumuskan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Daya Serap Air (W}_A\text{)} = \frac{M_B - M_K}{M_K} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

dengan,

W_A = Daya serap air (%)

M_K = Berat Benda Uji Kering (Kg)

M_B = Berat Benda Uji Setelah Direndam (Kg)

Untuk mengetahui banyaknya air yang diserap pada batako, langkah-langkah yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

- 1) Menimbang benda uji sebelum benda uji direndam, hal ini supaya menghasilkan nilai berat kering benda uji.
- 2) Lalu setelah di timbang, benda uji direndam ke dalam air selama 24 jam sampai jenuh air.
- 3) Setelah benda uji jenuh air, benda uji kemudian diangkat lalu ditimbang beratnya dalam keadaan basah.
- 4) Besarnya daya serap air pada benda uji yaitu nilai perbandingan berat benda uji basah dengan benda uji kering.

C. Pengujian Densitas atau Kerapatan

Densitas (ρ) merupakan berat atau berat benda uji yang ada pada satu satuan volume. Densitas sering disebut sebagai kerapatan bahan atau biasa juga disebut dengan massa jenis. Densitas yang disyaratkan untuk dipakai yaitu 1,60 gr/cm³ – 2,50 gr/cm³. Persamaan yang dipakai dalam menghitung densitas atau kerapatan batako yaitu:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan,

ρ = Densitas suatu bahan (gr/cm³)

m = Massa kering bahan (gr)

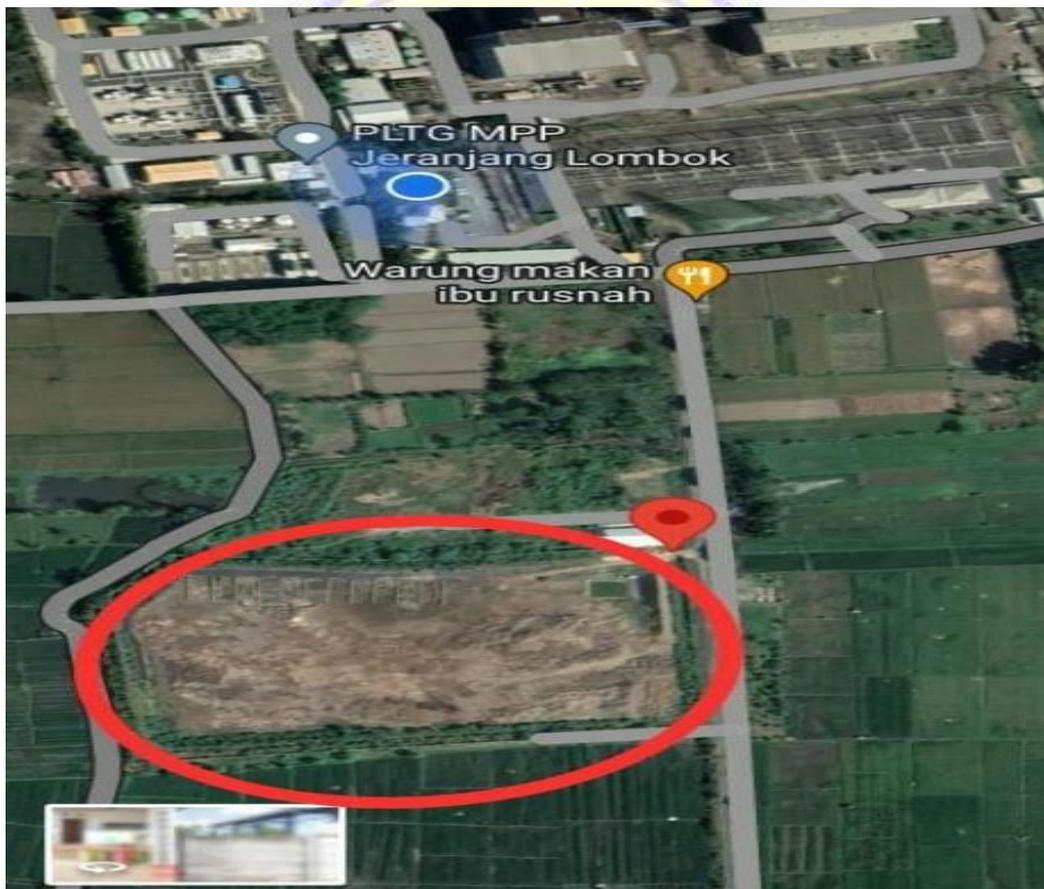
V = Volume bahan (cm³)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

3.1.1 Lokasi Pengambilan *Bottom Ash*

Lokasi pengambilan limbah batu bara (*bottom ash*) terletak di PLTU Jeranjang Lombok Barat, dimana tempat ini merupakan tempat penyimpanan limbah non B3 terdaftar *Fly Ash* dan *Bottom Ash (Ash Disposal)* N106 & N107. Koordinat S: 08°39'29" BT, E: 16°4'41" BB.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan *Bottom Ash*

3.1.2 Lokasi Pengujian

Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengujian

3.2 Persiapan Pengujian

3.2.1 Alat Pengujian

Alat-alat yang dipakai pada pengujian ini antara lain:

1. Oven

Oven yaitu alat laboratorium yang memiliki peranan yang sangat penting. Dimana alat ini dipakai untuk mengeringkan dan memanaskan benda uji.



Gambar 3.3 Oven

2. Saringan/satu set ayakan

Ayakan Mesh yaitu alat yang dipakai dalam analisa ayakan (*sieve analysis*) guna mengetahui distribusi ukuran partikel atau gradasi agregat suatu bahan.



Gambar 3.4 Saringan/satu set ayakan

3. Bejana

Bejana ini dipakai pada pengujian berat satuan agregat halus.



Gambar 3.5 Bejana

4. Timbangan digital

Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 gram merupakan alat guna mengukur berat suatu benda atau zat dari ukuran besar sampai kecil. Hasil pengukuran akan lebih konsisten, akurat dan tepat.



Gambar 3.6 Timbangan Digital

5. Timbangan duduk

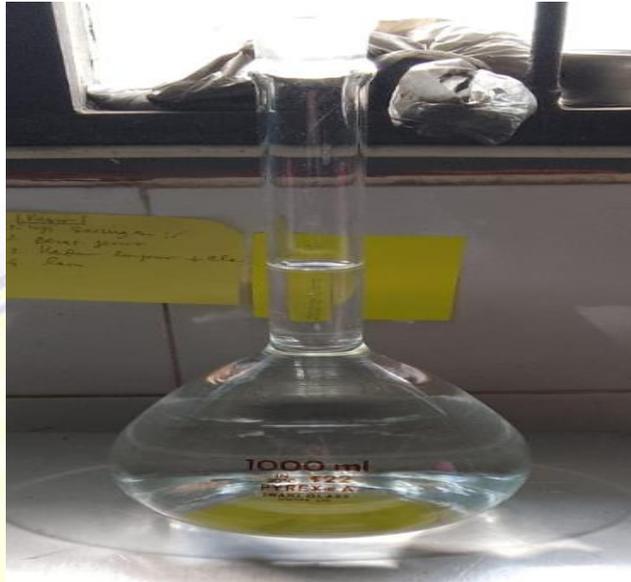
Timbangan ini dipakai untuk menimbang material penyusun batako dan menimbang berat batako pada pengujian daya serap air.



Gambar 3.7 Timbangan Duduk

6. Piknometer

Piknometer merupakan alat yang dipakai untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan. Sebuah piknometer biasanya terbuat dari kaca, dengan penyumbat ketat dengan pipa kapiler yang melaluinya, sehingga gelembung udara bisa lolos dari alat tersebut.



Gambar 3.8 Piknometer

7. Cetok

Cetok merupakan alat bangunan yang mempunyai nama lain sendok semen. Cetok pada umumnya nama yang sering dipakai oleh para tukang bangunan.



Gambar 3.9 Cetok

8. Gelas ukur

Gelas ukur merupakan silinder gelas berskala untuk mengukur volume larutan atau zat cair dengan tepat.



Gambar 3.10 Gelas Ukur

9. Cetakan batako kubus (15x15x15cm)

Cetakan batako kubus dengan ukuran (15x15x15cm), dipakai untuk mencetak benda uji untuk pengujian kuat tekan.



Gambar 3.11 Cetakan Batako Kubus Ukuran 15x15x15cm

10. Cetakan batako (30x15x10cm)

Cetakan batako dengan ukuran (30x15x10cm), dipakai untuk mencetak benda uji untuk pengujian daya serap air.



Gambar 3.12 Cetakan Batako Ukuran 30x15x10cm

11. Bak air

Bak air ini dipakai untuk merendam benda uji pada pengujian daya serap air batako.



Gambar 3.13 Bak Air

12. *CTM (Compression Testing Machine)* dengan kapasitas 2000 KN

Alat ini dipakai pada pengujian kuat tekan batako yang berupa kubus.



Gambar 3.14 Alat Uji Kompresi (*Compression Tester/CTM*)

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain:

1. Semen.

Semen yang dipakai pada penelitian ini yaitu semen *Portland* tipe I dan berlogo SNI (Standar Nasional Indonesia) dengan merek Tiga Roda.



Gambar 3.15 Semen

2. Pasir sungai

Pasir sungai merupakan salah satu pasir yang berasal dari sungai dan memiliki ukuran butiran yang tidak terlalu besar atau sedang. Pasir sungai mempunyai ukuran 0.063 mm sampai 5 mm. Pasir yang dipakai pada pengujian ini yaitu pasir sungai jangkok Kelurahan Karang Baru, Kecamatan Selaparang, Kota Mataram.



Gambar 3.16 Pasir Sungai

3. Limbah batu bara (*Bottom Ash*)

Limbah batu bara yang dipakai dalam penelitian ini yaitu limbah abu dasar (*bottom ash*) dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang, kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat.



Gambar 3.17 *Bottom Ash*

4. Air

Air yang dipakai pada penelitian ini yaitu air dari instalasi air bersih Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.



Gambar 3.18 Air

3.3 Kebutuhan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat benda uji dengan 2 ukuran, dimana ukuran 15x15x15cm untuk benda uji pada pengujian kuat tekan, sedangkan ukuran 30x15x10cm untuk benda uji pada pengujian daya serap air. Desain campuran disesuaikan dengan proporsi 1 semen dan 6 pasir dengan faktor air semen 0,5. Proporsi persentase abu dasar (*bottom ash*) yang dipakai yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap berat pasir. Berikut ini yaitu desain model eksperimen yang disajikan bisa dilihat pada tabel. 3.1.

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Batako dengan Penambahan *Bottom Ash*

Sampel	Benda Uji		Jumlah
	Kuat Tekan	Daya Serap Air	
0%	3	3	6
10%	3	3	6
20%	3	3	6
30%	3	3	6
40%	3	3	6
50%	3	3	6
Total			36

3.4 Kebutuhan Material Yang Digunakan

A. Benda uji ukuran (15 cm x 15 cm x 15 cm)

Perbandingan semen dan agregat 1 : 6

1. Kebutuhan 1 benda uji

$$\text{Volume batako } 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 0.002 \text{ kg/cm}^3 = 6,750 \text{ kg}$$

a. Kebutuhan semen = $1/7 \times 6,750 \text{ kg} = 0,964 \text{ kg}$

b. Kebutuhan agregat = $6/7 \times 6,750 \text{ kg} = 5,786 \text{ kg}$

2. Jumlah batako untuk tiap campuran yaitu 3 buah, sehingga berat semen dan agregat yang dibutuhkan untuk tiap campuran yaitu:

a. Kebutuhan semen = $0,964 \text{ kg} \times 3 \text{ buah} = 2,893 \text{ kg}$

b. Kebutuhan agregat = $5,786 \text{ kg} \times 3 \text{ buah} = 17,357 \text{ kg}$

3. Jumlah air yang dipakai untuk tiap campuran 1 benda uji dengan faktor air semen sebesar 0,5 adalah :

$$\text{Air} = 0,964 \text{ kg} \times 0,5 = 0,482 \text{ kg} = 482,143 \text{ ml}$$

Tabel 3.2 Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Kuat Tekan Batako

Sampel	Variabel (%)			Total Variabel (kg)	Benda Uji		Jumlah
	Semen	Pasir	Bottom Ash		Kuat Tekan (kubus)		
	(kg)	(kg)	(kg)		14 Hari	28 Hari	
0%	0.964	5.786	0.000	6.750	3	3	6
10%	0.964	5.207	0.579	6.750	3	3	6
20%	0.964	4.629	1.157	6.750	3	3	6
30%	0.964	4.050	1.736	6.750	3	3	6
40%	0.964	3.471	2.314	6.750	3	3	6
50%	0.964	2.893	2.893	6.750	3	3	6
Total							36

B. Benda uji ukuran (30 cm x 15 cm x 10 cm)

Perbandingan semen dan agregat 1 : 6

1. Kebutuhan 1 benda uji

$$\text{Volume batako } 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0.002 \text{ kg/cm}^3 = 9 \text{ kg}$$

a. Kebutuhan semen = $1/7 \times 9 \text{ kg} = 1,286 \text{ kg}$

b. Kebutuhan agregat = $6/7 \times 9 \text{ kg} = 7,714 \text{ kg}$

2. Jumlah batako untuk tiap campuran adalah 3 buah, sehingga berat semen dan agregat yang dibutuhkan untuk tiap campuran yaitu:
 - a. Kebutuhan semen = $1,286 \text{ kg} \times 3 \text{ buah} = 3,857 \text{ kg}$
 - b. Kebutuhan agregat = $7,714 \text{ kg} \times 3 \text{ buah} = 23,143 \text{ kg}$
3. Jumlah air yang dipakai untuk tiap campuran 1 benda uji dengan faktor air semen sebesar 0,5 yaitu:

$$\text{Air} = 1,286 \text{ kg} \times 0,5 = 0,643 \text{ kg} = 642,857 \text{ ml}$$

Tabel 3. 3 Berat Proporsi dan Jumlah Benda Uji Daya Serap Air Batako

Sampel	Variabel (%)			Total Variabel	Benda Uji		Jumlah
	Semen	Pasir	<i>Bottom Ash</i>		Daya Serap Air		
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	14 Hari	28 Hari	
0%	1.286	7.714	0.000	9.000	3	3	6
10%	1.286	6.943	0.771	9.000	3	3	6
20%	1.286	6.171	1.543	9.000	3	3	6
30%	1.286	5.400	2.314	9.000	3	3	6
40%	1.286	4.629	3.086	9.000	3	3	6
50%	1.286	3.857	3.857	9.000	3	3	6
Total							36

3.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

A. Pembuatan benda uji

Pada penelitian ini benda uji yang dipakai ada 2 ukuran yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm dan 30 x 15 x 10 cm. Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Penyiapan bahan yakni pasir, semen, agregat dan limbah batu bara (*Bottom Ash*).
- b. Menyiapkan dan menimbang bahan yang akan dipakai dalam takaran yang sudah ditentukan.
- c. Menyiapkan cetakan berukuran 15x15x15 cm dan 30 x 15 x 10 cm.
- d. Membuat campuran mortar batako dengan bahan yang sudah disiapkan dan menambahkan limbah batu bara (*Bottom Ash*) sesuai dengan proporsi cetakan pada setiap variasi campuran.

- e. Pencampuran dan pengadukan, bahan dilakukan dengan menambahkan air secara bertahap ke dalam campuran bahan sampai diperoleh pasta yang cocok untuk pengepresan.
- f. Pencetakan dan pengepresan, bahan yang sudah dicampur serta diaduk siap dituangkan ke dalam cetakan yang sudah disediakan. Alat press yang dipakai yakni alat press manual.

B. Perawatan benda uji

Dalam proses pembuatan batako ini, proses perawatan juga harus diperhatikan. Dimana perawatan dilakukan hanya dengan menyimpan batako pada suhu ruang.

3.6 Pengujian Benda Uji

A. Pengujian Kuat Tekan Batako

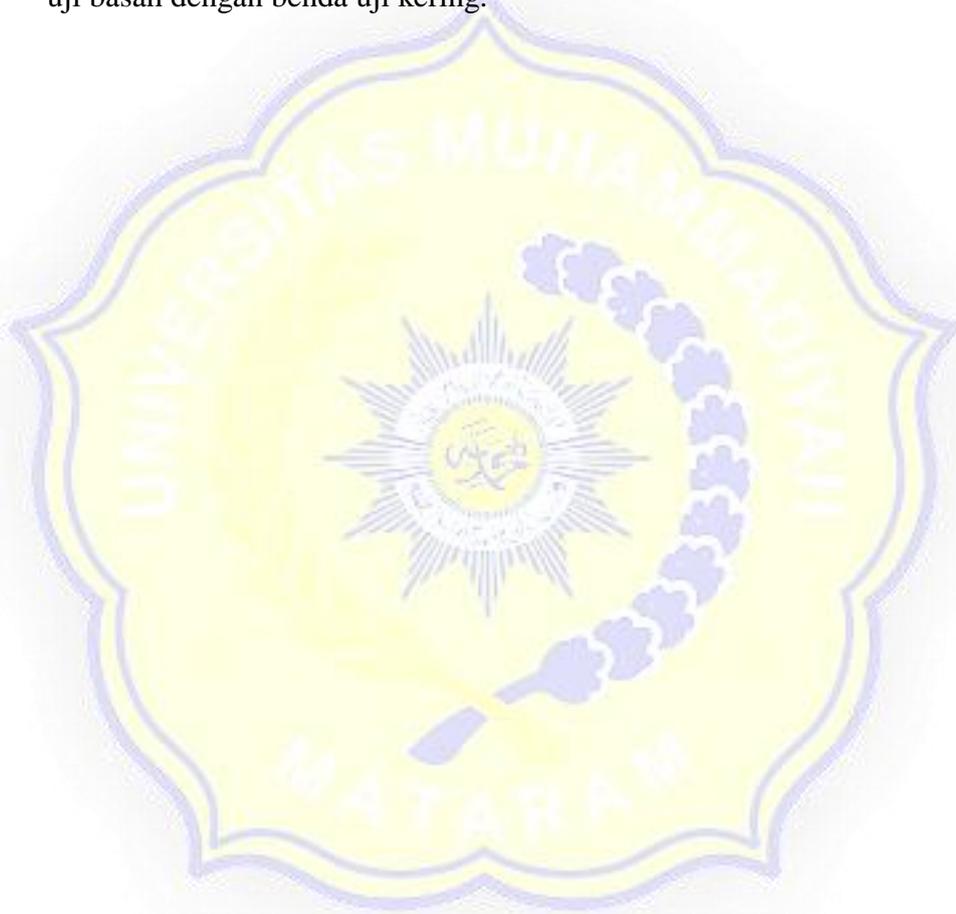
Untuk menentukan kuat tekan pada batako diperlukan alat uji kompresi (*compression tester/CTM*). Pada pengujian ini dipakai benda uji yang berbentuk kubus. Prosedur pengujian kuat tekan yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk pengukuran pola kubik diukur dengan minimal tiga ulangan. Untuk mengetahui penampang, bisa dihitung luas penampang, $A = p \times l$.
- b. Mengatur tegangan listrik ke 0 volt untuk menjalankan mesin naik turun. Sebelum pengujian berlangsung, alat ukur (gaya) terlebih dahulu dikalibrasi dengan jarum di sebelah kanan pada posisi nol.
- c. Kemudian pusatkan benda uji ke dalam alat pada posisi umpan yang tepat dan putar sakelar *ON/OFF* ke *ON*, beban kemudian akan bergerak secara otomatis dengan kecepatan konstan mm/menit.
- d. Apabila benda uji pecah atau nilai gaya pada papan pajangan berhenti, arahkan sakelar ke *OF* dan mesin penggerak akan berhenti. Kemudian perhatikan besarnya gaya yang ditampilkan pada papan pajangan, ketika batako pecah.

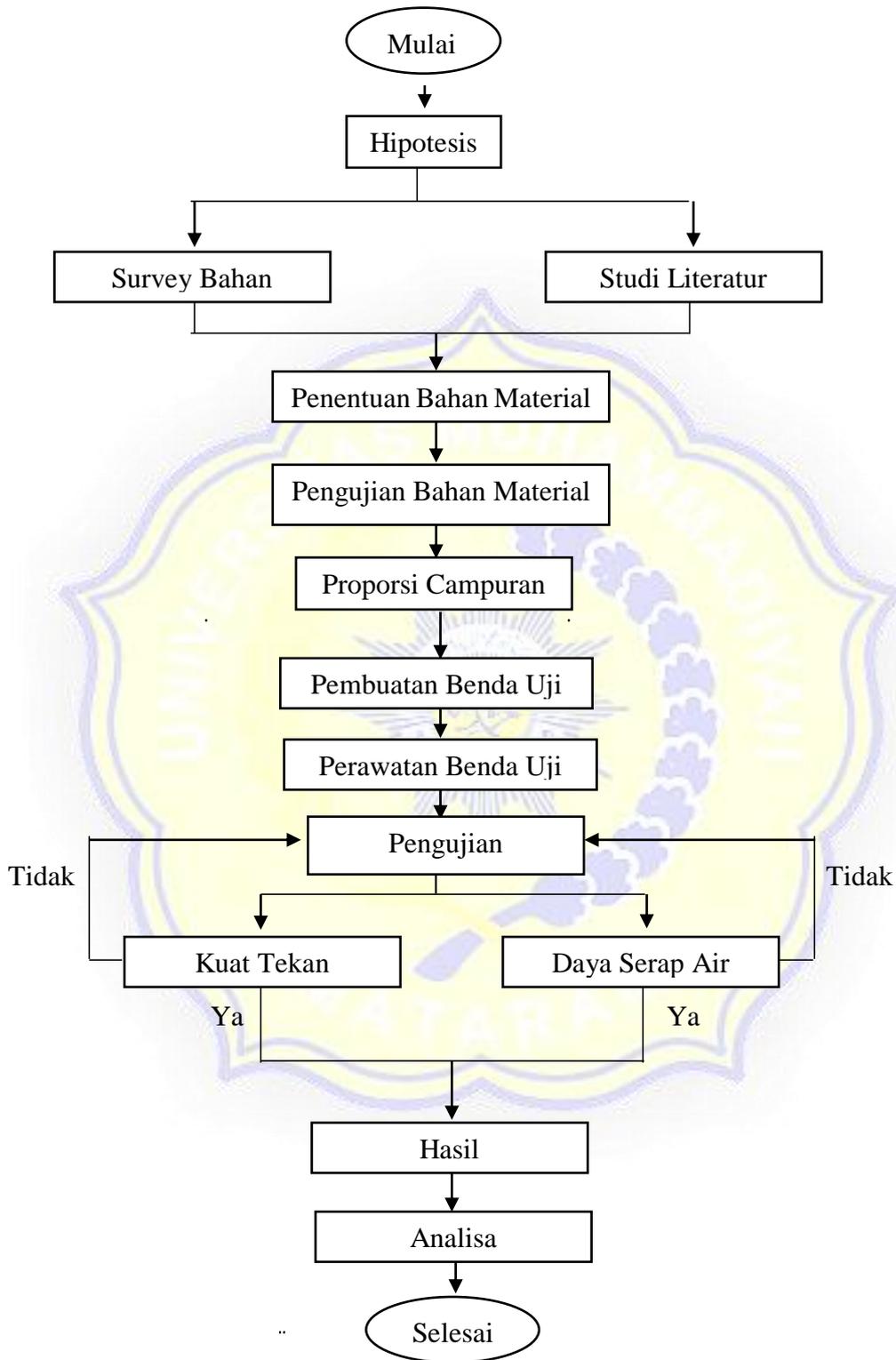
B. Pengujian Daya Serap Air

Untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh batako, langkah-langkah yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Menimbang benda uji sebelum benda uji direndam, hal ini untuk menghasilkan nilai berat kering benda uji.
- b. Kemudian setelah ditimbang, benda uji direndam dalam air selama 24 jam sampai jenuh air.
- c. Setelah benda uji jenuh air, benda uji kemudian diangkat lalu ditimbang beratnya dalam kondisi basah.
- d. Besarnya daya serap air pada benda uji yaitu nilai perbandingan berat benda uji basah dengan benda uji kering.



3.7 Bagan Alur Pengujian



Gambar 3.19 Bagan Alur Pengujian