

TUGAS AKHIR

**PENGARUH FLY ASH PADA BATAKO TERHADAP
KUAT TEKAN, PENYERAPAN AIR DAN REDAMAN
SUHU**

***(THE EFFECT OF FLY ASH IN BRICKWORK ON
COMPRESSIVE STRENGTH, WATER ABSORPTION
AND THERMAL INSULATION)***

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



**ANDRIAN PRASETYO
15511062**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH FLY ASH PADA BATAKO TERHADAP KUAT TEKAN, PENYERAPAN AIR DAN REDAMAN SUHU (*THE EFFECT OF FLY ASH IN BRICKWORK ON COMPRESSIVE STRENGTH, WATER ABSORPTION AND THERMAL INSULATION*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Drajat Sarjana Teknik Sipil



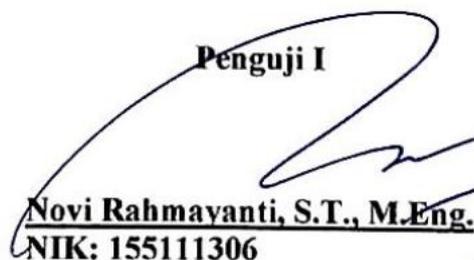
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal:
13 Desember 2022
Oleh Dewan Penguji

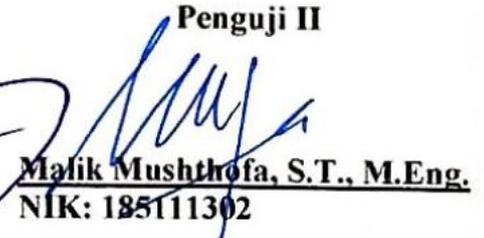
Pembimbing,


Jafar, S.T., M.T., MURP.
NIK: 185111305

Penguji I


Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK: 155111306

Penguji II


Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.
NIK: 185111302

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Yunalia Muntafi, S.T.
NIK: 095110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun dengan sebaik-baiknya sebagai syarat untuk menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi pada bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Andrian Prasetyo

(15511062)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kenikmatan maupun lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul "*Pengaruh Fly Ash pada batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air Dan Redaman Panas*

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa program S1 pada program studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tugas akhir ini banyak terdapat hambatan, namun atas berkat bantuan dan bimbingan berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Yunalia Muntafi, ST.,MT.,Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
2. Mas Jafar, S.T., M.T., MURP selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Kedua orang tua saya, serta kakak saya tercinta, yang telah memberikan yang terbaik, baik secara material dan moral untuk selalu mendukung saya dengan 100% kemampuan yang ada.
4. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2015, terutama untuk teman saya Muhammad Zaki dan Rizki Rama. Tanpa kalian saya tidak bisa sampai sekarang, semoga kita semua sukses selalu dan sehat selau dilimpahkan rahmat ALLAH SWT.

Yogyakarta, 8 Desember 2022



Andrian Prasetyo

DAFTAR ISI

COVER	iv
LEMBAR PENGESAHAN	iv
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
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 Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
1. Investigasi Eksperimental pada Penggabungan Batu Bata Abu Terbang <i>M-Sand</i> dan <i>GGBS</i>	4
2. Batako Sekam Padi Berlubang dengan <i>Filler</i> dan Tanpa Pasir	4
3. Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi	5
4. Ulasan Batu Bata Dengan Campuran <i>Fly Ash</i>	6
5. Metode Mix Design untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi	6
2.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	7
2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Batako	12

3.2 Material Penyusun Batako	15
1. <i>Fly Ash</i>	15
2. Pasir	16
3. Semen	16
4. Air	17
3.3 Pengujian Batako	18
1. Uji Kuat Desak	18
2. Uji Penyerapan Air	20
3. Uji Daya Redam Suhu	21
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	23
4.1 Tinjauan Umum	23
4.2 Pelaksanaan Penelitian	23
1. Tahap Persiapan	23
2. Perencanaan Komposisi	24
3. Pelaksanaan Penelitian	25
4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	26
1. Prosedur Pengumpulan Data melalui Proses Produksi	26
2. Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium	27
3. Pengujian Bahan-bahan Penyusun	27
4. Perawatan Benda Uji	27
5. Pengujian Sampel Batako	27
6. Tahap Analisis Data dan Pembahasan	30
7. Tahap Pengambilan Kesimpulan	30
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	32
5.1 Tinjauan Umum	32
5.2 Hasil Penelitian Bahan	32
1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	32
5.3 Pemeriksaan Bahan Susun Batako	35
5.4 Perhitungan Kebutuhan Campuran	39
5.5 Pengamatan Proses Produksi	41
5.6 Kuat Desak Batako	41

5.7 Daya Serap Air	45
5.8 Daya Redaman Panas	47
5.9 Pengujian Redaman Panas Batako <i>Fly Ash</i>	48
5.9.1 Redaman Panas Batako <i>Fly Ash</i> Menggunakan Alat Thermometer	48
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	51
6.1 Kesimpulan	51
6.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton	14
Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton	14
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Penyusun Batako	24
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	33
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	34
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	34
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200	35
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako	35
Tabel 5.6 Berat Bahan	36
Tabel 5.7 Perbandingan Campuran Batako Fly Ash	39
Tabel 5.8 Komposisi Campuran Batako Fly Ash	40
Tabel 5.9 Hasil Kuat Desak dan Berat Volume	43
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako	45
Tabel 5.11 Hasil Uji Redaman Panas Batako	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batako Sekam Padi Berlubang (Winarno, 2018)	5
Gambar 3.1 Batako Pejal (a) dan Batako Berlubang (b)	13
Gambar 3.2 Uji Kuat Desak Batako	18
Gambar 4.1 Bahan Penyusun Penambahan <i>Fly Ash</i>	25
Gambar 4.2 Titik Pemasangan Kabel Thermometer	29
Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Agregat halus Daerah 2	34
Gambar 5.2 Batako Berlubang	37
Gambar 5.3 Ember Ukur	38
Gambar 5.4 Luas Penampang	42
Gambar 5.5 Diagram Kuat Desak Batako	44
Gambar 5.6 Diagram Penyerapan Air Batako	46
Gambar 5.7 Kurva Redaman Panas Batako	50

ABSTRAK

Batako sebagai material non struktural yang biasa digunakan sebagai pengganti batubata bahan pembuat dinding secara umum dimasyarakat saat ini mulai banyak diminati. Pengertian batako adalah suatu bahan bangunan yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya dan agregat, ditambah air secukupnya dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25% volume batanya. (SNI 03-0349-1989). Penelitian ini memanfaatkan limbah pembakaran batubara (*fly ash*) sebagai bahan tambah campuran batako. Fly ash merupakan hasil dari sisa pembakaran batubara. Abu batubara (*fly ash*) juga diketahui mengandung bahan yang bersifat pozzolanic. Komposisi abu batubara yang dipakai dalam campuran bahan tambahan batako terdiri dari 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% dari berat semennya dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:8 serta FAS 0,31 dengan tambahan *damdex* 2%. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan pengujian redaman panas. Pengujian pada masing – masing campuran batako dilakukan setelah batako berumur 14 hari. Berdasarkan dari hasil pengujian pada masing – masing komposisi campuran batako diperoleh prosentase 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 7% dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 99 kg/cm². Nilai penyerapan air terbaik di peroleh pada batako dengan penambahan *fly ash* 9% dengan nilai penyerapan air 7,51, sedangkan nilai redaman suhu terbaik diperoleh pada batako dengan penambahan fly ash sebesar 9% dengan nilai redaman suhu 11,15 °C.

Kata kunci : batako penambahan *fly ash*, kuat tekan, daya serap air, daya redam suhu

ABSTRACT

Brick as a non-structural material that is commonly used as a substitute for bricks for wall-making materials in general in today's society is starting to be in great demand. Brick as an alternative is expected to have advantages, both in terms of price, speeding up the development process and on its strength. The definition of brick is a building material made from a mixture of hydraulic adhesives or the like and aggregate, plus sufficient water with or without other additives and has a cross-sectional area of the hole more than 25% of the cross-sectional area of the brick and the volume of the hole is greater than 25% of the volume of the brick. (SNI 03–0349–1989). In this study, the use of coal combustion waste (fly ash) as an additive to a mixture of bricks. Fly ash is a by-product of burning coal. Coal ash (fly ash) is also known to contain pozzolanic materials. The composition of coal ash used in the mixture of brick additives consisted of 0%, 3%, 5%, 7% and 9% of the cement weight with a ratio of 1:8 cement and sand and 0.31 w/c ratio with the addition of 2% damdex. Tests carried out include testing compressive strength, water absorption, and heat attenuation testing. Tests on each mixture of bricks were carried out after the bricks were 14 days old. Based on the test results on each composition of the brick mixture, the percentage of effective addition of coal ash (fly ash) that can be used as an additive for making bricks is obtained with a various mixture composition. In this study, the highest compressive strength was obtained in bricks with the addition of 7% fly ash with the highest compressive strength value of 99 kg/cm². The best water absorption value was obtained on bricks with the addition of 9% fly ash with a water absorption value of 7.51, while the best temperature attenuation value was obtained on bricks with the addition of 9% fly ash with a temperature attenuation value of 11.15 °C.

Keywords : fly ash concrete block, compressive strength, water absorption, thermal insulation

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batako sebagai bahan bangunan konstruksi seperti dinding sangat populer digunakan oleh masyarakat di Indonesia. Batako adalah bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang terbuat dari campuran antara semen dan pasir. Penggunaan bata beton dinilai lebih praktis karena bahannya mudah didapat, pemasangan mudah, dan pemasangannya tidak membutuhkan banyak bahan pendukung serta penggunaan tenaga kerja yang relatif lebih sedikit.

Indonesia memiliki banyak bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang terutama bahan ikatnya. Semen portland di Indonesia merupakan salah satu tumpuan komoditi ekspor khususnya untuk Asia Tenggara, maka perlu diusahakan adanya bahan pengikat alternatif yang diperuntukkan pada bangunan struktural maupun non struktural. Salah satu bahan ikat alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi pemakaian semen portland adalah abu terbang (*fly ash*).

Abu terbang mempunyai butiran yang lebih halus dari semen portland dan mempunyai sifat hidrolis seperti *pozzolan*. Dengan sifat *pozzolan*, maka dapat mengubah kapur bebas sebagai mortar udara menjadi mortarhidrolis. Abu terbang tidak sekedar menambah kekuatan mortar, karena secara mekanis abu terbang ini akan mengisi ruang kosong (rongga) diantara butiran-butiran semen, dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolis pada kapur mati yang dihasilkan dari hidrasi, dimana mortar hidrolis ini akan lebih kuat dari pada mortar udara (kapur mati + air) (Husin, 1998). Adapun penelitian ini memanfaatkan limbah pembakaran batubara (*fly ash*) sebagai bahan tambah campuran batako dengan harapan produk tersebut akan lebih baik di banding batako konvensional dari sisi kekuatan, permeabilitas, dan peredaman panas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah seperti sebagaimana berikut ini.

1. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan beton.
2. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* terhadap penyerapan air.
3. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* terhadap redaman suhu.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pembuatan batako menggunakan sekam pagi memiliki tujuan sebagaimana berikut ini.

1. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan batako.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap penyerapan air.
3. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap redaman suhu.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Memanfaatkan limbah *fly ash* dan menjadikannya sebagai solusi alternatif material untuk pembuatan material konstruksi seperti batako.
2. Masyarakat dapat menggunakan material baru yaitu batako yang pembuatannya menggunakan *fly ash*.
4. Pemilik toko bangunan, konsultan, dan kontraktor dapat memberikan variasi material dinding berupa penambahan *fly ash* untuk pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur yang lain.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan-batasan supaya peneliti dapat fokus pada tujuan yang akan dicapai. Batasan-batasan itu adalah seperti sebagaimana berikut ini.

1. Penelitian ini menggunakan cetakan batako tipe berlubang dengan ukuran dimensi 36 x 10 x 19 cm.
2. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air dan redaman panas.

3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*), merk Tiga Roda yang telah tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII
4. *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* type c yang di ambil dari PLTU paiton
5. Material *filler* berupa pasir Gunung Merapi yang tersedia di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia berasal dari Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman.
6. Alat dan Bahan yang lainnya menggunakan alat dan bahan yang berada di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. *Damdex* multifungsi digunakan untuk mempercepat pengerasan batako agar batako dapat diuji tepat di umur 14 hari.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebagai referensi dan bahan pertimbangan untuk Tugas Akhir, penulis menggunakan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian kali ini. Adapun penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Investigasi Eksperimental pada Penggabungan Batu Bata Abu Terbang *M-Sand* dan *GGBS*

Kumutha dkk (2018) melakukan studi eksperimental yang dilakukan pada batu bata yang terbuat dengan campuran *fly ash*, *Ground Granulated Blast Furnace Terak (GGBS)* dan Pasir Pabrikasi (*M-Sand*). Penyelidikan ini juga bertujuan untuk menggunakan bahan limbah efektif, karena *fly ash* adalah limbah yang diperoleh dari pembangkit listrik dan *GGBS* adalah limbah dari pabrik baja. Sifat-sifat batu bata campuran *fly ash* diselidiki dengan melakukan berbagai pengujian seperti Kuat tekan, uji penyerapan air dan uji toleransi dimensi sesuai Standar India yang relevan.

2. Batako Sekam Padi Berlubang dengan *Filler* dan Tanpa Pasir

Hesti (2014) telah meneliti batako sekam padi dengan penambahan *filler* dari pasir halus hasil penggergajian batu andesit serta tanpa menggunakan pasir. Saat ini di sekitar Gunung Merapi, Yogyakarta banyak limbah dari penggergajian batu andesit yang tidak terpakai. Sementara sekam padi hasil dari penggilingan padi juga tersedia sangat banyak di daerah Yogyakarta dan sekitarnya.

Dalam penelitian ini perbandingan volume yang optimal dari semen, *filler*, dan sekam padi adalah 1:3:4 (atau sekitar 1:1,19:0,89 dalam perbandingan berat). Sekam padi yang digunakan pada penelitian ini jumlahnya lebih besar daripada penelitian yang dilakukan Sumaryanto (2014). Komposisi campuran ini memiliki nilai kuat desak batako sebesar 20,85 kg/cm² atau sekitar 2,08 MPa. Pada kondisi ini perbandingan optimal antar semen dan *filler* senilai 1:3, Hesti tidak meneliti lebih lanjut bagaimana kekuatan dari batako apabila komponen semen dan *filler*

dibuat konstan sedangkan volume sekam dibuat bervariasi dengan menaikkan dari angka 4 dan seterusnya. Kadar air dari material yang dipakai untuk menyusun batako sekam padi juga tidak dianalisis.

3. Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi

Penelitian ini melanjutkan penelitian Hesti (2014), Winarno (2018) membuat batako sekam padi dengan tipe batako berlobang, dengan menggunakan bahan berupasemen, *filler* abu batu, dan sekam padi. Dengan komposisi semen dan sekam padi (tanpa pasir) sebesar 1:0,63 (atau sekitar 1:0,25 dalam perbandingan berat) yang tetap dan tidak berubah. Contoh batako sekam padi berlobang dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.1 Batako Sekam Padi Berlobang

(Sumber: Winarno, 2018)

Pelaksanaan pekerjaan mencetak batako sekam padi menggunakan mesin *press* dilakukan dengan cara batako sebesar 20 cm diposisikan berdiri. Proses ini sangat mungkin menyebabkan batako menjadi retak atau cacat karena batako segar yang baru dicetak harus dipindahkan secara manual dari mesin cetak oleh tukang cetak. Batako dapat mengalami keretakan jika pada saat pemindahan terjadi guncangan yang besar. Kemampuan dari mesin *press* untuk mencetak batako perharinya sekitar 150 buah. Oleh karena itu, proses pencetakan batako dengan posisi tidur dapat mengurangi risikoterjadinya keretakan atau cacat.

Komposisi *filler* yang dipakai pada penelitian ini lebih kecil dibandingkandenganpenelitian yang dilakukan oleh Hesti (2014), tetapi Winarno (2018) menguji lebih lanjut bagaimana kekuatannya apabila semen dan *filler* dibuat konstan dan variasidarisekam padi dinaikkan menjadi 2,4,6,8,10, dan 12. Hasil dari

penelitian ini yaitu kuat desak batako memenuhi Standar SNI (sebesar 17kg/cm^2 untuk tipe batako berlubang). Hasil ini dicapai dengan menggunakan komposisi 1 semen : 0,63 *filler* : 4 sekam padi dengan kekuatan desak rata-rata hasil pengujian sebesar $19,02\text{ kg/cm}^2$ (sekitar 1,90 Mpa). Penelitian ini juga memperhitungkan harga pokok produksi batako sekam padi berlubang, yaitu sekitar Rp 3.298 per satu buah batako dan hal ini sangat relevan terhadap harga batako sejenis yang ada di pasaran, yaitu sekitar Rp 3.300 per buah.

Dari beberapa penelitian di atas, penelitian Winarno (2018) menghasilkan kuat desak $19,02\text{ kg/cm}^2$ dengan komposisi semen dan *filler* dibuat konstan, yaitu 1:0,63 dan variasi sekam padi 2,4,6,8,10,12 dengan proses pencetakan batako menggunakan dua skema pencetakan (menggunakan mesin *press* dan pencetakan manual dengan posisi tidur). Hasil ini mengindikasikan bahwa penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Winarno (2018) lebih detail dengan memanfaatkan sekam padi (limbah hasil pertanian) secara maksimal, memiliki campuran yang homogen, dan proses produksinya lebih mudah untuk dilakukan. Pada saat yang sama, penelitian lanjutan terkait batako sekam padi ini tidak menggunakan pasir, akan tetapi menggunakan limbah abu batu hasil penggergajian batu andesit. Hal ini sangat relevan dengan konsep material konstruksi yang ramah lingkungan.

4. Ulasan Batu Bata Dengan Campuran *Fly Ash*

Penelitian yang dilakukan oleh Gadling (2018), yaitu tentang ulasan batu bata dengan campuran *fly ash*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkombinasi bahan dalam batu bata seperti kapur, semen dan tanah liat pada sifat yang berbeda dari batu bata. Parameter yang dipertimbangkan dalam hal ini yang dipelajari adalah kuat tekan, daya serap air dan daya tahan batu bata dengan *fly ash*, dan diperiksa dengan ketentuan *code* untuk elemen bata.

5. Metode Mix Design untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi

Pada penelitian Chabi dkk, mereka mengusulkan metode untuk mendesain campuran beton dengan menggunakan agregat berupa sekam padi. Desain campuran beton terdiri dari pemilihan proporsi masing-masing bahan sehingga beton yang dibuat dapat mencapai sifat atau hasil seperti yang diharapkan. Sekam padi pada penelitian ini dibagi menjadi 4 jenis yaitu RHO dengan ukuran butiran

sebesar 1 mm sampai 4 mm, RH1 dengan ukuran sebesar 0,5-2,5 mm, RH2 dengan ukuran sebesar 0,25-1,25 mm, dan RH3 dengan ukuran sebesar 0-0,63 mm. Proporsi massa relatif sekam padi sebesar 45%, 33%, 22%.

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah membuat lima buah sampel beton sekam padi dengan dimensi ukuran 30 cm x 30 cm x 4 cm. Pencampuran bahan menggunakan metode seperti pada umumnya. Setelah pencampuran bahan, pengecoran dilakukan dengan memasukkan campuran basah ke dalam cetakan lalu memadatkannya dengan besi secara manual. Setelah 14 hari, sampel diharapkan dapat mencapai target sebesar 0,5, 1, 2, 4, 8 Mpa.

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa campuran yang paling baik adalah dengan menggunakan sekam padi jenis RH3. Hasil tersebut adalah hasil yang paling mendekati target nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan yang didapatkan berturut-turut adalah sebesar 0,56 Mpa, 0,82 Mpa, 1,75 Mpa, 4,53 Mpa, 9,10 Mpa.

2.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan paparan dari tinjauan pustaka di atas, maka diperoleh rincian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagaimana berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

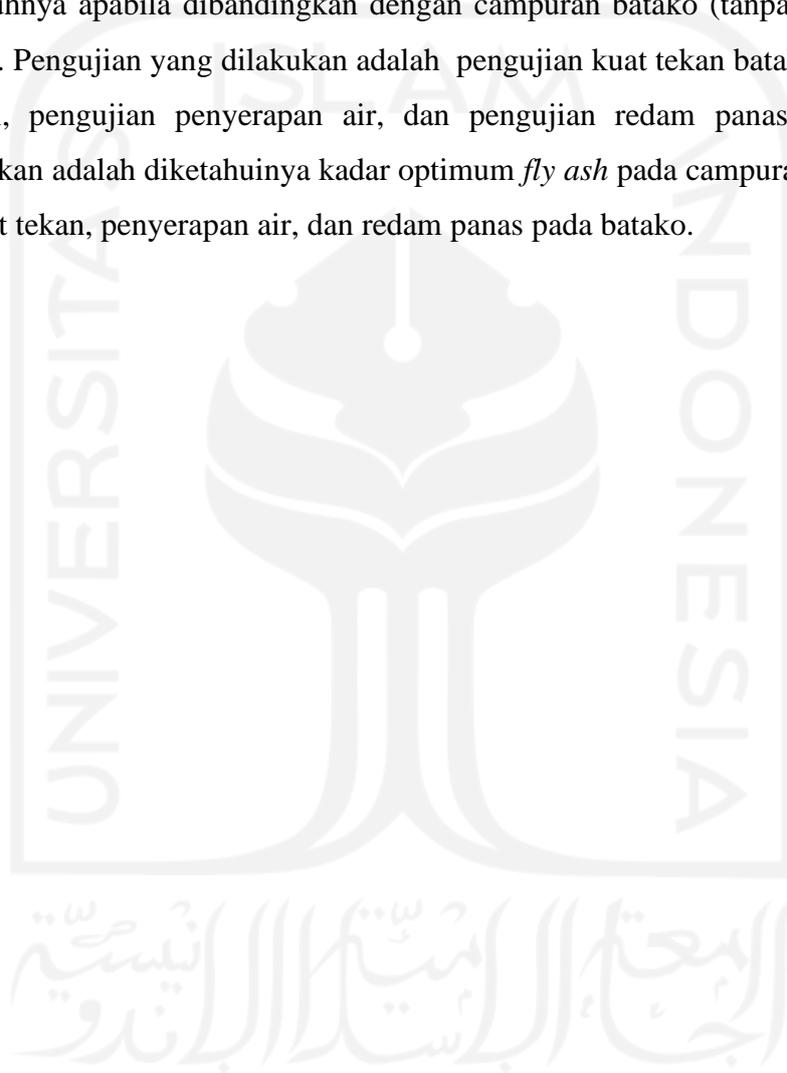
Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Bahan Tambah	Hasil Penelitian
Hesti (2014)	Batako Sekam Padi dengan <i>Filler</i> dan tanpa pasir	Proses produksi batako sekam padi yang dicetak pada posisi berdiri dengan menggunakan mesin cetak berpeggetar, material penyusun batako sekam padi agar memenuhi syarat kuat desak sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton.	Sekam padi dan <i>filler</i> abubatu	Dalam penelitian ini, perbandingan volume yang optimal dari semen, <i>filler</i> , dan sekam padi adalah 1:3:4 (atau sekitar 1:1,9:0,89 dalam perbandingan berat) dan komposisi campuran ini memiliki kuat desak batako yang mencapai 20,85 kg/cm ² atau sekitar 2,08 Mpa
Kumutha, dkk (2018)	Investigasi Eksperimental Pada Penggabungan Batu Bata Abu Terbang M-Sand dan GGBS	Pada penelitian ini bertujuan untuk menggunakan bahan limbah efektif, karena <i>fly ash</i> adalah limbah yang diperoleh dari pembangkit listrik dan <i>GGBS</i> adalah limbah dari pabrik baja	<i>Fly ash</i> , <i>Ground Granulated Blast Furnace Terak (GGBS)</i> dan Pasir Pabrikasi (<i>M-Sand</i>).	Untuk batu bata yang mengandung abu terbang dan <i>GGBS</i> dalam jumlah yang sama, kepadatan rata-rata turun di bawah 2100 kg/m ³ . Kecuali batu bata yang mengandung <i>fly ash</i> dan <i>GGBS</i> dalam jumlah yang sama, semua batu bata lainnya. Untuk tes toleransi dimensi, kuat tekan batu bata yang mengandung 75% <i>GGBS</i> , 15% <i>fly ash</i> dan 10% PPC memenuhi kuat tekan minimum yang ditentukan untuk kelas 3.5 yang ditetapkan sesuai IS 12894: 2002.
Gadling	Ulasan Batu Bata Dengan	Pada penelitian ini bertujuan	<i>Fly ash</i>	Pembuatan batu bata dengan menggunakan

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Bahan Tambah	Hasil Penelitian
(2018)	Campuran Fly Ash	untuk mengkombinasi bahan dalam batu bata seperti kapur, semen dan tanah liat pada sifat yang berbeda dari batu bata		campuran <i>fly ash</i> termasuk ramah lingkungan. Abu terbang 70 hingga 80% di gunakan dalam pembuatan batu bata bermanfaat untuk peningkatan kuat tekan dan batu kapur membuat kombinasi yang baik dengan campuran <i>fly ash</i> . yang meningkatkan daya tahan elemen bata.
Winarno (2018)	Batako Sekam Padi dengan Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi.	Mengetahui komposisi campuran material penyusun batako sekam padi agar memenuhi persyaratan sifat-sifat fisik yang sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989, Mengetahui harga pokok produksi sebuah batako sekam padi yang kompetitif di pasaran.	Sekam padi dan <i>filler</i> abubatu	Batako yang paling optimal (memenuhi syarat type IV) adalah pada komposisi campuran semen, <i>filler</i> , dan sekam padi sebesar 1:0,63:6 atau komposisi volume sebesar 1:0,25:5 dan pada perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi adalah Rp. 3.298.
Chabi, dkk	Metode <i>Mix Design</i>	Untuk mendesain campuran	Sekam padi	Proporsi massa sekam padi yang digunakan

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Bahan Tambah	Hasil Penelitian
(2018)	untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi	beton menggunakan agregat berupa sekam padi. Sekam padi dibagi menjadi empat jenis berupa RH0, RH1, RH2, RH3.		adalah 45%, 33%, 22%. Hasil yang didapatkan adalah nilai kuat tekan lima sampel sebesar 0,56 Mpa, 0,82 Mpa, 1,75 Mpa, 4,53 Mpa, 9,10 Mpa.
Prasetyo (2022)	Pengaruh <i>Fly Ash</i> Pada Batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air Dan Redaman Panas	Mendesain campuran batako dengan perbandingan komposisi volume 1:8 (semen:pasir) menggunakan variasi penambahan <i>fly ash</i> sebagai bahan tambah. <i>Fly ash</i> ditambahkan sebesar 3%, 5%, 7% dan 9% dari berat semen untuk mengetahui pengaruhnya apabila dibandingkan dengan campuran batako (tanpa penambahan <i>fly ash</i>).	<i>Fly Ash</i>	-

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian saat ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Letak perbedaannya adalah pada campuran batako yang digunakan adalah menggunakan perbandingan komposisi volume 1:8 (semen:pasir) dengan penambahan *damdex* sebesar 2%, serta menggunakan variasi penambahan *fly ash* sebagai bahan tambah. *Fly ash* ditambahkan sebesar 3%, 5%, 7% dan 9% dari berat semen untuk mengetahui pengaruhnya apabila dibandingkan dengan campuran batako (tanpa penambahan *fly ash*). Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan batako pada umur 14 hari, pengujian penyerapan air, dan pengujian redam panas. Hasil yang diharapkan adalah diketahuinya kadar optimum *fly ash* pada campuran batako dari sisi kuat tekan, penyerapan air, dan redam panas pada batako.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako adalah bahan bangunan yang dibuat menggunakan campuran semen dan pasir. Bahan tersebut dicampur dengan baik dengan komposisi tertentu lalu dicetak secara manual ataupun dengan mesin cetak. Batako digunakan untuk menggantikan batu bata bakar dari tanah liat. Batako biasanya digunakan sebagai material dinding yang bersifat non-struktural. Menurut SNI 03-0349-1989, bata cetak beton adalah komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah (*additive*), dicetak dengan mengikuti persyaratan agar bisa digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1982) pasal 6, batako adalah bata yang terbuat dengan mencetak campuran tras kapur, kapur, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah lainnya setelah itu batako segar setelah dicetak harus ditempatkan dan dipelihara di lingkungan yang lembab.

Dari penjelasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa batako adalah bahan bangunan yang dicetak menggunakan bahan campuran semen, pasir, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah (*additive*) tanpa melalui pembakaran dan batako dipelihara di lingkungan yang lembab sehingga dapat memenuhi syarat sebagai material pasangan dinding.

Batako memiliki beberapa tipe yang sering digunakan, yaitu batako pejal dan batako berlubang. Batako pejal dan batako berlubang dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 3.1 di bawah ini.



(a) (b)
Gambar 3.1 Batako Pejal (a) dan Batako Berlubang (b)

(Sumber: Pusat Inovasi UII)

Batako berlubang memiliki sifat yang lebih baik dalam menghantarkan panas daripada batako pejal (padat) dengan menggunakan komposisi yang sama. Penggunaan batako juga dapat menghemat dari segi waktu, biaya, dan jumlah campuran. Batako memiliki harga satuan yang lebih murah serta bobot yang lebih ringan daripada penggunaan bata merah.

Menurut Frick Heinz dan Koesmartadi (1999) pemakaian batako lebih terlihat penghematannya dibandingkan dengan memakai bata merah, antara lain sebagai berikut.

1. Penggunaan batako untuk dinding membuat luas permeter persegi jadi lebih sedikit.
2. Penghematan dalam penggunaan adukan plester sampai 75%
3. Berat tembok menjadi lebih ringan, hal itu membuat beban yang diterima pondasi akan berkurang.
4. Kualitas batako dapat membuat dinding tidak perlu diplester jika permukaan batako sudah bagus.
5. Batako dapat dibuat dengan menggunakan alat-alat atau mesin yang sederhana tanpa memerlukan proses pembakaran.

Syarat fisik dan ukuran batako yang sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 seperti sebagaimana berikut ini.

Tabel 3.1 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton

No	Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu Batako Pejal				Tingkat Mutu Batako Berlobang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Kuat desak bruto* rata-rata min.	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2	Kuat -tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3	Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	-	-	25	35	-	-

*Kuat desak bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk lubang serta cekungan tepi

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

No	Jenis	Ukuran, mm		
		Panjang	Lebar	Tebal
1	Batako pejal	390: +3 atau -5	190: +2 atau -2	100: +2 atau -2
2	Batako berlubang			
	a. Kecil	390: +3 atau -5	190: +3 atau -5	100: +2 atau -2
	b. Besar	390: +3 atau -5	190: +3 atau -5	200: +3 atau -3

Berdasarkan persyaratan yang ada, mutu beton dibagi menjadi empat tingkatan mutu dimulai dari mutu I sampai dengan mutu IV seperti sebagai berikut.

1. Bata beton mutu I yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang tidak terlindungi (di luar atap).
2. Bata beton mutu II yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang menopang beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindungi dari cuaca (konstruksi di bawah atap).
3. Bata beton mutu III yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang tidak menopang beban, seperti dinding penyekat atau konstruksi lainnya (konstruksi di bawah atap).
4. Bata beton mutu IV yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi seperti yang digunakan dalam mutu III, tetapi bata beton mutu IV harus terlindungi

dari hujan dan terik matahari (konstruksi di bawah atap dan bata beton diplester).

3.2 Material Penyusun Batako

Berikut adalah material penyusun yang dipakai pada proses pencetakan batako.

1. Fly Ash

Fly ash merupakan hasil dari sisa pembakaran batu bara, abu batu bara (*fly ash*) juga diketahui mengandung bahan yang bersifat *pozzolanic*. Penggunaan batu bara terkait dari proses pengolahan batu bara tersebut akan menghasilkan sisa abu batu bara (*fly ash* dan *bottom ash*) sebanyak 10 ribu ton per bulan dimana hasil samping proses pengolahannya berupa 20% abu terbang (*fly ash*) dan 80% abu dasar (*bottom ash*). Abu batubara sudah banyak digunakan sebagai bahan semen, keramik, gelas, batu bata, batako, paving block, genteng, ubin berpori, ubin keramik, campuran aspal, perekat dan pelapis *gypsum* (Sembiring, 2008). Batu bara sebagai salah satu sumber energi alternatif disamping minyak dan gas bumi. Batu bara dipilih sebagai sumber energi alternatif karena batubara relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Khususnya di Indonesia yang memiliki sumber batu bara yang sangat melimpah, batu bara menjadi sumber energi alternatif yang potensial. Oleh sebab itu, penggunaan batu bara di Indonesia meningkat pesat setiap tahunnya. Data menunjukkan bahwa penggunaan batu bara di Indonesia mencapai 14,1% dari total penggunaan energi lain pada tahun 2003. Diperkirakan penggunaan energi batubara ini akan terus meningkat hingga 34,6% pada tahun 2025 (Gusnita, 2012). Selain potensinya sebagai sumber energi alternatif, penggunaan batubara ini menghasilkan limbah abu tidak yang jika tidak ditangani akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2006, limbah abu terbang yang dihasilkan mencapai 52,2 ton/hari, sedangkan limbah abu dasar mencapai 5,8 ton/hari. Limbah abu ini bila ditimbun akan menghasilkan gas metana (CH_4) yang dapat terbakar atau meledak dengan sendirinya (*self burning dan self exploding*). Selain itu, abu ini berbahaya untuk kesehatan khususnya pada sistem pernafasan dan kulit. Oleh sebab itu,

limbah abu terbang dan abu dasar ini dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) (Lasryza dan Sawitri, 2012). Diharapkan dengan menggunakan material buangan atau limbah yang ada lingkungan sekitar, kami dapat mengatasi masalah lingkungan yang saat ini menjadi tantangan bagi para peneliti untuk memanfaatkannya.

2. Pasir

Pasir adalah material butiran yang terdiri dari partikel batuan dan mineral yang terpecah halus. Ukuran pasir pasir lebih halus dari kerikil dan lebih kasar dari lanau. Pasir juga bisa mengacu pada suatu kelas tekstur dari tanah atau jenis tanah; yaitu, tanah yang mengandung lebih dari 85 persen partikel berukuran pasir berdasarkan massa.

3. Semen

Menurut ASTM C-150, semen portland merupakan semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen memiliki fungsi untuk merekatkan antara butiran-butiran yang ada pada agregat, selain itu juga semen berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar agregat sehingga menjadi suatu masa yang padat, walaupun jumlah berkisar 10% dari volume beton (Tjokrodimuljo, 2007). Semen yang akan digunakan pada sebuah bangunan harus sesuai dengan perencanaan yang diminta dan sesuai dengan kegunaan bangunan yang dirancang.

Bahan utama yang dimiliki oleh semen portland yaitu kapur, silika, alumina, magnesia dan terkadang ditambahkan sedikit alkali. Oksida besi juga ditambahkan untuk mengontrol dari komposisi semen dan untuk mengatur waktu ikat dari semen ditambahkan juga gipsum. Bahan-bahan dari penyusun semen portland dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Bahan-Bahan Utama Penyusun Semen Portland

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8

Oksida	Persen (%)
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda / potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5-1

(Sumber: Tjokrodimulyo, 2007)

Secara garis besar semen portland memiliki senyawa kimia utama yang menyusun semen portland diantaranya yaitu:

- a. Trikalsium Silikat (C3S) atau 3CaO.SiO₂.
- b. Trikalsium Aluminat (C3A) atau 3CaO.Al₂O₃.
- c. Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃.
- d. Dikalsium Silikat (C2S) atau 2CaO.SiO₂.

Sesuai dengan SNI 15-2049- 2004 penggunaan komposisi senyawa kimia yang berbeda variasinya membuat semen portland dibagi menjadi 5 kategori sebagai berikut.

- a. Jenis I, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- b. Jenis II, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- c. Jenis III, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

4. Air

Air juga merupakan bahan yang dibutuhkan pada proses pembuatan batako. Air dicampurkan dengan *Portland Cement* dan akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia yang disebut hidrasi. Hasil dari reaksi kimia ini menentukan bagaimana semen dapat mengeras dan memperoleh kekuatan.

Air yang dipakai pada proses pembuatan batako sebaiknya menggunakan air yang bersih dan tidak mengandung zat-zat lain seperti garam, minyak, atau bahan

lainnya yang dapat mengurangi kualitas batako.

3.3 Pengujian Batako

1. Uji Kuat Desak

Kekuatan adalah sifat penting yang harus dimiliki material beton, karena beton akan menjadi tidak berguna jika tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban. Kekuatan (*strength*) yang dimaksud berfungsi sebagai kemampuan menggunakan gaya untuk mendukung dan menahan beban. Kekuatan beton diukur dari kekuatan desaknya, akan tetapi beton juga memiliki sifat getas. Uji kuat desak beton dapat dilihat seperti sebagaimana pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Uji Kuat Desak Batako

(Sumber: Laboratorium Teknik Bahan Kontruksi UII)

Kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sebagaimana berikut ini:

- a. Kualitas dari bahan campuran seperti semen, pasir, agregat, air, dan terkadang menggunakan bahan kimia tambahan sebagai penguat. Penggunaan *fly ash* pada penelitian ini sebagai bahan tambah dapat menyebabkan kuat desak beton jadi berkurang.
- b. Proporsi atau perbandingan dari masing-masing bahan campuran. Dengan menggunakan perbandingan campuran yang tepat maka beton akan menjadi suatu material yang kokoh dan sedikit berpori karena campuran akan menyatu dengan baik. Perbandingan air dan semen atau biasanya disebut faktor air semensangat

penting untuk menentukan kekuatan dari beton. Air digunakan sebagai proses hidrasi antara semen dan air yang menghasilkan pasta semen. Penggunaan air yang berlebihan juga dapat mengurangi kekuatan dari sebuah beton (Wang dan Salmon, 1990). Pembuatan batako sekam padi dilakukan dengan menyampur bahan sampai mendapatkan campuran yang homogen dan agak kering agar batako sekam padi dapat dicetak dengan baik dan tidak cacat.

- c. Proses pemadatan beton segar. Pada struktur beton bertulang, pemadatan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin penggetar atau *vibrator* karena beton segar bersifat agak encer. Pemadatan harus dilakukan dengan baik tidak boleh terlalu lama ataupun terlalu sebentar, tetapi pada pelaksanaan dilapangan yang sering terjadi adalah beton sering kurang pemadatan daripada kelebihan pemadatan. Beton yang kurang pemadatan dapat menyebabkan suatu beton menjadi keropos dan segregasi atau ada beberapa kerikil yang tidak terselimuti pasir dan semen. Beton yang keropos dan segregasi biasanya terjadi pada pertemuan-pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang. Pada beton konvensional, pasta semen mampu menyatu dengan baik dengan pasir dan kerikil serta campurannya yang bersifat agak encer membuat beton dapat dipadatkan dengan cara digetarkan. Pada penelitian yang menggunakan sekam padi ini, campuran tidak bersifat encer serta pasta semen kurang melekat dengan sekam padi. Bulu-bulu halus pada sekam padi dapat menghalangi lekatan dengan pasta semen.
- d. Proses perawatan batako setelah mengeras. Beton segar yang telah dicetak harus segera diteduhkan dan dilindungi di tempat yang lembap.
- e. Usia beton, semakin lama usia beton yang telah dicetak maka kuat desak beton juga akan meningkat. Kuat desak beton akan meningkat dengan pesat sampai 14 hari, tetapi setelah itu kuat desak akan meningkat secara perlahan.
- f. Pengaruh cuaca yang dapat menyebabkan pemuaian dan penyusutan. Hal ini disebabkan oleh pergantian suhu panas di siang hari dan dingin di malam hari.
- g. Daya rusak kimiawi, daya rusak kimiawi dari air laut (garam), alkali, asam sulfat, limbah, dan lain-lain dapat mempengaruhi kekuatan beton.
- h. Daya tahan beton terhadap abrasi atau aus yang diakibatkan oleh gesekan dari luar seperti lalu lintas, ombak, orang berjalan, dan lain-lain.

Menurut Murdock dan Brook (1991), beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat pematannya. Selain dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton, dan jenis bahan *admixture*.

Nilai kuat desak beton dapat dihitung berdasarkan besar beban per satuan luas dengan gaya tekan tertentu dari mesin uji. Pengukuran kuat desak beton yang sesuai dengan persyaratan SNI 03-1974-1990 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1

$$\text{Kuat desak} = P/A \quad (3.1)$$

dengan:

Kuat Desak Batako = (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

2. Uji Penyerapan Air

Daya serap air adalah persentase berat air yang sanggup diserap oleh agregat jika direndam dalam air. Pori-pori tersebar di seluruh butiran agregat, sebagian merupakan pori tertutup dan lainnya pori yang terbuka terhadap permukaan butiran. Pori-pori pada butiran agregat memiliki variasi yang berbeda. Pada umumnya, jenis agregat yang sering dipakai memiliki volume pori tertutup sekitar 0% - 20% dari volume butirannya (Tjokrodimulyo, 1996).

Pada campuran beton, semen dan air membentuk campuran atau biasanya disebut pasta semen. Pasta semen selain berfungsi sebagai pengisi pori-pori, ia juga berfungsi sebagai perekat pada saat proses pengerasan sehingga butiran agregat dapat menyatu dengan baik. Tingkat porositas pada campuran dapat menyebabkan daya serap air semakin meningkat karena kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Air ini akan meluap atau tinggal dalam campuran semen yang dapat menimbulkan pori-pori. Hal ini menyebabkan kurangnya tingkat kedap air dari campuran beton.

Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air beton dalam kondisi keras. Persyaratan pengujian daya serap air mengikuti SNI 03-6433-200. Menghitung daya serap air dapat menggunakan Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$\text{Daya serap air} = \frac{(W_b - W_k)}{W_k} \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan:

W_b = Berat benda uji basah (gram)

W_k = Berat benda uji kering (gram)

3. Uji Daya Redam Suhu

Material mengalami proses perpindahan panas, namun proses ini tidak diamati tetapi pengaruhnya bisa dirasakan dan diukur. Perpindahan panas meliputi konduksi, konveksi, dan radiasi, dimana proses-proses perpindahan panas ini banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contohnya, yaitu saat memanaskan air. Proses perpindahan panas pada umumnya terjadi pada zat cair. Perpindahan panas secara konveksi merupakan perpindahan panas yang diikuti pergerakan media perambatnya. Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bersuhu tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Kesetimbangan panas terjadi jika panas dari sumber panas sama dengan jumlah panas benda yang dipanaskan dengan panas yang disebabkan oleh benda tersebut ke medium sekitarnya. Proses perpindahan panas ini berlangsung 3 mekanisme, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi adalah perpindahan panas atau kalor satu jenis zat sehingga konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya terjadi di dalam bahan. Arah aliran energi kalor adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah. Perpindahan panas konduksi umumnya terjadi pada zat padat. Proses perpindahan panas konduksi dalam kehidupan sehari-hari yaitu saat 27 mengaduk kopi dengan sendok, ujung pegangan sendok juga akan terasa panas walaupun jari tidak tercelup ke dalam kopi yang panas. Tingginya suhu udara pada daerah yang beriklim tropis memberikan dampak bagi penggunaan bahan material dinding yang dapat menyebabkan efek terhadap kenyamanan termal pada suatu bangunan. Penggunaan bahan material dinding sangat berpengaruh pada kenyamanan aktivitas penghuni di dalam ruangan, sehingga redaman panas suatu material dinding pada material untuk bangunan di daerah beriklim tropis sangat penting. Teori mengenai perpindahan panas melalui suatu benda yang mengacu pada hukum Fourier akan dijelaskan dalam Persamaan 3.3

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (3.3)$$

Keterangan :

ΔT = Selisih suhu pada permukaan atas dan bawah

T1 = Suhu pada permukaan

T2 = suhu pada bawah permukaan.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode Penelitian berupa tata cara penjelasan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan jawaban yang rasional dari masalah atau kasus yang ada di sekitar kita. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di Laboratorium. Metode eksperimen yaitu penelitian untuk mengetahui variabel tertentu terhadap variabel lain dalam keadaan yang terkendali. Metode eksperimen ini berupa pembuatan batako yang dilakukan di Laboratorium UII, kemudian akan dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi UII. Pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini berupa variasi penambahan *fly ash* pada campuran beton dan variabel terikat pada penelitian ini berupa kemudahan proses produksi, kuat desak batako, daya serap air batako dan daya redam panas.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Indonesia. Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian antara lain seperti berikut dalam beberapa tahap, antara lain seperti sebagaimana berikut.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar penelitian dapat dilakukan dengan lancar. Alat-alat yang digunakan adalah sebagaimana berikut ini.

- a. Alat yang berfungsi untuk membuat *fly ash* dan pasir dalam kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)*.
- b. Saringan untuk menyaring pasir dan semen dari gumpalan-gumpalan.
- c. Ember yang berfungsi sebagai tempat dan alat takar bahan.

- d. Timbangan untuk menghitung berat volume dari bahan-bahan yang dipakai.
- e. Gelas ukur untuk menghitung jumlah air yang dipakai dalam campuran.
- f. *Mixed Machine* yang berfungsi untuk mengaduk campuran.
- g. *Press Machine* yang berfungsi untuk mem-press adukan batako.
- h. Cetakan batako dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 36 cm.
- i. Papan kayu sebagai wadah dari batako yang sudah dicetak.
- j. Solar untuk melapisi cetakan batako agar batako tidak lengket dan lebih mudah untuk dikeluarkan dari cetakannya.
- k. Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan proses pelaksanaan.
- l. Alat bantu seperti cetok semen, kuas, penggaris, kalkulator, dan pilox.

2. Perencanaan Komposisi

Komposisi bahan-bahan penyusun diukur dalam satuan volume agar memudahkan proses pencampuran. Pada saat analisis, pembahasan akan meliputi komposisi dalam satuan berat juga. Nilai FAS dibuat sama dan ditentukan setelah dilakukan *trial mix* agar campuran batako tidak terlalu basah atau agak kering.

Batako dicetak menggunakan mesin *press* dan penggetar. Bagian bawah dari batako yang dihasilkan akan terisi lebih banyak pasta semen daripada bagian atas karena gaya gravitasi selama proses penggetaran. Oleh karena itu, bagian atas pada batako diberi pasta semen lagi agar jadi lebih homogen. Variasi dan komposisi campuran batako dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Penyusun Batako

Variasi Sampel	Campuran (Perbandingan Volume) Semen : Pasir	Bahan Aditive (Damdex)	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)
I	1 : 8	2%	0%
II	1 : 8	2%	3%
III	1 : 8	2%	5%
IV	1 : 8	2%	7%
V	1 : 8	2%	9%

Bahan-bahan penyusun penambahan *fly ash* pada penelitian ini dapat dilihat seperti sebagaimana pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bahan Penyusun Penambahan *Fly Ash*

(Sumber: <https://lauwtjunnji.weebly.com/fly-ash--overview.html>)

3. Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini pembuatan dan perawatan benda uji untuk setiap pengujian. Langkah-langkah pembuatan batako yang dilakukan adalah seperti sebagaimana berikut ini.

a. Persiapan

- 1) Pengambilan *fly ash* dan pasir dari tempat asalnya.
- 2) *Fly ash* dan batu bata disiapkan sedemikian rupa hingga mencapai kondisi SSD.
- 3) Pasir disaring untuk menyingkirkan gumpalan dan agregat seperti kerikil.
- 4) Menghitung berat volume dari *fly ash*, pasir, dan semen.

b. Langkah-langkah pencampuran bahan penyusun penambahan *fly ash*

- 1) Membersihkan alat *mixer* serta membasahi sisi alat dengan sedikit air agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi peresapan air yang dapat mengakibatkan volume pencampuran air jadi berkurang.
- 2) Menimbang komposisi bahan campuran seperti *fly ash*, pasir, dan semen dengan perbandingan volume seperti pada Tabel 4.1.
- 3) Masukkan *fly ash* dan pasir sesuai dengan komposisi yang sudah ditetapkan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam *mixer machine*, lalu aduk kedua bahan tersebut secara perlahan.
- 4) Setelah itu, masukkan juga semen yang sudah ditakar ke dalam mesin lalu aduk lagi secara perlahan.

- 5) Kemudian, masukkan air secara perlahan ke dalam mesin agar bahan-bahan tersebut dapat tercampur dengan baik.
 - 6) Proses pencampuran dilakukan sampai semua bahan tercampur secara merata dan tampak homogen.
 - 7) Campuran batako segar yang telah tercampur dikeluarkan dari alat mixer dengan cara membuka penutup lubang bagian bawah alat.
- c. Tahap Pencetakan
- 1) Campuran batako segar yang sudah dikeluarkan dari alat mixer kemudian dimasukkan ke dalam alat press batako.
 - 2) Penggetar pada alat press dinyalakan agar cetakan terisi dengan campuran secara merata dan padat. Pada saat penggetaran, pasta semen akan bergerak ke bawah akibat gaya gravitasi sehingga mengisi bagian bawah cetakan.
 - 3) Campuran batako dimasukkan lagi ke dalam cetakan sampai penuh, setelah itu digetarkan lagi agar campuran padat lalu menambahkan pasta semen secukupnya pada bagian atas cetakan sebelum dipress terakhir kali.
 - 4) Setelah campuran selesai dipress, tuas mesin press diangkat dan batako segar hasil cetakan tersebut pun jadi.
 - 5) Batako segar yang telah dicetak lalu diangkat beserta alasnya untuk dipindahkan ke tempat yang teduh. Satu hari setelahnya, batako ditumpuk pada tempat yang teduh juga.
 - 6) Pada saat proses pemindahan batako segar, tukang cetak batako harus melakukannya dengan hati-hati agar batako segar tidak mengalami keretakan atau bahkan pecah. Ukuran batako segar setinggi 20 cm menyebabkan batako segar sangat rawan retak jika terjadi guncangan.
 - 7) Batako yang sudah ditumpuk kemudian diberi perlindungan agar tidak terkena gangguan dari luar selama kurang lebih 14 hari.

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Berikut adalah prosedur pengumpulan dan analisis data.

1. Prosedur Pengumpulan Data melalui Proses Produksi

Pada saat proses produksi, peneliti akan mengamati bagaimana jalannya

proses pencetakan penambahan fly ash tersebut. Proses pencetakan penambahan fly ash tidak dilakukan secara manual melainkan dengan menggunakan mesin *press*. Pada saat produksi, penulis melihat apa saja kendala pada saat proses pembuatan batako seperti tingkat kesulitan produksi serta komentar tukang dalam membuat batako yang utuh dan tanpa cacat, dan juga berapa buah batako yang dapat diproduksi dalam waktu satu jam, dan kemudian dikonversi menjadi satu hari.

2. Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel penambahan fly ash pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII dan di Laboratorium lainnya. Pengujian ini dilakukan pada penambahan fly ash yang sudah mengering atau berumur kurang lebih 14 hari. Terdapat beberapa pengujian yaitu kuat desak, daya serap air, dan daya redam panas.

3. Pengujian Bahan-bahan Penyusun

Bahan-bahan penyusun meliputi semen, *filler* (pasir), dan fly ash. Pengujian bahan penyusun ini berupa kadar air, berat jenis, dan berat volume. Pedoman pengujian mengikuti standar pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.

4. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji (*curing*) ini dilakukan agar permukaan beton segar selalu teduh dan lembab hingga beton dianggap cukup keras. Kelembababan dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini sampel batako hanya ditaruh ditempat yang teduh dan ditutup plastik agar lembab. Hal ini bertujuan untuk menjaga kelembaban penambahan fly ash yang telah dicetak sampai dengan umur sekitar 14 hari.

5. Pengujian Sampel Batako

Pada penelitian ini peneliti menguji sampel penambahan fly ash dan bata ringan. Terdapat empat pengujian yang akan dilakukan, yaitu berat volume sampel, kekuatan desak, daya serap air dan daya redam panas.

Pengujian ini dilakukan pada sampel yang telah berusia 14 hari atau lebih. Untuk pengujian kuat desak benda uji, dilakukan pengecekan agar batako tegak berdiri secara vertikal. Bila sampel tidak tegak lurus atau miring, maka akan dilakukan perataan permukaan batako terlebih dahulu.

Berikut terdapat 4 (empat) jenis pengujian pada penambahan *fly ash* seperti sebagaimana berikut ini.

a. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan pada tiap-tiap varian tipe sebanyak sebelas buah dengan menggunakan alat berupa timbangan dan penggaris ukur panjang yang terdapat di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia. Langkah-langkah pengujian berat volume adalah sebagai berikut.

- 1) Pemberian tanda pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako kemudian batako ditimbang.
- 2) Mengukur dimensi sampel (panjang, tinggi, dan tebal).
- 3) Menghitung volume sampel berdasarkan dimensinya.
- 4) Mengukur berat sampel dengan timbangan.
- 5) Sampel dihitung berat volumenya, dengan cara: berat dibagi dengan volumenya.
- 6) Menghitung berat rata-rata pada semua sampel.

b. Pengujian Kuat Desak

Pengujian kuat desak batako dilakukan pada masing-masing variasi batako sebanyak lima buah. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji desak yang berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagaimana berikut ini.

- 1) Pemberian tanda batako untuk memudahkan pada saat mencatat nilai kuat desak batako.
- 2) Sampel diletakkan pada alat uji kuat desak
- 3) Mulai proses pembebanan dengan menyalakan mesin alat kuat desak.
- 4) Catat pembebanan pada setiap interval pembacaan data.
- 5) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap sampai sampel hancur.

c. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan pada tiap-tiap varian tipe sebanyak satu buah. Satu sampel benda uji dipotong terlebih dahulu menjadi empat bagian. Pengujian dilakukan dengan cara seperti sebagaimana berikut ini.

- 1) Menimbang sampel dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi
- 2) Benda uji direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 (dua puluh

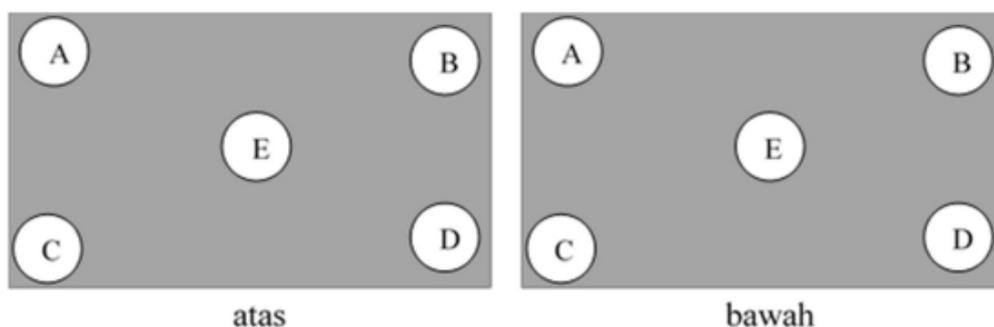
empat) jam. Setelah itu benda uji diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji disekat dengan kain lembab, agar air yang berlebihan masih melekat di bidang permukaan benda uji terserap oleh kain lembab itu. Benda uji kemudian di timbang (A).

- 3) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu 105 ± 5 °C.
- 4) Menimbang batako yang telah kering (B).
- 5) Menghitung penyerapan air dengan menggunakan Persamaan 3.2.

d. Pengujian Daya Redam Panas

Pengujian ini di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Sampel pengujian ini berukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm. uji konduktivitas panas dilakukan dengan menggunakan alat thermometer. Setiap variasi terdapat 1 sampel pengujian. Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian redaman panas menggunakan alat thermocouple adalah sebagai berikut:

- 1) Menjemur batako dibawah sinar matahari selama ± 4 jam.
- 2) Peletakan sensor thermometer pada bidang yang terkena panas matahari. Titik-titik thermometer ditempelkan pada daerah yang dianggap mewakili semua bidang uji dari benda tersebut untuk mendapatkan suhu pada masing - masing titik. Dalam penelitian ini terdapat 5 titik ukur suhu seperti sebagaimana pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Titik Pemasangan Kabel Thermometer

- 3) Pengukuran suhu dengan thermometer juga dilakukan pada sisi sebaliknya yaitu sisi yang tidak terkena panas dengan kedudukan posisi angka yang sama.
- 4) Peletakan benda uji yang telah di pasang sensor thermometer pada alat uji

konduktivitas panas, seperti sebagaimana pada Gambar 4.3



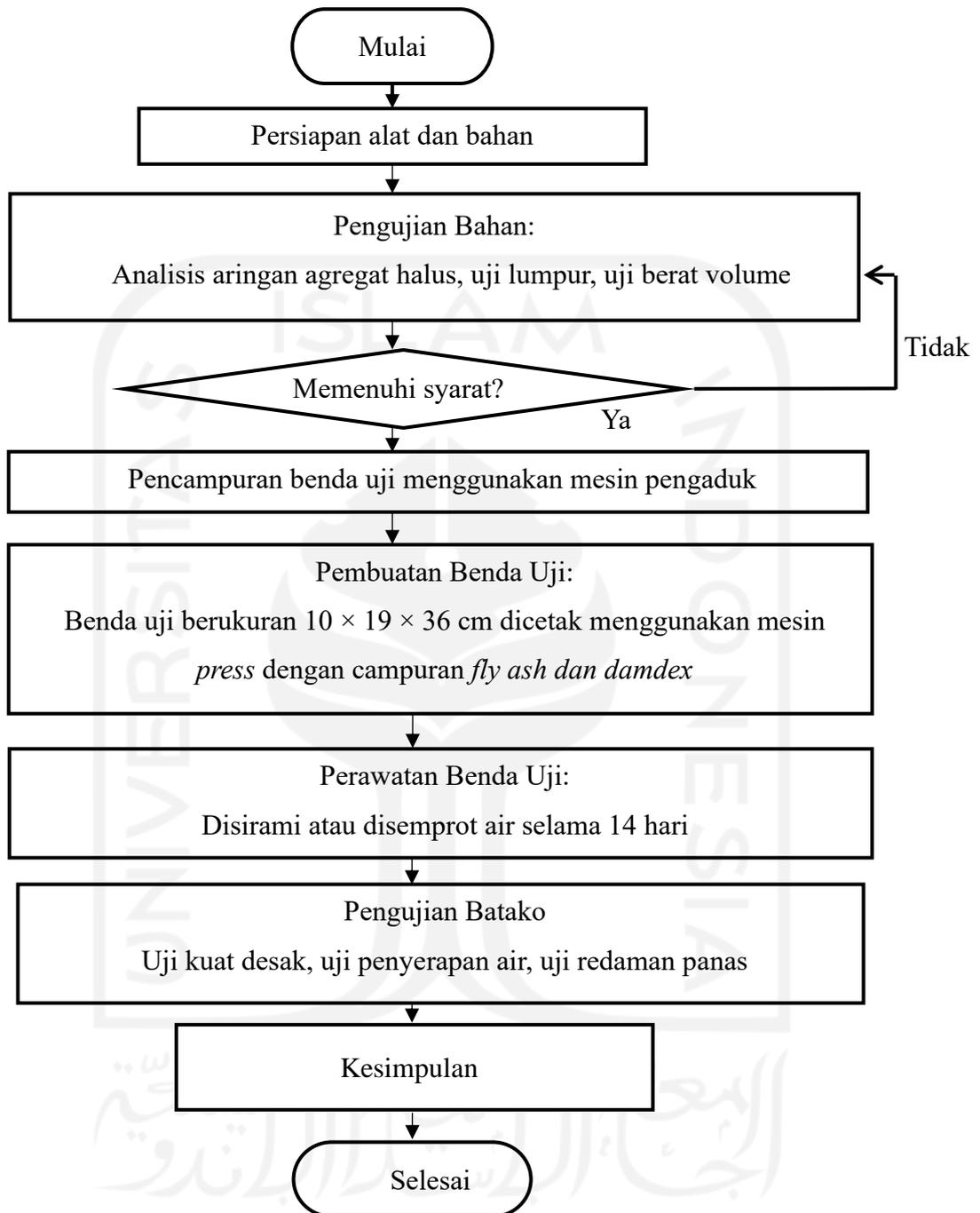
Gambar 4. Pengujian Proses Redaman Panas

- 5) Nyalakan alat hingga alat menunjukkan suhu untuk kedua sisi yang diukur suhunya.
 - 6) Mencatat hasil pengukuran suhu pada daerah yang terkena panas (T) dan daerah yang tidak terkena panas (T').
 - 7) Menghitung nilai redaman panas dengan menghitung selisih suhu pada daerah yang terkena panas (T) dan daerah yang tidak terkena panas (T').
6. Tahap Analisis Data dan Pembahasan

Data-data yang telah didapatkan kemudian dianalisis untuk menentukan penambahan *fly ash* mana yang paling baik. Batako yang baik dari segi mutu adalah batako yang memenuhi persyaratan SNI. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi sedemikian rupa agar diperoleh batako yang memenuhi persyaratan SNI.

7. Tahap Pengambilan Kesimpulan

Pada tahap ini, peneliti dapat menyimpulkan penelitian yang dilakukan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang sudah dilakukan sebelumnya. Dari penjelasan di atas, maka dibuat bagan alir (*Flowchart*). Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya akan dijelaskan. Data dari penelitian ini akan dilakukan analisis dan pembahasan untuk memperoleh hasil dari tujuan yang telah rencanakan. Sebelumnya, pelaksanaan penelitian telah dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII dan dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknis (BKT) UII. Penelitian ini diawali dengan pengecekan bahan susun batako, pengamatan proses produksi atau pelaksanaan, dan pengujian sampel batako yang sudah dibuat.

5.2 Hasil Penelitian Bahan

Pada pemeriksaan bahan penyusun paving block yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia data yang diperoleh meliputi hasil pengujian analisa saringan agregat, pengujian berat volume padat/gembur, pengujian lolos saringan no. 200. Persyaratan yang perlu dipenuhi oleh bahan-bahan penyusun batako yang akan digunakan perlu dilakukan pemeriksaan agar mendapatkan hasil yang sudah direncanakan.

1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini menggunakan pasir alam yang berasal dari Merapi. Pemeriksaan dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, pengujian lolos saringan no. 200, dan pengujian berat volume padat/gembur.

a. Pengujian analisa saringan agregat halus

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan memperoleh nilai modulus halus butir (MHB) menggunakan metode dan standar SNI 03-1968-1990. Adapun hasil analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1

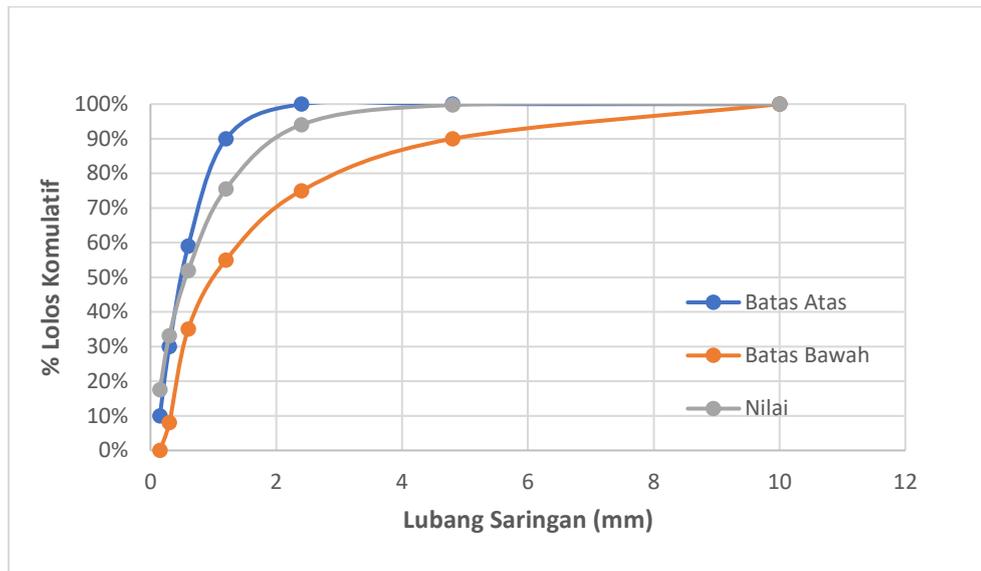
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00%	0,00%	100,00%
20,00	0	0,00%	0,00%	100,00%
10,00	0	0,00%	0,00%	100,00%
4,80	6	0,30%	0,30%	99,70%
2,40	95	4,75%	5,05%	94,95%
1,20	316	15,80%	20,85%	79,15%
0,60	523	26,15%	47,00%	53,00%
0,30	341	17,05%	64,05%	35,95%
0,15	340	17,00%	81,05%	18,95%
sisia	379	18,95%	100,00%	0,00%
Jumlah	2000	100,00%	318,30%	

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dihitung nilai MHB menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halusbutir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{318,30}{100} \\
 &= 3,1830
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodinuljo (2007) modulus halus butir (MHB) agregat halus umumnya memiliki nilai 1,5 – 3,8. Penelitian ini memperoleh hasil pengujian sebesar 3,1830 yang mana memenuhi. Hasil pengujian analisa saringan ini selain untuk mengetahui nilai modulus halus butir (MHB), juga untuk mengetahui gradasi agregat halus. Berdasarkan Tabel 5.1 gradasi agregat halus sudah memenuhi persyaratan dan masuk kedalam gradasi daerah II. Dapat dilihat grafik antara persen lolos kumulatif dengan agregat lolos saringan gradasi daerah II pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Agregat halus Daerah

Hasil pengujian berat volume padat ditunjukkan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung	5896	5896	5896
Berat Tabung + Agregat SSD	13998	13927	13962,5
Berat Agregat	8102	8031	8066,5
Volume Tabung	5238,616	5238,616	5238,616
Berat Volume Padat	1,55	1,53	1,54

Berdasarkan Tabel 5.2 berat volume padat agregat halus didapat nilai rata-rata sebesar 1,54 gram/cm³.

b. Pengujian berat volume gembur agregat halus

Hasil pengujian berat volume gembur ditunjukkan pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1),kg	5896	5896	5896
Berat Tabung + Agregat SSD (W1+W2), kg	12651	12698	12674,5
Berat Agregat (W3), gram	6755	6802	6778,5
Volume Tabung (V), cm ³	5238,616	5238,616	5238,61646
Berat Volume Gembur W3/V, gram/cm ³	1,29	1,30	1,29

Berdasarkan Tabel 5.3 berat volume gembur agregat halus didapat nilai rata-rata sebesar 1,29 gram/cm³

c. Pengujian lolos saringan no. 200 (uji kadar lumpur)

Pengujian lolos saringan no. 200 merupakan acuan untuk menentukan nilai presentase kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat mutu berdasarkan SNI 03-4142-1996. Hasil pengujian lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W2), gram	484	482	483
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	3,20%	3,60%	3,40%

Berdasarkan Tabel 5.4 pasir alam yang berasal dari merapi memiliki kadar lumpur rata-rata sebesar 3,40%. Berdasarkan PBI 1982 kandungan lumpur pada pasir harus dibawah 5%. Pasir pada pengujian ini dapat digunakan dalam penelitian dikarenakan memiliki kandungan lumpur dibawah syarat yang sudah ditentukan.

5.3 Pemeriksaan Bahan Susun Batako

Bahan susun batako yang dipakai pada penelitian ini diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui kelayakan dari bahan yang bisa digunakan tersebut. Pemeriksaan bahan susun batako bertujuan untuk memperoleh data berat volum (BV) dari semen, pasir, dan *fly ash*. Hasil pemeriksaan bahan yang dilakukan dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako

No.	BV Semen (gr/cm ³)	BV Pasir (gr/cm ³)	BV fly ash (gr/cm ³)	Damdex (gr/cm ³)
1	0,804	0,964	1,100	0,482
2	0,804	0,958	1,100	0,482
3	0,804	0,997	0,669	0,482

No.	BV Semen (gr/cm ³)	BV Pasir (gr/cm ³)	BV fly ash (gr/cm ³)	Damdex (gr/cm ³)
4	0,81	0,932	0,836	0,482
5	0,808	0,963	1,003	0,482
Rata-Rata	0,6454	0,9628	0,72182	0,0241

Hasil berat volume (BV) di atas didapatkan dengan menggunakan analisis perhitungan sebagai berikut.

1. Analisis Perhitungan

a. Berat bahan

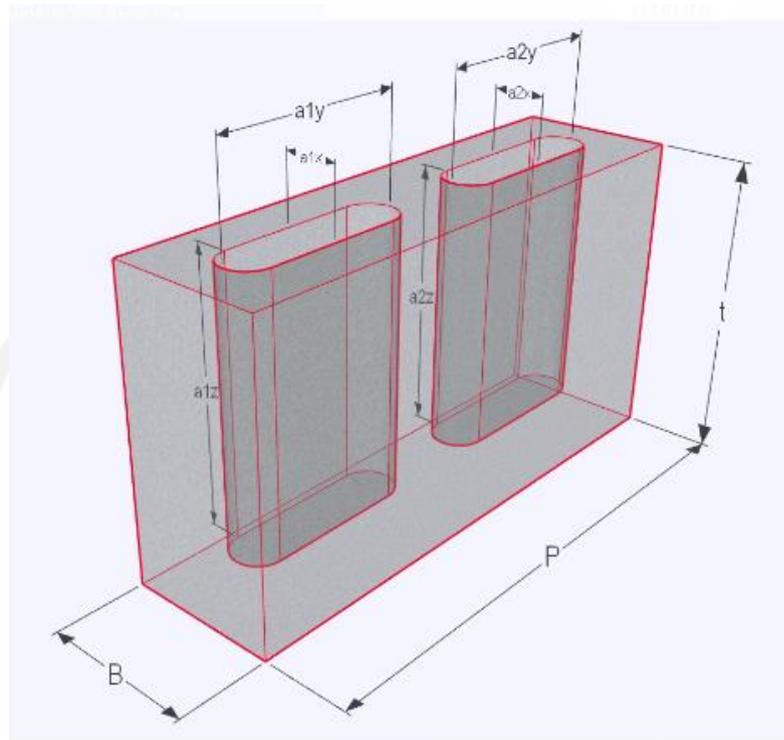
Berat bahan yang digunakan untuk campuran batako dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Berat Bahan

No.	Berat semen (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat fly ash (kg)	Berat Damdex (kg)
1	24,10	34,07	0	0,482
2	24,10	34,07	0,74	0,482
3	24,10	34,07	1,2	0,482
4	24,10	34,07	1,69	0,482
5	24,10	34,07	2,17	0,482
Rata-rata	120,5	170,35	5,8	2.41

b. Volume Batako

Volume batako diperoleh dari perhitungan dimensi batako sebelum pengujian kuat desak. Sketsa batako dapat dilihat seperti sebagaimana pada Gambar 5.1.



Gambar 5.2 Batako Berlubang

Berdasarkan Gambar 5.1 , volume batako dapat dihitung dengan cara seperti sebagaimana berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Batako Berlubang} &= P \times L \times T \\
 &= 36 \times 10 \times 19 \\
 &= 6840 \text{ cm}^3 \\
 &= 0.00684 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Volume Ember Ukur

Penelitian ini menggunakan ember ukur sebagai alat perbandingan skala ukur komposisi bahan campuran batako. Ember ukur dapat dilihat seperti sebagaimana pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Ember Ukur

Volume dari ember ukur dapat dihitung dengan cara menimbang air pada ember tersebut dalam kondisi penuh, maka volume ember di dapat seperti sebagaimana berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Ember} &= W_{\text{total}} - W_{\text{ember}} \\
 &= 23,28 - 1,28 \\
 &= 22 \text{ kg} \\
 &= 0,022 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Berat volume batako

$$\begin{aligned}
 1. \text{ BV semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{24,10}{0,022} \\
 &= 1095 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$2. \text{ BV fly ash 3\%} = \frac{\text{Berat fly ash}}{\text{Volume cetakan}}$$

$$= \frac{0,74}{0,0215}$$

$$= 34,40 \text{ kg/m}^3$$

$$3. \text{ BV pasir} = \frac{\text{Berat pasir}}{\text{Volume cetakan}}$$

$$= \frac{34,07}{0,02151}$$

$$= 1584 \text{ kg/m}^3$$

5.4 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Berikut adalah komposisi perbandingan bahan campuran batako *fly ash* yang direncanakan. Komposisi campuran batako pada penelitian ini dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Perbandingan Campuran Batako Fly Ash

Variasi Sampel	Campuran (Perbandingan Volume) Semen : Pasir	Bahan Aditive (Damdex) kg	Kadar Fly Ash (kg)	Jumlah Sampel
I	1 : 8	0,482	0	20
II	1 : 8	0,482	0,74	20
III	1 : 8	0,482	1,2	20
IV	1 : 8	0,482	1,69	20
V	1 : 8	0,482	2,17	20

Pada saat proses pencampuran bahan, jumlah air yang ditambahkan bervariasi. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan komposisi bahan dari berbagai macam variasi serta memudahkan pekerja untuk mencampur dan memadatkan campuran. Secara umum faktor air semen pada campuran ini berkisar antara 0,7 - 0,8. Berikut adalah perhitungan kebutuhan bahan pada batako *fly ash*.

$$\text{Volume 1 benda uji } 36 \times 10 \times 19 = 6840$$

- a. Kebutuhan semen untuk 1 batako $= \frac{1}{9} \times V_{\text{batako}} \times BV_{\text{semen}}$
- $$= \frac{1}{9} \times 0,00684 \times 1585,53$$
- $$= 1,205 \text{ kg}$$
- b. Kebutuhan semen untuk 20 batako $= 20 \times 1,205 \text{ kg}$
- $$= 24,10 \text{ kg}$$
- c. Kebutuhan pasir untuk 1 batako $= \frac{8}{9} \times V_{\text{batako}} \times BV_{\text{pasir}}$

$$= \frac{8}{9} \times 0,00684 \times 1584$$

$$= 9,6307 \text{ kg}$$

- d. Kebutuhan pasir untuk 20 batako = $20 \times 9,6307 \text{ kg}$
= 272,56 kg
- e. Kebutuhan *fly ash* (3%) 1 batako = $V_{\text{batako}} \times BV_{\text{fly ash}}$
= $0,00684 \times 34,40$
= 0,235 kg
- f. Kebutuhan *fly ash* (3%) 20 batako = $20 \times 0,235 \text{ kg}$
= 4,7 kg
- g. Kebutuhan air = $f_{\text{as}} \times \text{berat semen } 20 \text{ batako}$
= $0,31 \times 24,10$
= 7,35 kg.

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan tiap-tiap bahan campuran. Hasil perhitungan kebutuhan bahan batako dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Komposisi Campuran Batako Fly Ash

No.	Variasi Campuran	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	<i>Fly Ash</i> (Kg)	Air (Kg)	Jumlah Sampel
1	1:8	24,10	34,07	0	7,35	20
2	1:8	24,10	34,07	0,74	7,35	20
3	1:8	24,10	34,07	1,2	7,35	20
4	1:8	24,10	34,07	1,69	7,35	20
5	1:8	24,10	34,07	2,17	7,35	20

Dari seluruh jumlah batako per variasi di atas, beberapa batako dibagi untuk bermacam-macam pengujian. 5 buah batako digunakan untuk pengujian kuat desak, 1 buah batako untuk pengujian daya serap air, dan 1 buah batako untuk pengujian daya redaman panas.

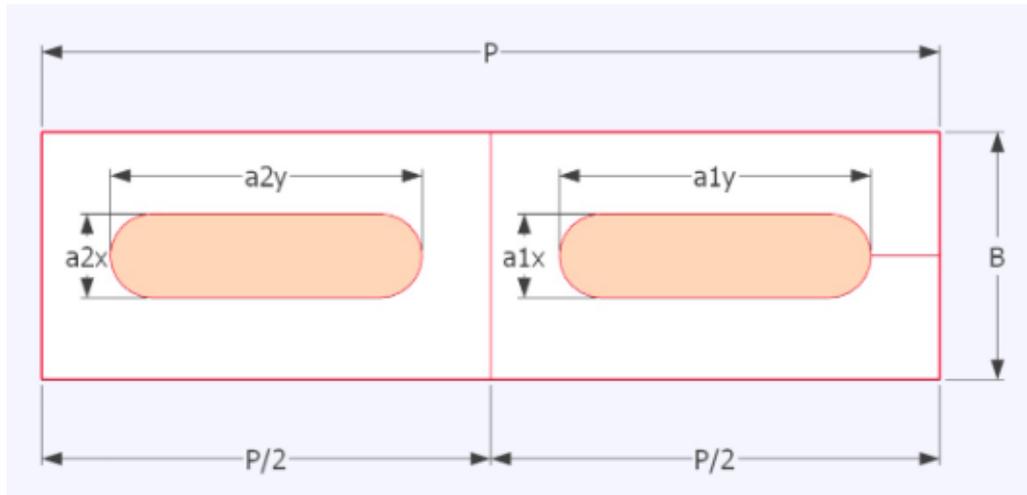
5.5 Pengamatan Proses Produksi

Pembuatan batako pada penelitian ini menggunakan alat bantu berupa mesin *mixer* dan mesin cetak. Proses produksi batako dibagi menjadi beberapa tahap, yang pertama yaitu pengambilan bahan baku dengan wadah ukur sesuai dengan takaran yang sudah direncanakan. Bahan baku kemudian dimasukkan ke dalam mesin *mixer* untuk melanjutkan ke proses pencampuran. Setelah melakukan proses pencampuran bahan baku, air dimasukkan sesuai dengan kebutuhan untuk membantu proses pencampuran. Mesin *mixer* kemudian mencampur bahan-bahan baku tersebut sampai campuran menjadi bersifat homogen. Setelah bahan baku tercampur dan homogen, katup pada mesin *mixer* dibuka sehingga campuran tadi keluar dari mesin *mixer*.

Tahap selanjutnya adalah memasukkan campuran bahan baku ke dalam mesin cetak. Proses pencetakan batako dilakukan dengan posisi tidur ke dalam mesin *press*. Setelah campuran dimasukkan, mesin *press* dinyalakan selama beberapa detik untuk melakukan proses pemadatan. Setelah campuran padat, selanjutnya dimasukkan pasta semen di atas permukaan batako untuk mengisi ruang akibat pemadatan. Terakhir, batako dipindahkan untuk melanjutkan proses pembuatan batako selanjutnya.

5.6 Kuat Desak Batako

Batako *fly ash* yang telah dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII kemudian dibawa ke Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan pengujian kuat desak. Pengujian dilakukan sesuai dengan SNI-03-0349-1989. Hasil kuat desak rata-rata di atas didapatkan melalui perhitungan Perhitungan kuat desak pada batako *fly ash* variasi I bisa di lihat pada Gambar 5.3 dan perhitungan berikut.



Gambar 5.4 Luas Penampang

Panjang = 365 mm
 Lebar = 102,50 mm
 Tinggi = 190,45 mm
 Beban max = 261 kn
 a_{1x} = 34,05 mm
 a_{1y} = 129,50 mm
 a_{2x} = 34,05 mm
 a_{2y} = 134,60 mm
 A_1 = $(P/2 \cdot B) - \{ (a_{1y} - a_{1x}) \cdot (a_{1x}) + (1/4 \cdot 22/7 \cdot (a_{1x})^2) \}$
 = $(365/2 \cdot 102,50) - \{ 129,50 - 34,05 \} \cdot (34,05) + (1/4 \cdot 22/7 \cdot (34,05)^2) \}$
 = 14545,22 mm²
 A_2 = $(P/2 \cdot B) - \{ (a_{2y} - a_{2x}) \cdot (a_{2x}) + (1/4 \cdot 22/7 \cdot (a_{2x})^2) \}$
 = $(365/2 \cdot 102,50) - \{ 134,60 - 34,05 \} \cdot (34,05) + (1/4 \cdot 22/7 \cdot (34,05)^2) \}$
 = 14371,56 mm²
 Luas Tampang = $A_1 + A_2$
 = 14545,22 + 14371,56
 = 28916,78 mm²
 Kuat Desak Batako = $(\text{Beban Max} \cdot 1000) / \text{Luas Tampang}$
 = $(261 \cdot 1000) / 28916,78$
 = 9,03 MPa

Seluruh perhitungan kuat desak batako mengikuti cara di atas. Setelah mendapatkan nilai kuat desak pada masing-masing batako, selanjutnya menghitung kuat desak rata-rata pada masing-masing variasi. Perhitungan kuat desak rata-rata pada batako *fly ash* variasi I adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak rata-rata} &= \frac{9,03+9,14+5,96+5,04+8,12}{5} \\ &= 7,46 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

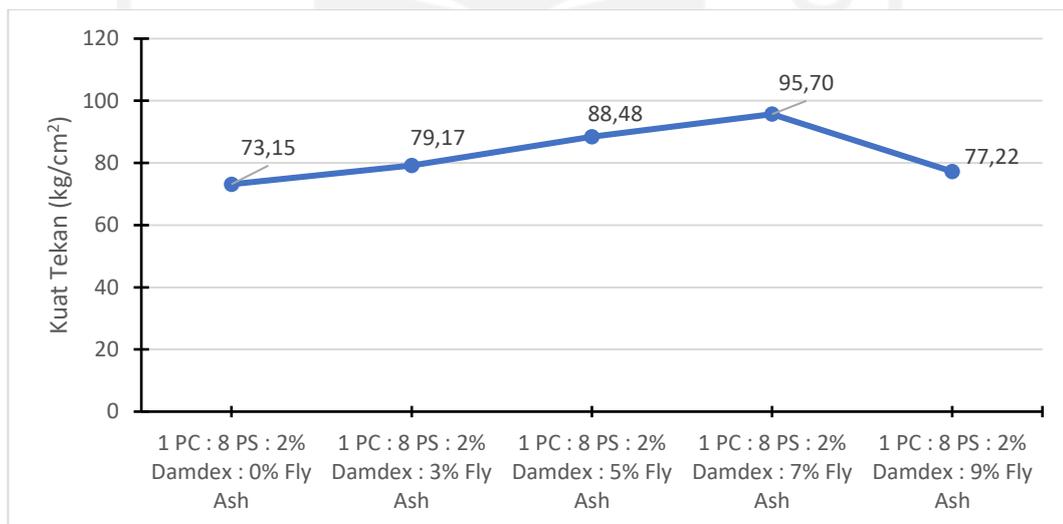
Pengujian kuat desak batako dilakukan setelah sampel batako *fly ash* berumur 14 hari atau lebih. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat desak maksimum batako dari pembebanan oleh alat uji desak. Beban pada alat uji desak ditentukan sebesar 250 kg/menit hingga mencapai kekuatan maksimum. Kekuatan batako *fly ash* ditentukan oleh beberapa faktor seperti, metode dan proporsi campuran bahan, faktor air semen, dan kualitas dari batako. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat desak minimum batako berlubang yaitu 25kg/cm² dan 21 kg/cm². Hasil pengujian kuat desak batako *fly ash* pada penelitian ini dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Kuat Desak dan Berat Volume

Variasi	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kgf)	Luas Tampang (cm ²)	σ (kg/cm ²)	σ Rata-rata (kg/cm ²)	Berat Volume rata-rata (kg/cm ³)
A (+0% <i>fly ash</i>)	1	10,961	26615	289,17	92,04	76,04	1571,53
	2	11,095	27329	293,31	93,17		
	3	11,065	17234	283,73	60,74		
	4	11,050	15092	293,53	51,42		
	5	11,123	23556	284,42	82,82		
B (+3% <i>fly ash</i>)	1	11,065	20905	292,38	71,50	82,30	1578,04
	2	11,499	30388	288,32	105,40		
	3	10,986	17540	283,20	61,93		
	4	10,826	21924	280,27	78,22		
	5	10,815	27023	286,14	94,44		
C (+5% <i>fly ash</i>)	1	11,221	30694	285,69	107,44	91,97	1622,74
	2	11,638	24882	279,52	89,02		
	3	11,063	22230	283,17	78,50		
	4	11,272	28349	287,06	98,76		
	5	11,145	24474	284,09	86,15		

Variasi	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kgf)	Luas Tampang (cm ²)	σ (kg/cm ²)	σ Rata-rata (kg/cm ²)	Berat Volume rata-rata (kg/cm ³)
D (+7% fly ash)	1	11,525	30796	283,09	108,78	99,48	1642,97
	2	10,752	28960	282,22	102,61		
	3	11,413	22230	282,52	78,69		
	4	11,703	29572	286,60	103,18		
	5	11,861	29980	287,96	104,11		
E (+9% fly ash)	1	11,778	21415	280,38	76,38	80,27	1660,11
	2	11,510	22230	281,99	78,83		
	3	11,592	23352	281,26	83,03		
	4	11,538	28145	285,44	98,60		
	5	11,615	18457	286,14	64,50		

Hasil pengujian kuat desak dan berat volume dapat dibuat diagram berdasarkan hasil kuat desak rata-rata setiap variasi campuran seperti pada Gambar 5.5 seperti sebagaimana berikut



Gambar 5.5 Grafik Kuat Desak Batako

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, batako dengan campuran 1 PC : 8 PS : 2 % Damdex : 7% Fly ash memiliki kuat desak terbesar, nilai kuat desaknya adalah 99 kg/cm². Sedangkan batako dengan campuran 1 PC : 8 PS : 2 % Damdex : 0 % Fly ash memiliki kuat desak terkecil, nilai kuat desaknya 76 kg/cm². Dapat diketahui bahwa nilai uji kuat desak pada batako campuran fly ash memenuhi standar mutu I dengan standart minimal kuat tekan 70 kg/cm² dalam SNI 03-0349-1989.

5.7 Daya Serap Air

Daya serap air adalah presentase air yang dapat diserap oleh suatu agregat apabila direndam dalam air. Pada penelitian ini, sampel batako *fly ash* dibagi menjadi empat bagian kemudian direndam selama 24 jam. Setelah direndam selama 24 jam, batako diangkat kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat basah.

Setelah mendapatkan nilai berat basah, batako dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Batako yang telah dimasukkan ke oven selama 24 jam kemudian diangkat dan ditimbang untuk mendapatkan nilai berat kering. Perendaman dilakukan untuk mendapatkan hasil daya serap air maksimum sesuai dengan SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%. Contoh hasil pengujian daya serap air pada variasi I dapat dilihat seperti sebagaimana pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako

Variasi	No. Sampel	Berat Kering Udara (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rerata (%)
A (+0% Fly ash)	1	5,882	5,263	11,76	10,44
	2	5,684	5,414	4,99	
	3	5,776	5,194	11,21	
	4	5,875	5,239	12,14	
	5	5,870	5,237	12,09	
B (+3% Fly ash)	1	5,901	5,418	8,91	9,55
	2	5,924	5,497	7,77	
	3	6,032	5,627	7,20	
	4	5,734	5,112	12,17	
	5	5,899	5,281	11,70	
C (+5% Fly ash)	1	6,071	5,670	7,07	9,31
	2	5,864	5,230	12,12	
	3	5,768	5,156	11,87	
	4	6,116	5,689	7,51	
	5	5,996	5,552	8,00	
D (+7% Fly ash)	1	6,040	5,628	7,32	8,72
	2	5,876	5,239	12,16	
	3	6,005	5,584	7,54	
	4	5,917	5,431	8,95	
	5	6,253	5,810	7,62	
E (+9% Fly ash)	1	5,799	5,216	11,18	7,51
	2	5,932	5,517	7,52	
	3	6,162	5,805	6,15	

Variasi	No. Sampel	Berat Kering Udara (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rerata (%)
	4	5,972	5,537	7,86	
	5	6,346	6,054	4,82	

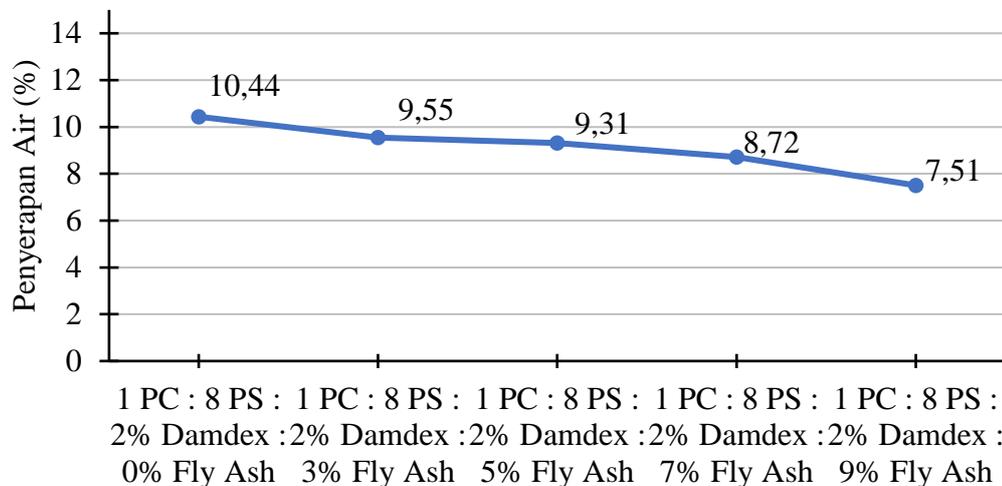
Nilai daya serap air di atas didapatkan dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air} &= \frac{w_b - w_k}{w_k} \times 100\% \\
 &= \frac{5,882 - 5,263}{5,263} \times 100\% \\
 &= 11,76\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan penyerapan air pada sampel 2,3 dan seterusnya seperti perhitungan pada sampel 1. Nilai penyerapan air rata-rata diperoleh dari penjumlahan nilai penyerapan air pada sampel 1, sampel 2, sampel 3 dan seterusnya di bagi dengan jumlah banyak sampel. Berikut adalah perhitungan penyerapan air rata-rata batako *fly ash* pada komposisi campuran 1: 8.

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{11,76 + 4,99 + 11,21 + 12,14 + 12,09}{5} \\
 &= 10,44\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai daya serap air pada seluruh variasi batako *fly ash*. Hasil pengujian penyerapan air pada Tabel 5.10 diatas kemudian disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 5.6 sebagai berikut.



Gambar 5.6 Grafik Penyerapan Air Batako

Pada Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa nilai penyerapan air yang paling baik nilai rerata penyerapan air terdapat pada batako 1:8 dengan campuran *fly ash* 0% yaitu sebesar 10,44%, sedangkan batako *fly ash* 3% memiliki penyerapan air sebesar 9,55%, nilai penyerapan air batako campuran *fly ash* cenderung menurun seiring dengan bertambahnya komposisi campuran *fly ash* menyebabkan semakin sedikitnya rongga-rongga pada batako semakin kecil, hal tersebut menyebabkan semakin sedikitnya rongga yang terisi oleh air.

Menurut SNI 03 – 0343 – 1998, pada variasi campuran 1 : 1 : 4 tergolong ke dalam bata beton mutu I yang artinya bisa digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi (diluar atap), sedangkan variasi campuran 1 : 1 : 6, variasi 1 : 1 : 8, variasi 1 : 1 : 10 tergolong ke dalam mutu bata beton II yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban (untuk konstruksi di bawah atap), dan untuk batako campuran *fly ash* variasi 1 : 8 masuk dalam kriteria batako mutu I yang artinya bisa digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi (di luar atap) dengan rata-rata penyerapan air maksimal 25% mutu bata beton I menurut SNI 03 – 0349 -1989.

5.8 Daya Redaman Panas

Pada pengujian redaman panas ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai rambatan panas yang dihasilkan pada batako *fly ash*. Untuk mencari besarnya nilai rambatan panas digunakan 2 sampel setiap variasi batako *fly ash* berumur lebih dari 28 hari. Pengujian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia. Pada uji redaman panas menggunakan alat thermometer.

Parameter dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian yaitu parameter terukur, parameter kontrol dan parameter terhitung. Parameter terukur yaitu suhu T2 sebagai suhu yang diterima oleh batako (suhu dari sumber), T1 sebagai suhu yang diserap oleh batako, waktu t selama pengukuran selama 5 jam dijemur di bawah sinar matahari.

5.9 Pengujian Redaman Panas Batako *Fly Ash*

Pada pengujian redaman panas dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai rambatan panas yang di hasilkan pada batako. Untuk mencari besarnya nilai rambatan panas digunakan 1 sampel setiap variasi batako yang berumur lebih dari 14 hari. Pengujian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia. Pada redaman panas menggunakan alat thermometer.

Parameter dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian yaitu parameter terukur, parameter kontrol dan parameter terhitung. Parameter terukur yaitu suhu T_2 sebagai suhu yang diterima oleh batako, T_1 sebagai suhu yang diserap oleh batako, waktu t selama pengukuran selama 5 jam dijemur di bawah sinar matahari.

5.9.1 Redaman Panas Batako *Fly Ash* Menggunakan Alat Thermometer

Sebagai contoh perhitungan redaman panas, sampel benda uji dilubangi sebanyak 5 titik pada bagian atas dan 5 titik pada bagian bawah. Selanjutnya dihitung selisih suhu antara titik bawah dan titik atas pada satu titik yang sama setiap 5 menit selama 20 menit pada seluruh titik. Perhitungan selisih suhu batako variasi 1 sampel 1 pada menit ke-5 dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3 yang terdapat pada Bab 3.3 berikut ini.

Maka,

$$\Delta t = 40,5 - 38 = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk seluruh titik pada seluruh sampel. Cara yang sama juga digunakan untuk pengukuran suhu pada menit ke-10, ke-15, dan ke-20. Kemudian suhu rerata sampel dicari dengan cara menghitung nilai rerata suhu dari 5 titik pada sampel yang sama untuk menit yang sama.

$$t_{\text{rerata sampel}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{n} = \frac{26}{5} = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk seluruh sampel pada seluruh varian. Cara yang sama juga digunakan untuk perhitungan rerata sampel pada menit ke-10, ke-15, dan ke-20. Kemudian suhu rerata varian dicari dengan cara menghitung nilai rerata sampel dari suhu rerata sampel pada varian yang sama sama untuk menit yang sama.

$$t_{\text{rerata varian}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{13,48}{2} = 6,74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

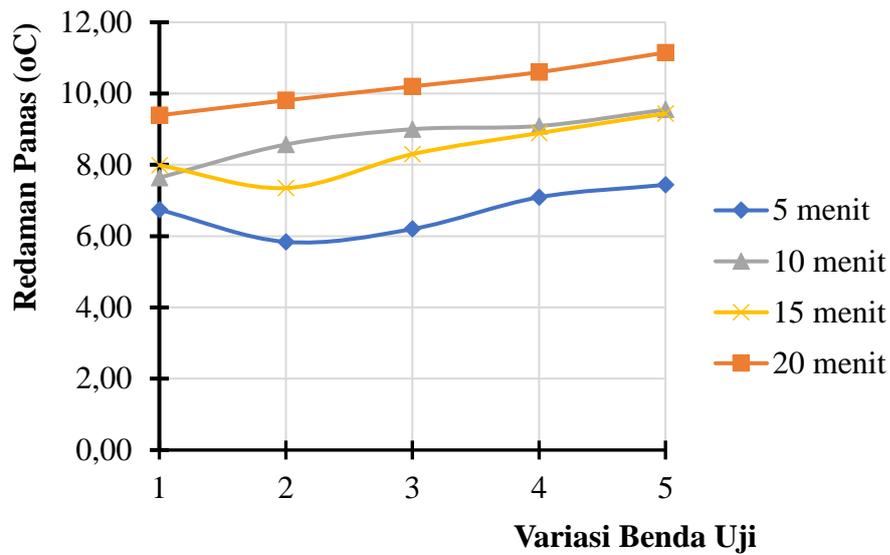
Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk seluruh varian. Cara yang sama juga

digunakan untuk perhitungan rerata varian pada menit ke-10, ke-15, dan ke-20. Hasil rekapitulasi perhitungan suhu rerata sampel dan suhu rerata varian dapat dilihat pada tabel berikut ini. Berikut hasil pembacaan suhu menggunakan alat thermometer dengan benda uji batako *fly ash*, dipaparkan dalam Tabel 5.9 sebagaimana berikut

Tabel 5.11 Hasil Uji Redaman Panas Batako

Jenis Batako	Kode Sampel	Suhu redaman rerata sampel				Suhu redaman rerata variasi			
		5"	10"	15"	20"	5"	10"	15"	20"
Batako 1 (fly ash 0%)	Sampel 1	5,2	9,58	7,2	9,88	6,74	7,64	7,99	9,39
	Sampel 2	8,28	5,7	8,78	8,9				
Batako 2 (fly ash 3%)	Sampel 1	6,48	8,68	8,1	10,32	5,84	8,57	7,35	9,81
	Sampel 2	5,2	8,46	6,6	9,3				
Batako 3 (fly ash 5%)	Sampel 1	6,2	9,3	8,1	8,9	6,2	9	8,3	10,2
	Sampel 2	6,2	8,7	8,5	11,5				
Batako 4 (fly ash 7%)	Sampel 1	8,78	8,18	9,78	12,1	7,09	9,09	8,89	10,6
	Sampel 2	5,4	10	8	9,1				
Batako 5 (fly ash 9%)	Sampel 1	8,78	7,3	9,38	11,3	7,44	9,55	9,44	11,15
	Sampel 2	6,1	11,8	9,5	11				

Hasil pengujian redaman panas pada Tabel 5.11 di atas kemudian disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 5.7 sebagai berikut ini.



Gambar 5.7 Kurva Redaman Panas Batako

Pada Gambar 5.7 dapat diketahui bahwa nilai penyerapan panas batako pada pengujian suhu redaman suhu rerata variasi dengan campuran *fly ash* 9% dalam waktu 20 menit yang paling baik yaitu 11,15 °C dan yang paling rendah pada pengujian suhu redaman rerata variasi dalam waktu 20 menit dengan campuran *fly ash* 0% adalah sebesar 9,39 °C. Disini kita lihat semakin bertambahnya komposisi *fly ash* pada batako nilai penyerapan panas di batako semakin baik dalam meredam panas, hal ini dapat dilihat pada suhu redaman rerata tiap variasi batako, jadi semakin banyak *fly ash* yang di gunakan, semakin banyak kalor atau panas yang terjebak di dalam batako

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada Bab V dapat disimpulkan beberapa hal sebagaimana berikut.

1. Batako dengan komposisi perbandingan 1 semen, 8 pasir dengan campuran *fly ash* 7% dan damdex 2% memiliki kuat desak tertinggi, yaitu sebesar 99 kg/cm² dengan berat volume rata-rata sebesar 1660,11 kg/cm³. Komposisi 1 semen 8 pasir tanpa *fly ash* memiliki kuat desak terendah, sebesar 76 kg/cm².
2. Penyerapan air pada batako dengan bahan *fly ash* memiliki penyerapan air paling baik yaitu sebesar 7,51 %, di bandingkan dengan penyerapan air pada batako tanpa bahan *fly ash* yang memiliki nilai 10,44%
3. Penyerapan panas batako pada pengujian suhu redaman suhu rerata variasi dengan campuran *fly ash* 9% dalam waktu 20 menit yang paling baik yaitu 11,15 °C dan yang paling rendah pada pengujian suhu redaman rerata variasi dalam waktu 20 menit dengan campuran *fly ash* 0% adalah sebesar 9.39 °C.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

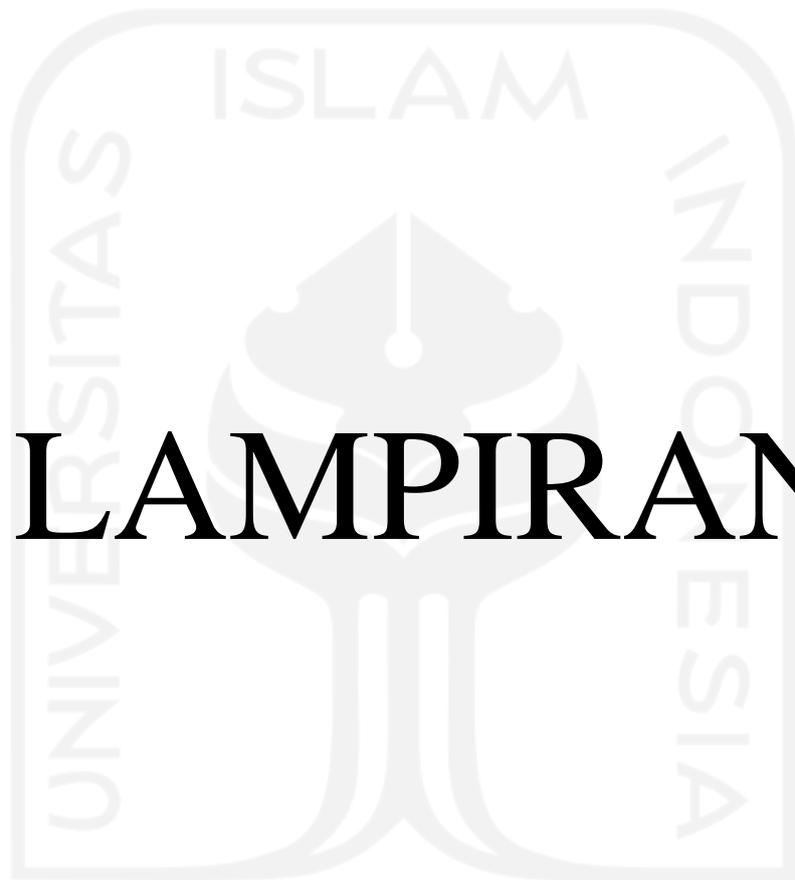
1. Pada proses pengadukan campuran harus dilakukan dengan cermat agar adukan menjadi homogen sehingga tercampur dengan baik dan merata.
2. Variasi campuran *fly ash* di usahakan lebih banyak agar menghasilkan nilai kuat desak, penyerapan air, redaman panas yang lebih baik.
3. Pada pengujian redaman panas sebaiknya dilakukan penanaman kabel thermokopel dalam batako *fly ash* sehingga diketahui suhu di dalam agregat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-C150, 2004, *Standards Specification For Portland Cement*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Badan Standard Nasional Indonesia, 2004, *Semen Portland*, (SNI 15-2049-2004), Jakarta
- Chabi, dkk, 2018 Metode Mix Design Untuk Campuran Beton Dengan Agregat berupa Sekam Padi
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBLI-1982, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Eragam, L., & Sashidhar, C, 2021. Analytical Investigation of Heat Transfer in Fly Ash Brick and Clay Brick Masonry.
- Husin, A. A, 1998. Semen Abu Terbang untuk Genteng Beton. *Jurnal Litbang*,
- Kumutha, R., Vijai, K., Nasifa, S. N., Nivedhidha, M., & Preethi, R. M. Experimental Investigation on Fly Ash Bricks Incorporating M-Sand and GGBS.
- Hesti, S, I, 2014. *Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir*. Tugas Akhir, Tidak, Dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Winarno, S, 2018. Comparative Strength and Cost of Rice Husk Concrete Block. *5th Internasional Conference on Sustainable Built Environment, Management of Change for Livable Environment*, 21-26 (2018).
- Sumaryanto, D., Satyarno, I., Tjokrodimulyo, K. *Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen*. Forum Teknik Sipil No. XIX/1. Januari (2009).
- Eragam, L., & Sashidhar, C, 2021. Analytical Investigation of Heat Transfer in Fly Ash Brick and Clay Brick Masonry.
- Frick, H., & Koesmartadi, C. (1999). *Ilmu Bahan Bangunan: Eksploitasi, pembuatan, penggunaan dan pembuangan*. Penerbit Kanisius.
- Gusnita, Dessy. 2012. Pencemaran Logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*, Vol. 13(3): 95-101. September 2012.

- Karo, Pulung dan Sembiring, Simon. 2008. Karakteristik Abu Hasil Pembakaran Batubara Bukit Asam Sebagai Bahan Keramik (Coal Ash Characteristic from Bukit Asam as Raw Material for Ceramics Production). *Jurnal Ilmu*
- Lasryza, Ayu dan Sawitri, Dyah. 2012. Pemanfaatan Fly Ash batubara sebagai Absorben Emisi gas CO Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol.1(1): 1-6
- Murdock, L. J., & Brook, K. M, 1991. *Kuat Tarik Beton*.
- Standar Nasional Indonesia, 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding* (SNI 03-0349-1989). Bandung.
- Tjokrodinuljo, 2007, *Teknologi Beton*, Yogyakarta





LAMPIRAN

الجمعة المباركة
الاستاذة الدكتورة
الانيسة

Lampiran 1 Gambar Benda Uji 1



Gambar L 1.1 Batako *Fly ash* Komposisi 1 : 8

Lampiran 2 Pengujian Kuat Desak



Gambar L 2.1 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L 2.2 Alat Benda Uji Kuat Tekan

Lampiran 3 Bukti Pengujian Penyerapan Air



Gambar L 3.1 Batako *Fly Ash* Komposisi 1 : 8



Gambar L 3.2 Uji Penyerapan Air

Lampiran 4 Pengujian Redaman Panas



Gambar L 4.1 Batako di Jemur



Gambar L 4.3 Pengecekan Suhu menggunakan Thermometer