TUGAS AKHIR

PENGARUH UKURAN CACAHAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI

(*THE EFFECT OF CORN COB SIZE AS CONCRETE BLOCK AGGREGATE ON TECHNICAL ASPECTS, HEAT ABSORPTION, AND PRODUCTION COST*)

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

Sandi Asmoro Putro
18511140

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

2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH UKURAN CACAHAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI

(*THE EFFECT OF CORN COB SIZE AS CONCRETE BLOCK AGGREGATE ON TECHNICAL ASPECTS, HEAT ABSORPTION, AND PRODUCTION COST*)

Disusun oleh

Sandi Asmoro Putro
18511140

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

Diuji pada tanggal 10 Maret 2025
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	**Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IPM.**	**Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D.**
NIK: 945110101	**NIK: 155111310**	**NIK: 155110108**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

19/5 2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sandi Asmoro Putro

NIM : 18511140

Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir sebagai syarat untuk memenuhi persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri. Adapun penulisan di bagian tertentu dalam laporan Tugas Akhir ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudikan hari ditemukan adanya plagiasi di dalam laporan ini, maka saya yang bertanda tangan di bawah ini bersedia menerima sangsi sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik yang berkaitan dengan laporan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 25 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Sandi Asmoro Putro

(18511140)

DEDIKASI

Tugas Akhir ini didedikasikan kepada:

1. Bapak Buyung Puji Cahyono dan Ibu Parjiyem selaku orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik materi maupun non materi sehingga penulis mampu bangkit untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Fitri Anggun Sholekhah selaku adik kandung yang selalu mendoakan kakak.
3. Mbak Ziaul Haq Alviani, S.T. selaku teman seperjuangan yang sangat banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. *Executive Boys* yang terdiri dari Novan, Rafli, Fajar, Gorat, Pras, dan Yusuf yang selalu mendukung dan memberikan dorongan untuk tidak menyerah.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Mengucap syukur yang mendalam kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat, nikmat kekuatan, dan nikmat karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir. Laporan ini merupakan syarat akademik dalam menempuh gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada saat melaksanakan penyusunan laporan Tugas Akhir mendapatkan bantuan berupa motivasi, materi, bimbingan, kritik, dan masukan dari pihak lain demi menyelesaikan laporan ini dengan baik. Atas kelancaran penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah mengesahkan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan sangat baik dan benar.
3. Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IPM. dan Bapak Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D sebagai dosen penguji yang memberikan banyak kritik dan masukan untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang membantu dalam persuratan izin penggunaan laboratorium.
5. Bapak Suluk dan Mas Andi selaku pekerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia yang bersedia memberikan banyak informasi serta membantu dalam pembuatan benda uji.
6. Bapak Warno sebagai laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia yang banyak membantu pada saat pengujian benda uji.

Penyusunan laporan ini telah dilakukan dengan sebaik-baiknya, meskipun demikian pasti ada kekurangan yang terlewatkan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca untuk kesempurnaan laporan ini. Terima kasih, semoga baiknya dari laporan ini dapat bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 25 Februari 2025

Penulis,



Sandi Asmoro Putro

(18511140)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
DEDIKASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
ABSTRAK xvii
ABSTRACT xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
1.6 Lokasi Penelitian 5
BAB II TINJAUN PUSTAKA 6
2.1 Penelitian Terdahulu 6
2.1.1 Pemanfaatan Cacahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Susun Batako 6
2.1.2 Investigasi Batako dengan Tongkol Jagung sebagai Agregat 7
2.1.3 Pengaruh Penggunaan Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako 8
2.1.4 Pengaruh Variasi *Fly Ash* Pada Campuran Batako Sekam Padi 9
2.2 Perbedaan Penelitian 10
2.3 Keaslian Penelitian 15

BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Batako 16
3.2 Material Penyusun Batako 19
3.2.1 Semen Portland 19
3.2.2 Abu Batu 20
3.2.3 Tongkol Jagung 20
3.2.4 Air 21
3.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*) 21
3.4 Pembuatan Batako 23
3.5 Pengujian Batako 24
3.5.1 Pengujian Berat Volume 24
3.5.2 Pengujian Kuat Desak 24
3.5.3 Pengujian Penyerapan Air Batako 25
3.5.4 Pengujian Redaman Panas 26
3.6 Perhitungan Biaya Produksi 26
BAB IV METODE PENELITIAN 28
4.1 Umum 28
4.2 Pelaksanaan Penelitian 28
4.2.1 Tahap Persiapan 28
4.2.2 Tahapan Perencanaan Komposisi Campuran 40
4.2.3 Tahapan Pembuatan Benda Uji 40
4.2.4 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Proses Produksi 49
4.2.5 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium 50
4.2.6 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Analisis Biaya Produksi 58
4.2.7 Tahapan Analisis dan Pembahasan 59
4.2.8 Kesimpulan dan Saran 59
4.3 Bagan Alir Penelitian 59
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 61
5.1 Tinjauan Umun 61
5.2 Analisis Kebutuhan Campuran Batako 61

5.2.1 Pengujian Berat Volume Material 61
5.2.2 Kebutuhan Campuran Batako 63
5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako 67
5.4 Hasil Pengujian Kuat Desak Batako 73
5.5 Hasil Pengujian Penyerapan Air 81
5.6 Hasil Pengujian Redaman Panas 85
5.7 Perhitungan Biaya Produksi 90
5.8 Rekapitulasi Hasil Mutu dan Biaya 100
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 102
6.1 Kesimpulan 102
6.2 Saran 103
DAFTAR PUSTAKA 105
LAMPIRAN 107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3.1 Ukuran Batako 18
Tabel 3.2 Syarat Fisik Batako 18
Tabel 3.3 Perencanaan Campuran 22
Tabel 5.1 Hasil Berat Material 62
Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Kebutuhan Campuran Batako 66
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako 70
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Kuat Desak 73
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Kuat Desak Batako 78
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penyerapan Air 82
Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako 85
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Redaman Panas 89
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Biaya Produksi 98
Tabel 5.10 Rekapitulasi Mutu dan Biaya 100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Batako Pejal 16
Gambar 3.2 Batako Berlubang 17
Gambar 4.1 *Mixer Machine* 29
Gambar 4.2 Cetakan Batako Berlubang 29
Gambar 4.3 *Press Machine* 29
Gambar 4.4 Papan Kayu 30
Gambar 4.5 Plastik 30
Gambar 4.6 Mesin Cacah 31
Gambar 4.7 Ayakan 5 mm 31
Gambar 4.8 Bak Ukur 31
Gambar 4.9 Timbangan 32
Gambar 4.10 Sekop 32
Gambar 4.11 Gelas Ukur 33
Gambar 4.12 Alat Uji Desak 33
Gambar 4.13 Mesin Pemotong Batako 33
Gambar 4.14 Kipas Angin 34
Gambar 4.15 Oven 34
Gambar 4.16 Sarung Tangan Anti Panas 35
Gambar 4.17 Troli 35
Gambar 4.18 Bak Air 35
Gambar 4.19 Jangka Sorong 36
Gambar 4.20 *Thermocouple* 36
Gambar 4.21 Tongkol Jagung 37
Gambar 4.22 Pencacahan Tongkol Jagung 37
Gambar 4.23 Penyaringan Tongkol Jagung 38
Gambar 4.24 Cacahan Tongkol Jagung Ukuran 0,5 cm 38
Gambar 4.25 Cacahan Tongkol Jagung Ukuran 1,0 cm 38
Gambar 4.26 Abu Batu 39

Gambar 4.27 Penyaringan Abu Batu 39
Gambar 4.28 Semen 40
Gambar 4.29 *Flowchart* Pembuatan Benda Uji 41
Gambar 4.30 Mencacah Tongkol Jagung 41
Gambar 4.31 Menyaring Tongkol Jagung 42
Gambar 4.32 Menyaring Abu Batu 42
Gambar 4.33 Menimbang Material 43
Gambar 4.34 Paket-paket Komposisi Campuran 43
Gambar 4.35 Memasukkan Cacahan Tongkol Jagung 44
Gambar 4.36 Memasukkan Abu Batu 44
Gambar 4.37 Menambahkan Air 45
Gambar 4.38 Menyiapkan Alas 45
Gambar 4.39 Mengeluarkan Campuran Segar dari *Mixer* 46
Gambar 4.40 Melumasi Cetakan Batako 46
Gambar 4.41 Memasukkan Campuran Segar ke Cetakan Batako 47
Gambar 4.42 Memadatkan Campuran dalam Cetakan Batako 47
Gambar 4.43 Mengeluarkan Batako Segar 48
Gambar 4.44 Letakkan Batako ke Tempat yang Disediakan 48
Gambar 4.45 Menyimpan Batako 49
Gambar 4.46 Menutup Tumpukan Batako 49
Gambar 4.47 Memilih dan Menandai Batako 50
Gambar 4.48 Menimbang Batako 51
Gambar 4.49 Pengukuran Dimensi Batako 51
Gambar 4.50 Memasang Pelat Baja pada Alat Uji Desak 52
Gambar 4.51 Meletakkan Batako pada Alat Uji Desak 52
Gambar 4.52 Batako yang telah Hancur 53
Gambar 4.53 Beban Maksimum 53
Gambar 4.54 Memotong Batako 54
Gambar 4.55 Memindahkan Sampel Mendekat Oven 54
Gambar 4.56 Masukkan Sampel ke Oven 55
Gambar 4.57 Menimbang Sampel Batako Kering 55

Gambar 4.58 Merendam Sampel 56
Gambar 4.59 Menimbang Sampel Batako Basah 56
Gambar 4.60 Titik-titik Pengukuran Suhu 57
Gambar 4.61 Menjemur Batako 57
Gambar 4.62 Pengukuran Suhu Batako 58
Gambar 4.63 Bagan Alir Penelitian 60
Gambar 5.1 Detail Batako Berlubang 64
Gambar 5.2 Grafik Berat Volume Batako 72
Gambar 5.3 Grafik Kuat Desak Batako 80
Gambar 5.4 Grafik Penyerapan Air Batako 83
Gambar 5.5 Grafik Redaman Panas Batako 89
Gambar 5.6 Grafik Biaya Pokok Produksi 99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium 108
Lampiran 2 Proses Persiapan Material Campuran Batako 109
Lampiran 3 Proses Pencetakan Batako 111
Lampiran 4 Proses Pengujian Batako 114
Lampiran 5 Perbandingan Penampakan Batako Tongkol Jagung 117

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Berat batako basah setelah perendaman

A = Luas penampang benda uji

B = Berat benda uji kering oven

cm = Centimeter

d = Kedalaman lubang

g = Gram

HPP = Harga Pokok Produksi

KBBI = Kamus Besar Bahasa Indonesia

kg = Kilogram

l = Lebar batako

L = Lebar lubang batako

m = Meter

mm = Milimeter

m^3 = Meter kubik

n = Jumlah lubang batako

p = Panjang batako

P = Panjang lubang batako

P = Beban maksimum

PPC = *Portland Pozzoland Cement*

PUBI = Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia

SNI = Standar Nasional Indonesia

t = Tebal batako

T_1 = Suhu permukaan atas batako

T_2 = Suhu permukaan bawah batako

THR = Tunjangan hari raya

UII = Universitas Islam Indonesia

˚C = Derajat celsius

σ = Kuat desak

ΔT = Selisih suhu permukaan atas dan bawah

ABSTRAK

Batako merupakan salah satu unsur bahan bangunan pracetak yang paling sering digunakan pada komponen bangunan non-struktural seperti dinding. Material campuran yang sering digunakan untuk membuat batako yaitu semen, agregat, dan air. Tetapi saat ini telah banyak penelitian tentang batako yang menambahkan material limbah sebagai alternatif seperti Fahri (2020) dan Fahdila (2022) untuk menghasilkan batako yang lebih ringan, murah, dan tetap memenuhi persyaratan mutu sesuai SNI. Limbah yang disoroti adalah limbah pertanian seperti tongkol jagung karena jumlahnya yang sangat melimpah.

Penelitian akan menggunakan tongkol jagung sebagai pengganti agregat pada batako berlubang. Terdapat 2 (dua) variasi ukuran cacahan tongkol jagung yaitu ukuran 0,5 cm (A) dan 1,0 cm (B) kemudian setiap variasi ukuran cacahan akan ada 4 (empat) variasi komposisi yang berbeda. Metode pencetakan menggunakan mesin pres dan pencampuran menggunakan mesin *mixer* kemudian dilakukan beberapa pengujian, yaitu berat volume, kuat desak, penyerapan air mengacu pada SNI 03-0349-1989 dan pengujian redaman panas. Selain itu, akan dilakukan perhitungan biaya produksi.

Hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A=0,5 cm lebih tinggi pada pengujian kuat desak, penyerapan air, dan perhitungan biaya produksi. Sedangkan batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan B=1,0 cm unggul pada pengujian berat volume dan redaman panas.

Kata kunci: Batako, tongkol jagung, kuat desak, redaman panas, biaya produksi

ABSTRACT

Concrete block is one of the most frequently used precast building materials in non-structural building components such as walls. The mixture of materials often used to make concrete block is cement, aggregate, and water. However, currently there have been many studies on brick that add waste materials as an alternative such as Fahri (2020) and Fahdila (2022) to produce brick that is lighter, cheaper, and still meets the quality requirements according to SNI. The waste given is agricultural waste such as corn cobs because the amount is very abundant.

This research will use corn cobs as a substitute for aggregate in hollow bricks. There are 2 (two) variations in the size of the chopped corn cobs, namely 0.5 cm (A) and 1.0 cm (B) then each variation in the size of the chopped pieces will have 4 (four) different composition variations. The molding method uses a press machine and mixing uses a mixer machine then several tests are carried out, namely volume weight, compressive strength, air absorption referring to SNI 03-0349-1989 and heat absorption. In addition, the calculation of the production cost will be carried out.

The results of this research can be concluded that the bricks that use the variation of the size of the chopped corn cobs A = 0.5 cm are higher in the compressive strength test, air absorption, and production cost calculation. While the bricks that use the variation of the chopped size B = 1.0 cm are superior in the volume weight and heat absorption.

***Keywords**: Concrete block, corn cobs, compressive strength, heat absorption, production costs*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan terjadi sangat pesat pada ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia. Salah satu tandanya yaitu banyaknya inovasi bermunculan untuk mencari bahan bangunan alternatif yang relatif murah, ramah lingkungan, mudah didapat, serta tetap memiliki kualitas yang memenuhi syarat-syarat teknis konstruksi yang berlaku. Bahan bangunan saat ini masih banyak yang menggunakan material berbasis semen dan agregat (pasir, kerikil, dan atau batu) (Nugroho, 2014). Kebutuhan material tersebut akan meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan tempat tinggal. Hal itu akan meningkatkan eksploitasi material tersebut di mana akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan (Peacock, 2017).

Banyak para peneliti seperti Fahri (2020), Fadhila (2022), Galuh (2022), Ghifari (2022), dan Savitri (2024) yang berupaya mencari inovasi menemukan material ramah lingkungan pengganti pasir agar dapat mengurangi penurunan kualitas lingkungan. Material ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan salah satunya berasal dari limbah pertanian, seperti sekam padi, ampas tebu, dan tongkol jagung. Limbah-limbah tersebut selain ramah lingkungan, juga memiliki berat yang ringan dibandingkan dengan pasir, maka dapat mengurangi berat bahan bangunan seperti batako.

Batako adalah batu cetak yang biasanya terbuat dari semen, pasir, dan air yang dicampur dengan perbandingan tertentu kemudian digunakan sebagai membuat dinding. Terdapat 2 jenis batako berdasarkan bentuknya, yaitu batako berlubang (*hollow block*) dan batako pejal atau tidak berlubang (*solid block*). Batako sering digunakan sebagai bahan bangunan karena mudah disusun dalam pemasangan dinding dan harganya tergolong murah, tetapi batako memiliki berat volume yang cukup besar sehingga memberikan pengaruh beban mati (*add dead load*) yang besar pula (Ghifari, 2022).

Limbah pertanian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tongkol jagung sebagai pengganti agregat (pasir). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) tongkol jagung adalah tangkai tempat butiran biji jagung melekat. Tongkol jagung memiliki permukaan yang tidak rata sehingga diharapkan memiliki ikatan yang baik bila di tambahkan ke dalam campuran batako. Selain itu, tongkol jagung juga memiliki berat volume yang ringan, maka diharapkan dapat memberikan berat volume yang lebih ringan dibandingkan dengan batako konvensional.

Sekretaris Utama Badan Pangan Nasional (Edhy, 2023) menyebutkan bahwa terdapat produksi jagung periode Januari-Desember 2023 sebesar 16,85 juta ton di Indonesia. Kemudian menurut Koswara (1991) dalam satu buah jagung mengandung 30% tongkol jagung sedangkan sisanya adalah biji dan kulit jagung. Maka, kemungkinan besar hasil limbah tongkol jagung pada tahun 2023 di Indonesia sebesar 5,06 juta ton yang dapat dikatakan sangatlah banyak.

Hasil pengamatan pada pengalaman orang tua sebagai petani jagung, pengumpul jagung, dan sekaligus pemilik pengolahan makanan ternak berbahan dasar jagung. Bahwa setiap masa panen jagung, bagian yang dimanfaatkan hanya biji jagung, sedangkan batang, daun, kulit, dan tongkol jagung dibuang atau dibakar. Dalam pengolahan makanan ternak, sebelum biji jagung digiling akan dilakukan proses yang dinamakan pengipasan bertujuan untuk memisahkan antara biji jagung dengan serpihan-serpihan tongkol jagung. Dari pengamatan tersebut menunjukkan bahwa tongkol jagung belum dimanfaatkan dengan baik sehingga tongkol jagung menjadi limbah. Jadi, pemanfaatan tongkol jagung sebagai agregat pada batako masih sangat leluasa.

Beberapa tahun terakhir Fahri (2020), Galuh (2022), dan Fadhila (2022) melakukan penelitian pemanfaatan cacahan tongkol jagung sebagai bahan penyusun batako. Material campurannya menggunakan semen, abu batu, tongkol jagung, dan air. Tongkol jagung yang digunakan dicacah terlebih dahulu menjadi serpihan berdiameter 1-2 cm. Semuanya memanfaatkan tongkol jagung sebagai pengganti agregat dengan melakukan eksperimen mencari komposisi campuran yang paling baik. Namun, apakah ukuran cacahan tongkol jagung yang digunakan sudah paling baik? Maka pada penelitian ini akan memperkecil ukuran cacahan

tongkol jagung menjadi 0,5 cm dan dibandingkan dengan ukuran cacahan tongkol jagung 1-2 cm. Kemudian dari ke 2 (dua) ukuran cacahan tersebut, masing-masing ada 4 (empat) variasi berdasarkan banyaknya komposisi tongkol jagung dalam satuan volume. Penelitian batako tongkol jagung dengan perbedaan ukuran cacahan ini diharapkan dapat memberikan pengaruh terhadap berat volume, kuat desak, dan penyerapan air. Hasil dari penelitian ini dibandingkan dengan persyaratan batako sesuai dengan persyaratan SNI 03-0349-1989 (bata beton untuk pasangan dinding) terhadap kuat desak dan penyerapan air. Selain itu, juga melakukan pengujian redaman panas untuk mengembangkan batako yang dapat meredam panas dengan baik. Hal tersebut didasari oleh wilayah indonesia yang beriklim tropis yang hampir setiap hari selalu terpapar sinar matahari. Kemudian dilakukan perhitungan biaya produksi batako yang dipengaruhi oleh ukuran cacahan dan perbedaan komposisi tongkol jagung untuk memberikan pandangan bahwa batako tongkol jagung memiliki harga yang dapat bersaing di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ditampilkan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini didapatkan 5 (lima) pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap berat volume batako?
2. Bagaimana pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap kuat desak batako?
3. Bagaimana pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap penyerapan air batako?
4. Bagaimana pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap redaman panas batako?
5. Bagaimana pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap biaya produksi batako?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan beberapa masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap berat volume batako.
2. Mendapatkan pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap kuat desak batako.
3. Mendapatkan pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap penyerapan air batako.
4. Mendapatkan pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap redaman panas batako.
5. Mendapatkan pengaruh ukuran cacahan tongkol jagung terhadap biaya produksi batako.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Produsen batako dapat membuat inovasi batako tongkol jagung sebagai produk bahan bangunan rumah tinggal dan infrastruktur lainnya.
2. Turut berkontribusi dalam mengurangi penurunan kualitas lingkungan dengan memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai pengganti agregat pada campuran batako.
3. Memberikan acuan kepada peneliti selanjutnya dalam memilih ukuran cacahan tongkol jagung sebagai material tambahan campuran batako atau bahan bangunan lain.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dicantumkan bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dan tepat sasaran dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat berupa batako tipe berlubang (*hollow block*) dengan ukuran P x L x T adalah 36 cm x 10 cm x 19 cm.
2. Pengujian aspek teknis yang dilakukan adalah berat volume, kuat desak, dan penyerapan air.

3. Acuan yang digunakan dalam persyaratan aspek teknis adalah SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.
4. Selain aspek teknis juga dilakukan pengujian redaman panas dan perhitungan biaya produksi.
5. Variasi ukuran tongkol jagung yang digunakan adalah tongkol jagung yang dicacah hingga berukuran 0,5 cm (variasi A) dan 1,0 cm (variasi B).
6. Komposisi campuran menggunakan semen, abu batu, dan tongkol jagung dengan komposisi secara berturut-turut yaitu 1:2:1, 1:2:2, 1:2:3, dan 1:2:4.
7. Semen yang digunakan adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) Tiga Roda yang tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
8. Tongkol jagung digunakan sebagai pengganti agregat/pasir yang diperoleh dari limbah petani jagung.
9. Tongkol jagung yang digunakan bersih dari tanah, kulit jagung, daun, dan batang jagung.
10. Abu batu digunakan sebagai *filler* yang diperoleh dari limbah penggergajian batu andesit Gunung Merapi di daerah Cangkringan Sleman.
11. Abu batu yang digunakan adalah abu batu yang lolos saringan 0,5 cm.
12. Pembuatan benda uji batako tongkol jagung dilakukan di percetakan batako Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
13. Pengujian batako tongkol jagung dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman, Yogyakarta.

BAB II
TINJAUN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada bab ini menampilkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Tujuannya untuk memastikan tidak adanya duplikasi pada penelitian yang akan di lakukan. Penelitian terdahulu ini digunakan sebagai referensi data pendukung karena memiliki alur sejenis atau hampir sama dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian-penelitian yang digunakan sebagai referensi.

2.1.1 Pemanfaatan Cacahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Susun Batako

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan cacahan tongkol jagung sebagai bahan susun batako, Fahri (2020) melakukan penelitian dengan menguji batako tongkol jagung terhadap uji desak, penyerapan air, serta menghitung biaya produksinya. Bahan campuran yang digunakan adalah semen, abu batu, dan cacahan tongkol jagung yang digiling hingga memiliki ukuran 1-2 cm. Komposisi campurannya divariasikan berdasarkan volume. Untuk semen dan abu batu memiliki komposisi yang sama yaitu 1,5 : 1,5 sedangkan cacahan tongkol jagung bervariasi hingga 6 tipe yaitu 6, 7, 8, 9, 10, 11. Batako yang digunakan sebagai benda uji merupakan batako pejal. Proses pencetakan batako berukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm ini dilakukan secara manual dalam posisi tidur.

Hasil uji desak yang paling tinggi terdapat pada batako dengan komposisi 1,5 : 1,5 : 6 yaitu 59,79 kg/cm^2 dan masuk dalam kategori mutu kelas III sesuai SNI 03-0349-1989. Sedangkan nilai resapan air diperoleh dari 2 sampel batako yaitu batako variasi II dengan komposisi 1,5 : 1,5 : 7 dan batako variasi V dengan komposisi 1,5 : 1,5 : 10. Batako variasi II memiliki nilai penyerapan air sebesar 28,81% dan batako variasi V memiliki penyerapan air sebesar 34,15% yang mana keduanya telah memenuhi syarat maksimum penyerapan air mutu II sesuai SNI. Kemudian hasil perhitungan biaya produksi batako diperoleh harga sebesar Rp11.000,-/ batako atau 158% lebih mahal dari harga batako di pasaran. Faktor

utama dari mahalnya batako tongkol jagung tersebut dikarenakan proses pencetakan secara manual yang kurang menguntungkan dalam hal kecepatan produksi.

2.1.2 Investigasi Batako dengan Tongkol Jagung sebagai Agregat

Fadhila (2022) juga telah meneliti tentang tongkol jagung yang menjadi pengganti agregat dalam batako. Dalam pokok permasalahan untuk membuat batako yang ringan dan dapat meredam panas, sehingga memunculkan inovasi tentang memanfaatkan bahan sisa yaitu tongkol jagung sebagai pengganti agregat pada batako. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan campuran 1 semen : 1 abu batu : dan cacahan tongkol jagung berukuran 1-2 cm dengan komposisi yang bervariasi, yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11. Selain itu proses pencetakan batako dilakukan menggunakan mesin press untuk menghasilkan batako yang presisi dan meningkatkan produktivitas sehingga dapat menekan harga batako. Penelitian yang dilakukan berupa sifat fisik, aspek teknis, biaya produksi, dan redaman panas yang kemudian dibandingkan dengan bata ringan merek Focon dan mengacu pada persyaratan SNI 03-0349-1989. Batako yang digunakan sebagai benda uji merupakan batako pejal. Proses pencetakan batako menggunakan *press machine* dengan ukuran cetakan 40 cm x 22 cm x 12 cm.

Hasil penelitian sifat fisik batako tongkol jagung yang diperbesar 5000x menunjukkan pori-pori batako akan semakin besar dan tidak merata seiring bertambahnya komposisi tongkol jagung dalam campuran batako. Besarnya pori tersebut dapat mengakibatkan turunnya kekuatan batako serta meningkatkan daya serap air. Selanjutnya hasil pengujian terhadap aspek teknis yang paling optimal terdapat pada batako tongkol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3. Variasi tersebut memiliki kuat desak sebesar 9,17 kg/cm^2 tetapi belum memenuhi syarat SNI 03-0349-1989 dengan batas minimum 25 kg/cm^2. Hasil lain seperti berat volume pada variasi yang sama diperoleh seberat 1.224,75 kg/m^3 (tergolong bata ringan <1.400 kg/m^3) dan penyerapan air diperoleh sebesar 15,25% dan termasuk ke dalam kategori mutu I sesuai persyaratan SNI yaitu dapat digunakan pada konstruksi di luar atap.

Kemudian pengujian redaman panas yang dilakukan menunjukkan bahwa batako dengan komposisi campuran 1 : 1 : 11 mempunyai nilai redaman panas terbaik yang dapat meredam panas sebesar 5,04 ˚C. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak tongkol jagung dalam campuran, maka akan semakin besar suhu panas yang dapat diredam. Namun, dengan bertambahnya tongkol jagung dalam campuran akan membuat batako mengalami penurunan dalam menahan desak. Hal itu didukung oleh hasil uji desak yang dilakukan menunjukkan bahwa variasi campuran 1 : 1 :11 memiliki nilai kuat desak paling kecil yaitu sebesar 0,86 kg/cm^2, sedangkan nilai kuat desak tertinggi terdapat pada variasi campuran 1 : 1: 3 sebesar 9,17 kg/cm^2. Nilai redaman panas pada batako tongkol jagung berbanding terbalik dengan nilai kuat desak. Sedangkan untuk harga jual, Fadhila (2022) menyatakan bahwa batako tongkol jagung memiliki harga Rp5.420,- per batako atau 50,73% lebih murah dibandingkan dengan bata ringan merek Fokon yang telah dikonversi ke ukuran yang sama.

2.1.3 Pengaruh Penggunaan Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako

Sekam padi adalah limbah pertanian yang dimanfaatkan oleh (Ghifari, 2022) sebagai bahan susun batako. Pemanfaatan sekam padi diharapkan menjadi material alternatif yang dapat mengurangi berat batako. Penelitian ini adalah lanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Fahri (2021) dengan cara mengurangi komposisi sekam padi dan memperbaiki metode pencampuran bahan susun batako. Pengujian yang dilakukan berupa aspek teknis yang meliputi uji desak dan penyerapan air yang berpedoman pada SNI 03-0349-1989 serta melakukan pengujian terhadap redaman panas dan perhitungan harga pokok batako. Pengujian bata ringan merek BlessCon juga dilakukan sebagai pembanding. Batako yang digunakan sebagai benda uji merupakan batako pejal. Proses pencetakan batako menggunakan *press machine* dengan ukuran cetakan 40 cm x 22 cm x 12 cm.

Hasil pengujian batako sekam padi terhadap aspek teknis yang paling optimal adalah batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran semen, abu batu, dan sekam padi berturut-turut adalah 1 : 1 : 3. Nilai uji desak sebesar 28,464 kg/cm^2, penyerapan air sebesar 15,471%, dan berat volume mencapai 1.314,066 kg/m^3. Sedangkan pengujian bata ringan memiliki nilai uji desak sebesar 27,009

kg/cm^2, penyerapan air sebesar 27,498%, dan berat volume hanya seberat 742,424 kg/m^3.

Selanjutnya untuk pengujian redaman panas diperoleh hasil terbaik terdapat pada batako sekam padi variasi campuran 1 : 1 : 6 yaitu sebesar 17,69 ˚C, sedangkan hasil redaman panas pada bata ringan BlessCon adalah 4,64 ˚C. Dapat disimpulkan bahwa sekam padi pada bahan susun batako sangat baik dalam meredam panas. Kemudian harga jual untuk batako sekam padi per buahnya diperoleh sebesar Rp9.067,-, sedangkan untuk harga bata ringan BlessCon yang telah dikonversi diperoleh sebesar Rp9,680,- per buah. Dari hasil tersebut menunjukan bahwa batako sekam padi memiliki harga yang lebih murah hingga 6,33% dibandingkan dengan bata ringan BlessCon.

2.1.4 Pengaruh Variasi *Fly Ash* Pada Campuran Batako Sekam Padi

Savitri (2024) melakukan penelitian dengan menggunakan sekam padi sebagai pengganti agregat, menambahkan *filler* berupa abu batu, dan menambahkan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen ke dalam campuran batako. Tetapi fokus utamanya adalah mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* sehingga perbedaan variasi hanya terdapat pada komposisi *fly ash*. Variasi *fly ash* yang dibuat yaitu 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20% yang diharapkan dapat memberi pengaruh terhadap karakteristik teknis, redaman panas, dan biaya produksi. Batako yang digunakan sebagai benda uji merupakan batako berlubang. Proses pencetakan batako menggunakan *press machine* dengan ukuran cetakan 36 cm x 19 cm x 10 cm.

Hasil pengujian karakteristik teknis pada penelitian ini hanya nilai berat volume yang memenuhi persyaratan SNI yaitu kurang dari 1.400 kg/m^3. Selanjutnya hasil pengujian kuat desak rata-rata tertinggi hanya sebesar 6,007 kg/cm^2 yang diperoleh oleh batako variasi 0% penambahan *fly ash* alias batako yang tanpa penambahan *fly ash*. Selain itu, pengujian penyerapan air juga dilakukan yang menghasilkan satu variasi batako memenuhi standar SNI (<25%) yaitu variasi 20% penambahan *fly ash* dengan nilai sebesar 24,432%.

Nilai redaman panas rata-rata tertinggi diperoleh pada variasi 20% penambahan *fly ash* yaitu 16,248 ˚C dan redaman panas rata-rata terendah diperoleh

pada variasi 12% penambahan *fly ash* yaitu 12,491 ˚C. Sedangkan untuk hasil perhitungan biaya produksi menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat memberikan yang positif. Hal itu ditunjukkan pada hasil yang semakin murah seiring bertambahnya komposisi *fly ash*. Pada variasi penambahan *fly ash* 20% diperoleh biaya produksi termurah yaitu Rp4.362,00 dan harga jual Rp5.191,20.

2.2 Perbedaan Penelitian

Dengan berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dijabarkan di atas, maka dapat ditemukan perbedaan-perbedaan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu				Penelitian Sekarang
		Fahri (2020)	**Fadhila (2022)**	**Ghifari (2022)**	**Savitri (2024)**	**Putro (2025)**
1	Judul	Pemanfaatan dengan Cacahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Susun Batako	Investigasi Sifat-Sifat Fisik, Redaman Panas, dan Biaya Produksi pada Batako dengan Tongkol Jagung sebagai Agregat	Pengaruh Pengurangan Proposi Sekam Padi pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau dari Aspek Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi	Pengaruh Variasi *Fly Ash* Terhadap Karakteristik Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi Pada Batako Sekam Padi	Pengaruh Ukuran Cacahan Tongkol Jagung sebagai Agregat pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi
2	Tujuan Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan batako dengan berbagai variasi komposisi campuran dan mengetahui kelebihan serta kekurangan dari produksi batako yang	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran batako tongkol jagung agar memenuhi standar persyaratan SNI 03-0349-1989 sekaligus mengetahui sifat fisik, kemampuan	Mengetahui pengaruh penggunaan sekam padi sebagai agregat batako terhadap aspek teknis, redaman panas, dan biaya produksi kemudian dibandingkan dengan	Mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada masing-masing batako sekam padi terhadap karakteristik teknis, nilai redaman panas, dan biaya produksi	Membandingkan dua ukuran cacahan tongkol jagung sebagai agregat pada batako dan komposisinya terhadap aspek teknis, redaman panas, dan biaya produksi batako

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu				Penelitian Sekarang
		Fahri (2020)	**Fadhila (2022)**	**Ghifari (2022)**	**Savitri (2024)**	**Putro (2025)**
		memanfaatkan limbah pertanian seperti tongkol jagung sebagai bahan campuran	redaman panas, dan biaya produksi	bata ringan merek BlessCon		
3	Parameter Pengujian	a. Kuat desak b. Penyerapan air c. Harga batako	a. Berat volume b. Kuat desak c. Penyerapan air d. Redaman panas e. Biaya produksi	a. Kuat desak b. Penyerapan air c. Redaman panas d. Biaya produksi	a. Kuat desak b. Penyerapan air c. Redaman panas d. Biaya pokok produksi	a. Berat volume b. Kuat desak c. Penyerapan air d. Redaman panas e. Biaya produksi
4	Bahan Tambah	a. Abu batu b. Cacahan tongkol jagung ukuran 1-2 cm	a. Abu batu b. Cacahan tongkol jagung ukuran 1-2 cm	a. Abu batu b. Sekam padi	a. Abu batu b. *Fly ash* c. Sekam padi	a. Abu batu b. Dua variasi cacahan tongkol jagung ukuran 0,5 cm dan 1-2 cm
5	Benda Uji	Batako pejal ukuran 40 cm x 19 cm x 10 cm	Batako pejal ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm	Batako pejal ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm	Batako berlubang ukuran 36 cm x 19 cm x 10 cm	Batako berlubang ukuran 36 cm x 19 cm x 10 cm

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu				Penelitian Sekarang
		Fahri (2020)	**Fadhila (2022)**	**Ghifari (2022)**	**Savitri (2024)**	**Putro (2025)**
6	Metode Pencetakan	Mesin *mixer* dan cetakan manual dalam posisi tidur	Mesin *mixer* dan mesin *press* dalam posisi tidur	Mesin *mixer* dan mesin *press* dalam posisi tidur	Mesin *mixer* dan mesin *press*	Mesin *mixer* dan mesin *press*
7	Hasil Penelitian	Hasil uji desak tertinggi adalah batako komposisi 1,5 ; 1,5 ; 6 yaitu 59,79 kg/cm2 yang masuk kategori mutu kelas III sesuai SNI. Nilai resapan air juga memenuhi syarat SNI mutu II dari 2 sampel batako yang diuji yaitu batako variasi II dan variasi V. Sedangkan hasil perhitungan biaya produksi batako	Batako tongkol jagung yang diperbesar 5000x menunjukkan pori-pori batako akan semakin besar dan tidak merata seiring bertambahnya komposisi tongkol jagung dalam campuran batako yang dapat menurunkan kekuatan batako. Namun, nilai redaman panas semakin baik dengan bertambahnya	Batako sekam padi yang memiliki hasil optimal adalah variasi perbandingan 1 :1 : 3 dengan hasil kuat tekan 28,464 kg/cm2, penyerapan air 15,471 %, berat volume 1,314 kg/cm3, dan biaya produksinya Rp8.243,- per batako. Nilai redaman panas terbesar berapa pada batako campuran 1 : 1 : 6. Jika dibandingkan dengan	Pengujian kuat desak rata-rata tertinggi hanya sebesar 6,007 kg/cm^2 yang diperoleh oleh batako variasi 0% penambahan *fly ash*, redaman panas rata-rata tertinggi diperoleh pada variasi 20% penambahan *fly ash* yaitu 16,248 ˚C, dan produksi termurah diperoleh pada variasi penambahan *fly ash*	Hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A=0,5 cm lebih tinggi pada pengujian kuat desak, penyerapan air, dan perhitungan biaya produksi. Sedangkan batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan B=1,0 cm unggul pada

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu				Penelitian Sekarang
		Fahri (2020)	**Fadhila (2022)**	**Ghifari (2022)**	**Savitri (2024)**	**Putro (2025)**
		diperoleh harga sebesar 11.000,/ batako atau 158% lebih mahal dari harga batako di pasaran.	komposisi tongkol jagung dalam campuran.	bata ringan BlessCon, batako sekam padi hanya kalah pada nilai berat volume.	20% yaitu Rp4.362,00 dan harga jual Rp5.191,20.	pengujian berat volume dan redaman panas.

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pada batako berlubang dengan bahan penyusun berupa semen, abu batu, dan cacahan tongkol jagung yang memiliki 2 (dua) variasi berdasarkan ukuran cacahan. Pada masing-masing variasi ukuran cacahan dibuat 4 (empat) variasi komposisi tongkol jagung berdasarkan volume. Campuran batako dicampur menggunakan mesin *mixer* kemudian dicetak menggunakan mesin cetak pres berpenggetar. Pengujian yang dilakukan adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas. Selain itu dilakukan juga perhitungan biaya produksi pada batako tongkol jagung.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako atau batu cetak beton merupakan salah satu unsur bahan bangunan pracetak yang paling sering digunakan pada komponen bangunan non-struktural seperti dinding. Menurut SNI 03-0349-1989, batako atau batu cetak beton (*concrete blok*) adalah bahan bangunan berbentuk bata yang terbuat dari campuran semen *portland*, pasir, air, dan atau tanpa bahan tambah lainnya (*additive*) hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Proses pencetakan batako dapat secara pemadatan manual dan pemadatan menggunakan mesin, kemudian proses pengerasan batako tanpa melalui pembakaran seperti batu bata merah melainkan dalam kondisi yang lembab.

Berdasarkan bentuknya, batako memiliki 2 jenis yaitu batako pejal dan batako berlubang. Batako pejal adalah batako yang memiliki penampang pejal ≥75% luas penampang batako seluruhnya dan memiliki volume pejal ≥75% volume batako seluruhnya. Sedangkan batako berlubang adalah batako yang memiliki luas penampang lubang >25% luas penampang batako seluruhnya dan memiliki volume lubang >25% volume batako seluruhnya (SNI 03-0349-1989). Untuk contoh batako pejal dapat dilihat dapa Gambar 3.1 dan batako berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.1 Batako Pejal



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Batako tidak lepas dari adanya kekurangan, namun batako memiliki lebih banyak keunggulan daripada kekurangannya seperti di bawah ini yang disebutkan oleh (Herosonna, 2017).

1. Keunggulan
    a. Pada setiap meter persegi memerlukan lebih sedikit batako dibandingkan menggunakan batu bata merah.
    b. Proses pembuatan yang mudah dan ukurannya dapat diseragamkan.
    c. Ukurannya yang lebih besar dari batu bata merah dapat mempercepat pemasangan sehingga memangkas waktu dan ongkos.
    d. Batako berlubang dapat berfungsi sebagai isolasi udara.
    e. Jika pekerjaannya rapi, maka tidak perlu diplester.
    f. Mudah dipotong.
    g. Kedap air sehingga tidak mudah terjadi rembesan.
    h. Tidak perlu direndam saat hendak digunakan.
2. Kekurangan
    a. Sering adanya retakan halus.
    b. Untuk batako berlubang mudah pecah apabila dinding ingin dilubangi.
    c. Kurang baik sebagai isolasi suara dan panas.

Untuk syarat fisik dan ukuran batako atau batu cetak beton yang disyaratkan dalam SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di halaman selanjutnya.

Tabel 3.1 Ukuran Batako

Jenis Batako	Ukuran		
	Panjang	Lebar	Tebal
Pejal	390 +3 -5	90 ± 2	100 ± 2
Berlubang a. Kecil b. Besar	 390 +3 -5 390 +3 -5	 190 +3 -5 190 +3 -5	 100 ± 2 200 ± 3

(Sumber: SNI 03-0349-1989)

Tabel 3.2 Syarat Fisik Batako

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan 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 tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari atau termasuk lubang serta cekungan tepi

(Sumber: SNI 03-0349-1989)

Pada tabel syarat fisik batako di atas terdapat tingkatan mutu dari mutu I sampai mutu IV. Setiap tingkatan mutu memiliki perbedaan dalam ketepatan penggunaan batako. Penjelasan dari setiap tingkatan mutu batako disebutkan di halaman selanjutnya.

1. Batako mutu I yaitu batako sebagai bahan bangunan konstruksi yang dapat menahan beban dan tahan terhadap cuaca secara langsung (tidak terlindung atap).
2. Batako mutu II yaitu batako sebagai bahan bangunan konstruksi yang dapat menahan beban, tetapi tidak tahan terhadap cuaca secara langsung (terlindung atap).
3. Batako mutu III yaitu batako sebagai bahan bangunan konstruksi yang tidak dapat menahan beban serta penggunaannya hanya untuk yang terlindung dari hujan dan terik sinar matahari (terlindung atap), tetapi permukaan dinding dari batako boleh untuk tidak di plester.
4. Batako mutu IV yaitu batako sebagai bahan bangunan konstruksi yang tidak dapat menahan beban, penggunaannya selalu terlindungi dari hujan dan terik sinar matahari serta permukaan dinding dari batako harus diplester.

3.2 Material Penyusun Batako

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan batako dengan menggunakan material penyusun dari beberapa material. Material yang digunakan yaitu semen *portland*, abu batu sebagai *filler*, tongkol jagung sebagai agregat, dan air. Berikut ini merupakan penjelasan dari tiap material yang digunakan.

3.2.1 Semen Portland

Semen portland adalah bahan yang sangat sering digunakan pada proyek konstruksi karena semen merupakan bahan ikat yang dapat mengeras seperti batu apabila bereaksi dengan air. Kandungan pembentuk semen portland adalah silica (SiO3), kapur (CaO), magnesia (MgO), alumina (Al2O3), dan sedikit alkali. Untuk mengatur waktu ikat semen dapat menambahkan gypsum (CaSO4.2H2O) (Mulyono, 2003).

Menurut PUBI-1982, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker, yang terdiri terutama dari silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu. Semen menjadi material utama dalam campuran penyusun batako yang berfungsi sebagai perekat atau pengikat antar material menjadi suatu kesatuan yang kuat.

Jika semen dicampur dengan air, bahan yang dihasilkan disebut pasta semen. Jika pasta semen dicampur dengan agregat halus, bahan yang dihasilkan disebut mortar. Jika mortar dicampur dengan agregat kasar, bahan yang dihasilkan disebut beton segar (Arıöz, 2018).

Klasifikasi tujuan pemakaian semen portland dibedakan menjadi 5 jenis (PUBI-1982), yaitu:

1. Semen portland jenis I, ditujukan untuk konstruksi pada umumnya yang tidak ada persyaratan khusus seperti pada jenis lainnya.
2. Semen portland jenis II, ditujukan untuk konstruksi yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Semen portland jenis III, ditujukan untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Semen portland jenis IV, ditujukan untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen portland jenis V, ditujukan untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.2.2 Abu Batu

Abu batu yang digunakan adalah limbah pemotongan batu andesit menggunakan mesin gergaji batu yang diperoleh dari daerah Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Pada penelitian ini abu batu berfungsi sebagai *filler* dalam campuran penyusun batako karena memiliki butiran yang sangat kecil sehingga dapat menutupi rongga-rongga pada tongkol jagung agar batako yang dihasilkan semakin padat. Kepadatan batako akan memberikan dampak di setiap pengujian, maka penggunaan abu batu ini diharapkan memberikan kepadatan yang baik bagi batako. Selain itu, penggunaan abu batu ini sebagai bentuk pemanfaatan limbah yang dapat menghemat biaya produksinya. Apabila digunakan dalam campuran, *filler* harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu (SKBI-2.4.26.1987, Dept. PU)

3.2.3 Tongkol Jagung

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) tongkol jagung adalah tangkai tempat butiran biji jagung melekat. Kandungan dalam tongkol jagung

meliputi lignin, selulosa, hemiselulosa, dan air. Secara fisik tongkol jagung memiliki permukaan yang tidak rata sehingga diharapkan memiliki ikatan yang baik bila di jadikan sebagai agregat pada campuran batako. Selain itu, tongkol jagung juga memiliki berat volume yang ringan, maka diharapkan dapat memberikan berat volume yang lebih ringan dibandingkan dengan batako konvensional.

Penggunaan tongkol jagung merupakan bentuk pemanfaatan limbah pertanian. Dalam satu buah jagung mengandung 30% tongkol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit jagung (Koswara, 1991). Sekretaris Utama Badan Pangan Nasional (Edhy, 2023) menyebutkan bahwa terdapat produksi jagung di periode Januari-Desember 2023 sebesar 16,85 juta ton di Indonesia. Maka, kemungkinan besar hasil limbah tongkol jagung pada tahun 2023 di Indonesia sebesar 5,06 juta ton. Dari data tersebut diperlukan adanya pemanfaatan tongkol jagung yang dapat memberikan manfaat dan keuntungan lebih seperti memanfaatkan tongkol jagung sebagai pengganti agregat. Selain dapat memaksimalkan pemanfaatan limbah tongkol jagung yang melimpah, juga dapat menurunkan eksploitasi material seperti pasir.

3.2.4 Air

Menurut PUBI 1982 air yang digunakan adalah air jernih yang tidak mengandung sedimen lumpur, garam, dan minyak yang diperoleh dari tempat pembuatan batako. Air merupakan salah satu bahan yang wajib digunakan untuk berpasangan dengan semen saat pembuatan batako. Karena air berfungsi untuk menyulut terjadinya reaksi kimia yang disebut hidrasi antara semen dan air sehingga pada akhirnya akan mengeras.

3.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran pada pengujian ini akan membandingkan dua variasi ukuran cacahan tongkol jagung, yaitu berukuran 0,5 cm dan 1,0 cm. Pemilihan ukuran cacahan 0,5 cm karena terinspirasi dari ukuran sekam padi seperti penelitian yang dilakukan oleh Ghifari (2022), sedangkan pemilihan ukuran cacahan 1,0 cm merupakan ukuran yang sering digunakan oleh peneliti terdahulu seperti Fahri

(2020) dan Fadhila (2022). Alasan membandingkan ke dua ukuran tersebut dikarenakan adanya selisih hasil yang cukup jauh. Hasil yang diperoleh antara bahan tambah sekam padi yang dilakukan oleh Ghifari (2022) dengan bahan tambah tongkol jagung yang dilakukan oleh Fadhila (2022) cukup jauh pada komposisi yang sama.

Pada komposisi perbandingan 1 semen : 1 abu batu : 3 sekam padi yang dilakukan oleh Ghifari (2022) menghasilkan, berat volume 1.314,066 kg/m^3, kuat tekan 28,464 kg/cm^2, dan penyerapan air 15,471%. Sedangkan pada komposisi perbandingan 1 semen : 1 abu batu : 3 cacahan tongkol jagung yang dilakukan oleh Fadhila (2022) menghasilkan, berat volume 1.224,75 kg/m^3, kuat tekan 9,17 kg/cm^2, dan penyerapan air 15, 25%. Perbedaan hasil yang cukup jauh terdapat pada kuat tekan yang memiliki selisih 19,294 kg/cm^2. Hal itu terjadi mungkin saja dikarenakan ukuran cacahan tongkol jagung yang masih terlalu besar sehingga perlu diperkecil. Selain membandingkan dengan ukuran cacahan tongkol jagung yang lebih kecil, juga dilakukan pengurangan proporsi tongkol jagung. Kemudian penggunaan abu batu sebagai *filler* merujuk pada (Mahardhika, 2023) yang mengatakan bahwa abu batu dapat mengisi rongga-rongga pori pada batako yang disebabkan oleh gradasi agregat yang tidak baik, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan batako. Berikut rencana campuran yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Perencanaan Campuran

Variasi Ukuran Cacahan		Variasi Komposisi	Komposisi dalam Volume			Jumlah Batako
			Semen	Abu Batu	Tongkol Jagung	
A.	0,5 cm	I	1	2	1	8
		II	1	2	2	8
		III	1	2	3	8
		IV	1	2	4	8
B.	1 cm	I	1	2	1	8
		II	1	2	2	8
		III	1	2	3	8
		IV	1	2	4	8
Total Batako						64

3.4 Pembuatan Batako

Pembuatan batako memerlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan dan diperhatikan untuk menghasilkan batako yang konsisten sehingga batako yang dihasilkan memiliki kekuatan dan karakteristik yang seragam sesuai variasinya. Adapun tahapan pembuatan batako sebagai berikut yang mengacu pada (Savitri, 2024).

1. Mempersiapkan material campuran

   Material yang disiapkan yaitu semen, abu batu, dan tongkol jagung. Selanjutnya tongkol jagung perlu dicacah menggunakan mesin cacah kemudian disaring hingga menghasilkan ke 2 variasi ukuran cacahan tongkol jagung. Abu batu juga perlu disaring untuk memisahkan gumpalan agar mendapatkan abu batu yang gembur. Kemudian setiap material dibungkus ke dalam plastik menjadi paket-paket campuran.

2. Mencampurkan material

   Material yang dicampur harus dipastikan tercampur rata agar menghasilkan kekuatan dan karakteristik batako yang seragam. Untuk mempercepat pencampuran material, maka digunakan *mixer machine* yang sudah tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

3. Menambahkan air

   Air ditambahkan pada saat material telah tercampur rata. Penambahan air dilakukan sedikit demi sedikit hingga campuran memiliki kondisi dimana saat dilakukan pengujian dengan menggenggam campuran menggunakan telapak tangan kemudian saat genggaman dibuka campuran tidak pecah, maka banyaknya air telah tercukupi.

4. Mencetak

   Proses mencetak batako dilakukan menggunakan *press machine* yang dapat mencetak 4 (empat) buah batako dalam sekali cetak. Pengisian campuran pada cetakan batako perlu diperhatikan untuk menjaga keseragaman kekuatan dan karakteristik batako.

5. Menyimpan

Batako yang berumur 1 hari sudah dapat ditumpuk untuk disimpan. Penyimpanan batako diletakkan di tempat teduh agar tidak kehujanan dan kepanasan. Selain itu, perlu ditutup menggunakan plastik untuk menjaga kelembaban batako selama proses hidrasi. Penutup plastik dapat dibuka pada saat batako berumur 28 hari atau pada saat batako akan dilakukan pengujian.

3.5 Pengujian Batako

Ada beberapa pengujian batako tongkol jagung yang dilakukan, penjelasannya sebagai berikut.

3.5.1 Pengujian Berat Volume

Berat volume dapat diketahui dari hasil perbandingan antara nilai berat batako dengan nilai volume batako. Nilai berat batako dapat diperoleh dengan cara menimbang batako menggunakan timbangan, sedangkan untuk nilai volume batako dapat diperoleh dengan cara mengukur setiap sisi batako. Berat volume maksimum batako yang disyaratkan dalam SNI 03-3449-2002 yaitu 1.400 kg/m^3. Apabila berat volume batako tidak melebihi syarat maksimum, maka batako dapat digolongkan sebagai bata ringan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya nilai berat volume batako dapat dilihat pada Persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat batako}}{\text{Volume batako}} \tag{3.1}$$

dengan:

Berat volume = Berat batako kering (bukan kering oven) (kg)

Volume batako = Volume batako bruto (m^3)

3.5.2 Pengujian Kuat Desak

Menurut (Felany, 2004) kuat desak adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya desak tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji. Kuat desak batako biasanya akan dipengaruhi oleh perbandingan komposisi campuran yang digunakan. Pengaruh lain yang dapat mempengaruhi nilai kuat desak batako diantara lain yaitu faktor air semen, kualitas

material, bentuk permukaan agregat, proses perawatan, suhu saat pengerasan, dan umur batako.

Kuat desak yang diperoleh dapat dikatakan memenuhi standar SNI apabila mencapai batas minimum kuat desak batako berlubang yaitu 20 kg/cm^2 (SNI 03-0349-1989). Adapun persamaan untuk memperoleh hasil kuat desak dapat menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{A}} \tag{3.2}$$

dengan:

σ = Kuat desak (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

3.5.3 Pengujian Penyerapan Air Batako

Pengujian penyerapan air pada batako bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air pada batako. Semakin besar persentase air, maka menunjukkan besar dan banyaknya rongga-rongga udara dalam batako yang dapat menurunkan kekuatan batako. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, persentase sebesar 25% merupakan batas penyerapan air maksimum kelas I, sedangkan persentase sebesar 35% merupakan batas penyerapan air maksimum kelas II. Hasil persentase penyerapan air dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 di bawah ini.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{\mathrm{A}-\mathrm{B}}{\mathrm{B}} \text{ x } 100\% \tag{3.3}$$

dengan:

A = Berat batako basah setelah perendaman (kg)

B = Berat batako kering oven (kg)

3.5.4 Pengujian Redaman Panas

Pengujian redaman panas bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako tongkol jagung dalam meredam panas. Energi panas dapat merambat dari bagian benda yang memiliki suhu tinggi menuju ke bagian benda yang bersuhu rendah. Perambatan panas yang terjadi pada batako terjadi secara konduksi, yaitu proses perpindahan energi panas tanpa disertai perpindahan partikel-partikel batako. Pengujian redaman panas dilakukan menggunakan alat *thermocouple* yang dapat mengukur suhu pada permukaan batako yang terpapas sinar matahari (permukaan atas) dan permukaan batako yang tidak terpapar sinar matahari (permukaan bawah). Landasan mengenai peredaman panas akibat perpindahan panas secara konduksi menggunakan landasan Hukum Fourier. Rumus yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 3.4 di bawah ini.

$$\Delta T = T_1 - T_2 \tag{3.4}$$

dengan:

ΔT = Suhu yang dapat diredam (˚C)

T_1 = Suhu permukaan atas (˚C)

T_2 = Suhu permukaan bawah (˚C)

3.6 Perhitungan Biaya Produksi

Perhitungan biaya produksi pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui harga dasar atau harga pokok dalam menentukan harga jual batako. Penentuan harga jual batako harus dilakukan dengan teliti agar harga jual yang diperoleh dapat bersaing di pasaran. Oleh sebab itu, perhitungan biaya produksi harus dihitung secara benar dan akurat pada semua unsur biaya. Mulyadi (2005) menyebutkan unsur biaya yang perlu dihitung terdiri dari biaya bahan baku, upah pekerja langsung, dan biaya lain-lain (*overhead cost*). Biaya bahan baku yaitu mencakup biaya alat, perawatan alat, dan biaya material. Kemudian biaya upah kerja langsung yaitu biaya yang dikeluarkan sebagai upah pekerja. Sedangkan yang terakhir biaya *overhead* yaitu biaya yang tidak langsung seperti biaya konsumsi, biaya listrik,

biaya air, biaya transport pengiriman, dan tunjangan hari raya (THR). Berikut rumus-rumus yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 3.5, 3.6, dan 3.7.

$$\text{HPP lapangan} = \frac{\text{Total pengeluaran per hari}}{\text{Produksi batako per hari}} \quad (3.5)$$

$$\text{Harga dasar batako} = \text{HPP lapangan} + \text{PPN } 12\% \quad (3.6)$$

$$\text{Harga jual batako} = \text{Harga dasar batako} + \text{Margi perusahaan} \quad (3.7)$$

Apabila telah diketahui harga pokok dan harga jual, maka dapat dilakukan analisis menggunakan *Break Even Point* (BEP) untuk mengetahui kelayakan penjualan. BEP merupakan suatu titik atau keadaan di mana pendapatan yang diperoleh sama besarnya dengan biaya yang dikeluarkan. Pada keadaan BEP perusahaan tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian. Hasil dari BEP pada penelitian ini digunakan untuk mencari jumlah batako yang harus terjual untuk menutupi modal awal yang telah dikeluarkan menggunakan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$\text{Jumlah batako di titik BEP} = \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga pokok}} \quad (3.8)$$

Selain mencari jumlah batako yang harus terjual, juga dapat menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik atau keadaan BEP dengan menggunakan Persamaan 3.9 di halaman selanjutnya.

$$\text{Waktu BEP} = \frac{\text{Jumlah batako di titik BEP}}{\text{Jumlah batako terjual per hari}} \quad (3.9)$$

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah prosedur atau tahapan untuk mendapatkan ilmu atau jawaban dari segala permasalahan yang sedang diteliti. Metode penelitian yang digunakan saat ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan prosedur penelitian yang bertujuan untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lainnya dalam suatu kondisi yang terkontrol. Penelitian ini direncanakan terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi ukuran cacahan tongkol jagung yang menggunakan 2 variasi ukuran cacahan dan terdapat 4 variasi komposisi pada setiap variasi ukuran cacahan tongkol jagung, sedangkan variabel terikat meliputi berat volume, kuat desak, penyerapan air, redaman panas, dan biaya produksi.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

4.2.1 Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu menyediakan segala kebutuhan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disebutkan di bawah ini:

1. Alat yang digunakan
    a. *Mixer machine*, digunakan untuk mencampur bahan penyusun batako agar tercampur rata. *Mixer machine* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.1 *Mixer Machine*

b. Cetakan batako berlubang, digunakan untuk membentuk batako agar berbentuk balok berlubang dengan ukuran 36 cm x 10 cm x 19 cm. Cetakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Cetakan Batako Berlubang

c. *Press machine*, digunakan untuk memadatkan campuran batako yang telah dimasukkan ke dalam cetakan dengan cara menekan dari bagian atas. *Press machine* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 *Press Machine*

d. Papan kayu, digunakan sebagai alas batako saat masih basah. Papan kayu tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Papan Kayu

e. Plastik, digunakan untuk menutupi batako saat proses perawatan batako. Plastik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Plastik

f. Mesin cacah, digunakan untuk mencacah tongkol jagung. Ukuran cacahan tongkol jagung yang dihasilkan berukuran berkisar 0,1 cm hingga 2 cm. mesin cacah yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.6 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.6 Mesin Cacah

g. Ayakan/saringan 5 mm, digunakan untuk menyaring abu batu dan cacahan tongkol jagung. Ayakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Ayakan 5 mm

h. Bak ukur, digunakan sebagai alat ukur komposisi bahan penyusun batako. Bak yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Bak Ukur

i. Timbangan, digunakan untuk menimbang berat setiap bahan campuran batako. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Timbangan

j. Sekop, digunakan untuk mengambil atau memindahkan bahan penyusun batako. Sekop yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Sekop

k. Gelas ukur, digunakan untuk menakar air yang akan dituangkan ke dalam campuran batako. Gelas ukur yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.11 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.11 Gelas Ukur

l. Alat uji desak, digunakan pada saat pengujian kuat desak batako. adapun alatnya dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Alat Uji Desak

m. Mesin pemotong dengan mata pisau khusus beton, digunakan pada saat pemotongan batako yang digunakan sebagai sampel pengujian penyerapan air. Mesin pemotong batako yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Mesin Pemotong Batako

n. Kipas angin, digunakan untuk mengarahkan debu yang ditimbulkan pada saat pemotongan batako. Kipas angin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Kipas Angin

o. Oven, digunakan pada saat mengeringkan sampel yang digunakan untuk pengujian penyerapan air. Oven yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Oven

p. Sarung tangan anti panas, digunakan pada saat mengambil/meletakkan sampel ke/dari dalam oven. Sarung tangan oven yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.16 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.16 Sarung Tangan Anti Panas

q. Troli, digunakan untuk memindahkan batako atau sampel ke area pengujian. Troli yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Troli

r. Bak air, digunakan untuk merendam sampel penyerapan air. Bak air yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Bak Air

s. Jangka sorong, digunakan untuk mengukur dimensi batako pada saat pengujian berat volume. Jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Jangka Sorong

t. *Thermocouple*, digunakan untuk mengukur suhu batako pada dua bagian yang berbeda dalam satu waktu. *Thermocouple* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20 *Thermocouple*

u. Alat pendukung lainnya, seperti buku tulis, alat tulis, kalkulator, dan *handphone*.

2. Material yang digunakan

a. Tongkol jagung, digunakan sebagai pengganti agregat (pasir). Tongkol jagung yang digunakan diperoleh dari daerah Kulon Progo yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.21 Tongkol Jagung

Dalam mempersiapkan tongkol jagung, dilakukan pencacahan tongkol jagung menggunakan mesin cacah yang hanya akan menghasilkan ukuran cacahan berkisaran antara 0,1 cm hingga 2 cm. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan variasi ukuran cacahan 0,5 cm perlu dilakukan penyaringan menggunakan saringan ukuran 5 mm. Jadi, secara singkat variasi ukuran cacahan 0,5 cm diperoleh dari hasil mesin cacah yang selanjutnya harus melewati tahap penyaringan menggunakan saringan 5 mm, sedangkan variasi ukuran cacahan 1,0 cm diperoleh langsung dari hasil mesin cacah. Proses pencacahan dan juga penyaringan tongkol jagung secara berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 dibawah ini.



Gambar 4.22 Pencacahan Tongkol Jagung



Gambar 4.23 Penyaringan Tongkol Jagung

Adapun hasil cacahan tongkol jagung ukuran 0,5 cm dan 1,0 cm secara berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.24 Cacahan Tongkol Jagung Ukuran 0,5 cm



Gambar 4.25 Cacahan Tongkol Jagung Ukuran 1,0 cm

b. Abu batu, digunakan sebagai material pengisi (*filler*). Abu batu yang digunakan diperoleh dari limbah pemotongan batu andesit menggunakan mesin gergaji batu yang diperoleh dari daerah Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta yang dapat dilihat pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.26 Abu Batu

Dalam mempersiapkan abu batu, dilakukan penyaringan menggunakan saringan berukuran 5 mm. Tujuan dari penyaringan tersebut untuk memisahkan abu batu yang menggumpal. Adapun proses penyaringan abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Penyaringan Abu Batu

c. Semen, digunakan sebagai bahan perekat campuran batako. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe I merek Tiga Roda yang

diperoleh dari Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Semen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.28 berikut.



Gambar 4.28 Semen

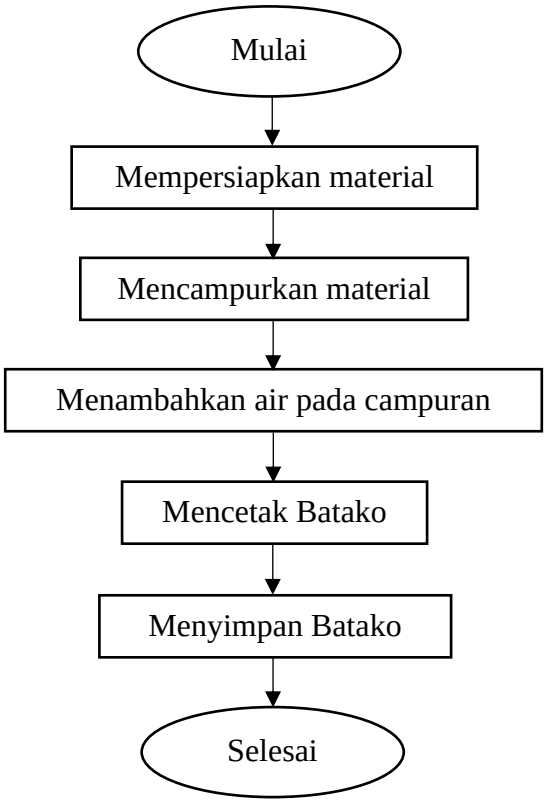
d. Air bersih, digunakan sebagai pemicu terjadinya reaksi kimia pada semen yang membuat campuran dapat mengeras. Air bersih yang digunakan diperoleh dari air tanah yang tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

4.2.2 Tahapan Perencanaan Komposisi Campuran

Perencanaan campuran pada pengujian ini menggunakan komposisi berdasarkan volume yaitu 1 semen : 2 abu batu : 1, 2, 3, dan 4 cacahan tongkol jagung. Terdapat 2 (dua) variasi ukuran cacahan tongkol jagung yaitu cacahan 0,5 cm dan 1 cm. Selanjutnya setiap variasi komposisi akan dibuat benda uji berjumlah 8 batako, maka jumlah keseluruhan benda uji sebanyak 64 batako. Dari 8 benda uji pada setiap variasi komposisi, akan digunakan 5 batako untuk pengujian kuat desak, 1 batako digunakan untuk pengujian penyerapan air, 1 batako digunakan untuk pengujian redaman panas, dan 1 batako digunakan sebagai cadangan. Untuk mempermudah memahaminya dapat dilihat pada Tabel 3.3.

4.2.3 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini melewati beberapa tahapan seperti yang ditampilkan *flowchart* pada Gambar 4.29 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.29 *Flowchart* Pembuatan Benda Uji

1. Mempersiapkan campuran
   a. Mencacah tongkol jagung menggunakan mesin cacah hingga menghasilkan cacahan berkisar antara 0,1 cm hingga 2,0 cm. Proses mencacah tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 4.30 berikut.



Gambar 4.30 Mencacah Tongkol Jagung

b. Menyaring tongkol jagung yang telah dicacah menggunakan saringan 5 mm untuk mendapatkan variasi ukuran cacahan 0,5 cm. Proses penyaringan tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 4.31 berikut.



Gambar 4.31 Menyaring Tongkol Jagung

c. Menyaring abu batu menggunakan saringan 5 mm untuk memisahkan gumpalan abu batu. Proses penyaringan abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.32 sebagai berikut.



Gambar 4.32 Menyaring Abu Batu

d. Memasukkan setiap material ke dalam bak tanpa dipadatkan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat volume setiap material. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.33 di halaman selanjutnya.



(a) Tongkol jagung (b) Abu batu (c) Semen

Gambar 4.33 Menimbang Material

e. Setelah mengetahui berat volume setiap material. Maka akan diketahui jumlah kebutuhan setiap material untuk setiap komposisi. Kemudian membuat paket-paket komposisi campuran menggunakan kantong plastik yang bertujuan untuk mempermudah saat tahap pencampuran. Paket-paket komposisi campuran dapat dilihat pada Gambar 4.34 di bawah ini.



Gambar 4.34 Paket-paket Komposisi Campuran

2. Mencampurkan bahan campuran
   a. Membersihkan alat pencampur (*mixer machine*) dari kotoran atau kerak yang menempel agar tidak tercampur pada campuran batako tongkol jagung.
   b. Memastikan penutup pada bagian bawah *mixer* dalam keadaan tertutup.

c. Membasahi setiap sisi *mixer* menggunakan air bersih untuk membuat permukaan *mixer* dalam keadaan jenuh air.

d. Memasukkan paket cacahan tongkol jagung yang telah ditakar ke dalam *mixer*. Proses memasukkan paket cacahan tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 3.35 berikut.



Gambar 4.35 Memasukkan Cacahan Tongkol Jagung

e. Mulai menghidupkan *mixer* kemudian memasukkan abu batu secara perlahan hingga tercampur rata antara abu batu dengan cacahan tongkol jagung. Proses memasukkan abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.36 berikut.



Gambar 4.36 Memasukkan Abu Batu

f. Memasukkan semen secara perlahan hingga tercampur rata antara semen abu batu dan cacahan tongkol jagung.

3. Menambahkan air pada campuran

   a. Tambahkan air sedikit-sedikit hingga mendapatkan campuran yang mudah dicetak yaitu campuran yang apabila digenggam kemudian tidak pecah saat genggaman dibuka atau terdapat banyak air yang melekat di telapak tangan. Proses penambahan air dapat dilihat pada Gambar 4.37 berikut.



Gambar 4.37 Menambahkan Air

   b. Menyiapkan alas tepat dibawah penutup *mixer* sebagai wadah campuran segar. Penempatan alas dapat dilihat pada Gambar 4.38 di bawah ini.



Gambar 4.38 Menyiapkan Alas

   c. Mengeluarkan campuran segar dari *mixer* dengan cara membuka penutup pada bagian bawah *mixer*. Setelah campuran segar dikeluarkan

semua kemudian matikan *mixer*. Campuran segar yang dikeluarkan dari *mixer* dapat dilihat pada Gambar 4.39 berikut.



Gambar 4.39 Mengeluarkan Campuran Segar dari *Mixer*

4. Mencetak batako
   a. Membersihkan cetakan batako dari kerak adonan sebelumnya.
   b. Memasang cetakan batako ke *press machine*.
   c. Meletakkan papan kayu di bawah cetakan yang berfungsi sebagai alas batako.
   d. Melumasi cetakan batako bagian dalam dan tuas penekan menggunakan solar agar campuran segar tidak mudah menempel pada cetakan dan tuas penekan. Proses pelumasan dapat dilihat pada Gambar 4.40 di bawah ini.



Gambar 4.40 Melumasi Cetakan Batako

e. Memasukkan campuran segar ke dalam cetakan sambil menggetarkan cetakan hingga campuran rata dan memadat. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.41 berikut.



Gambar 4.41 Memasukkan Campuran Segar ke Cetakan Batako

f. Kemudian campuran dalam cetakan dipadatkan dengan menurunkan tuas penekan sambil menggetarkan cetakan batako. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.42 berikut.



Gambar 4.42 Memadatkan Campuran dalam Cetakan Batako

g. Setelah padat, naikkan tuas penekan dan cetakan agar batako segar dapat dikeluarkan. Keluarkan batako segar dengan cara mengangkat papan kayu yang digunakan sebagai alas. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.43 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.43 Mengeluarkan Batako Segar

h. Letakkan batako pada tempat yang telah disediakan. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.44 berikut.



Gambar 4.44 Letakkan Batako ke Tempat yang Disediakan

i. Lakukan berulang poin (c) hingga (h) sampai jumlah batako sebanyak yang telah ditentukan.

5. Menyimpan batako

a. Saat batako berumur 1 hari, batako sudah bisa dilepas dari alasnya selanjutnya ditumpuk untuk disimpan. Tempat menyimpan batako harus di tempat teduh dan lembab agar menjaga kesempurnaan proses hidrasi. Tumpukan batako tongkol jagung yang disimpan dapat dilihat pada Gambar 4.45 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.45 Menyimpan Batako

b. Menutup tumpukan batako menggunakan plastik untuk menjaga kondisi batako tetap lembab serta mencegah terkena air hujan. Tumpukan batako yang telah ditutup menggunakan plastik dapat dilihat pada Gambar 4.46 berikut.



Gambar 4.46 Menutup Tumpukan Batako

4.2.4 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Proses Produksi

Pada saat proses produksi harus memastikan ukuran cacah tongkol jagung dan menakar bahan-bahan penyusun batako dengan sangat teliti untuk menjaga kesesuaian penelitian. Sebelum dilakukan pencampuran, setiap bahan ditimbang agar dapat diketahui banyaknya bahan susun yang diperlukan dalam membuat satu batako. Selain itu, menghitung waktu yang dibutuhkan pada saat pencampuran dan pencetakan untuk mengetahui banyaknya batako yang dapat diproduksi dalam kurun waktu kerja satu hari.

4.2.5 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium

Terdapat beberapa pengujian seperti yang telah tertulis pada subbab 3.5, yaitu pengujian berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas. Batako yang akan diuji berumur 28 hari. Adapun penjelasan mengenai tahapan dari masing-masing pengujian yang akan dilakukan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian berat volume

   Sampel yang dibutuhkan dalam pengujian berat volume ini sebanyak 5 batako tongkol jagung dari setiap masing-masing variasi. Sedangkan alat yang digunakan adalah timbangan, jangka sorong, dan alat pendukung lain seperti buku tulis dan alat tulis. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan pengujian berat volume.

   a. Memilih 5 batako yang berbentuk sempurna dari masing-masing variasi batako kemudian menandai atau memberi nama pada setiap batako sesuai variasinya. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.47 berikut.



Gambar 4.47 Memilih dan Menandai Batako

   b. Batako ditimbang menggunakan timbangan. Hasil yang diperoleh menjadi nilai berat batako. Proses penimbangan batako dapat dilihat pada Gambar 4.48 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.48 Menimbang Batako

c. Melakukan pengukuran dimensi batako menggunakan jangka sorong yang terdiri dari panjang, lebar, dan tebal. Hasil pengukuran akan dihitung menggunakan rumus volume balok sehingga menghasilkan nilai volume batako. Proses pengukuran batako dapat dilihat pada Gambar 4.49 berikut.



Gambar 4.49 Pengukuran Dimensi Batako

d. Nilai-nilai yang diperoleh diolah menggunakan Persamaan 3.1.

2. Pengujian kuat desak

Sampel yang dibutuhkan dalam pengujian kuat desak adalah sampel yang sama pada saat pengujian berat volume. Sedangkan alat yang digunakan adalah alat uji desak yang tersedia di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi

Universitas Islam Indonesia. Langkah-langkah pengujian kuat desak pada batako tongkol jagung sebagai berikut.

a. Memindahkan seluruh batako yang akan diuji desak ke ruangan alat uji desak dengan menggunakan troli.
b. Memasang pelat baja pada alat uji desak yang berfungsi sebagai alas batako. Pemasangan pelat baja yang sebagai alas dapat dilihat pada Gambar 4.50 berikut.



Gambar 4.50 Memasang Pelat Baja pada Alat Uji Desak

c. Meletakkan batako secara simetris tepat diatas pelat yang telah dipasang sebelumnya di alat uji desak, kemudian meletakkan pelat baja lagi diatas batako. prosesnya dapat dilihat pada Gambar 4.51 berikut.



Gambar 4.51 Meletakkan Batako pada Alat Uji Desak

d. Mengaktifkan alat uji dan mulai pembebanan hingga batako hancur dan beban tekan pada alat uji mengalami penurunan. Batako yang telah hancur dapat dilihat pada Gambar 4.52 berikut.



Gambar 4.52 Batako yang telah Hancur

e. Mencatat beban maksimum yang telah ditampilkan oleh indikator beban pada alat uji desak. Beban maksimum yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.53 berikut.



Gambar 4.53 Beban Maksimum

f. Lakukan berulang poin (c) hingga (e) sampai jumlah batako sebanyak yang telah ditentukan.

g. Melakukan perhitungan kuat desak dengan Persamaan 3.2.

3. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Untuk sampel yang dibutuhkan dalam pengujian ini sebanyak 1 batako dari setiap masing-masing variasi yang kemudian dipotong menjadi 3

bagian. Alat yang digunakan selama pengujian penyerapan air meliputi mesin potong, kipas angin, oven, sarung tangan anti panas, troli, dan bak air. Langkah-langkah pengujian penyerapan air pada batako tongkol jagung sebagai berikut.

a. Gunakan mesin pemotong beton untuk memotong batako menjadi 3 bagian. Proses pemotongan batako dapat dilihat pada Gambar 4.54 berikut.



Gambar 4.54 Memotong Batako

b. Letakkan sampel batako yang telah dipotong ke atas nampan kemudian pindahkan sampel menuju ke tempat oven menggunakan troli. Proses memindahkan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.55 berikut.



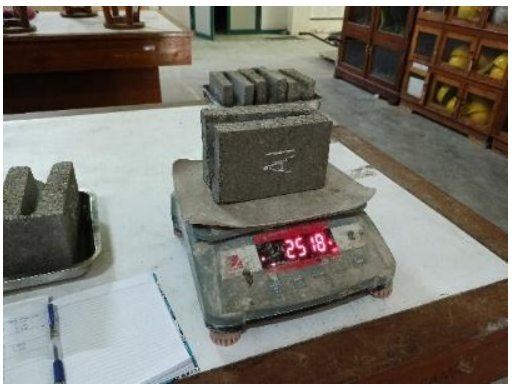
Gambar 4.55 Memindahkan Sampel Mendekat Oven

c. Masukkan sampel ke dalam oven menggunakan sarung tangan anti panas. Sampel akan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105 ± 5 ˚C. Sampel yang telah dimasukkan ke dalam oven dapat dilihat pada Gambar 4.56 di bawah ini.



Gambar 4.56 Masukkan Sampel ke Oven

d. Mengeluarkan sampel dari oven menggunakan sarung tangan anti panas kemudian ditimbang dan hasilnya sebagai nilai B (batako kering). Proses menimbang sampel batako kering dapat dilihat pada Gambar 4.57 berikut.



Gambar 4.57 Menimbang Sampel Batako Kering

e. Merendam semua sampel ke dalam bak yang berisi air bersih dengan suhu ruangan selama 24 jam. Proses merendam sampel dapat dilihat pada Gambar 4.58 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.58 Merendam Sampel

f. Setelah direndam selama 24 jam, sampel diangkat kemudian dikeringkan permukaannya menggunakan kain lembab. Kemudian sampel ditimbang dan hasilnya sebagai nilai A (batako basah). Proses penimbangan batako basah dapat dilihat pada Gambar 4.59 berikut.



Gambar 4.59 Menimbang Sampel Batako Basah

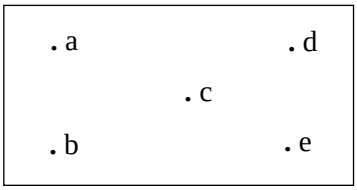
g. Dari nilai A dan B yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung persentase nilai penyerapan air menggunakan Persamaan 3.3.

4. Pengujian redaman panas

Pengujian redaman panas pada batako dilakukan pada waktu siang hari di halaman belakang Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Sampel yang dibutuhkan dalam pengujian ini sebanyak 1 batako dari masing-masing variasi. Proses pengukuran suhu akan dilakukan sebanyak 5 kali di titik yang berbeda pada setiap batako dan dilakukan berulang sebanyak 5 kali dengan

jarak waktu 30 menit. Sedangkan alat yang digunakan adalah *thermocouple*, dan alat pendukung seperti buku tulis dan alat tulis. Langkah-langkah pengujian redaman panas pada batako tongkol jagung sebagai berikut.

a. Menandai titik-titik pada permukaan batako yang paling lebar di kedua sisinya. Titik-titik tersebut digunakan sebagai titik pengukuran suhu batako. berikut merupakan ilustrasi letak titik-titik pengukuran suhu pada batako yang dapat dilihat pada Gambar 4.60 di bawah ini.



Gambar 4.60 Titik-titik Pengukuran Suhu

b. Menjemur batako di bawah terik sinar matahari secara langsung yang dimulai dari pukul 10:30 hingga 13:00. Proses penjemuran batako dapat dilihat pada Gambar 4.61 di bawah ini.



Gambar 4.61 Menjemur Batako

c. Mengukur suhu batako dilakukan pada pukul 11:00, 11:30, 12:00, 12:30, dan 13:00. Pengukuran dilakukan secara bersamaan antara permukaan batako yang terkena sinar matahari dengan permukaan batako yang tidak terkena sinar matahari menggunakan alat *thermocouple*. Pengukuran suhu pada permukaan batako yang terkena

sinar matahari secara langsung ditandai sebagai nilai T_1 sedangkan pada permukaan batako yang tidak terkena sinar matahari ditandai sebagai nilai T_2. Proses pengukuran suhu batako dapat dilihat pada Gambar 4.62 berikut.



Gambar 4.62 Pengukuran Suhu Batako

d. Dari data yang didapat (T_1 dan T_2) kemudian dihitung nilai redaman panas menggunakan Persamaan 3.4.

4.2.6 Tahapan Pengumpulan Data Melalui Analisis Biaya Produksi

Terdapat beberapa metode yang dilakukan dalam mengumpulkan data melalui analisis biaya produksi, yaitu:

1. Survei langsung ke toko bangunan untuk mengetahui harga-harga material.
2. Wawancara dengan pihak pekerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII untuk mengetahui data-data yang dicari.
3. Studi pustaka, mencari literatur yang berkaitan dengan penelitian perhitungan harga produksi batako.

Sedangkan data-data yang perlu dikumpulkan untuk menentukan harga pokok produksi sebagai berikut:

1. Produktivitas pekerja dalam sehari
2. Harga material batako
3. Biaya alat
4. Biaya operasional
5. Upah pekerja

6. Biaya bangunan
7. Biaya konsumsi
8. Tunjangan hari raya (THR)

4.2.7 Tahapan Analisis dan Pembahasan

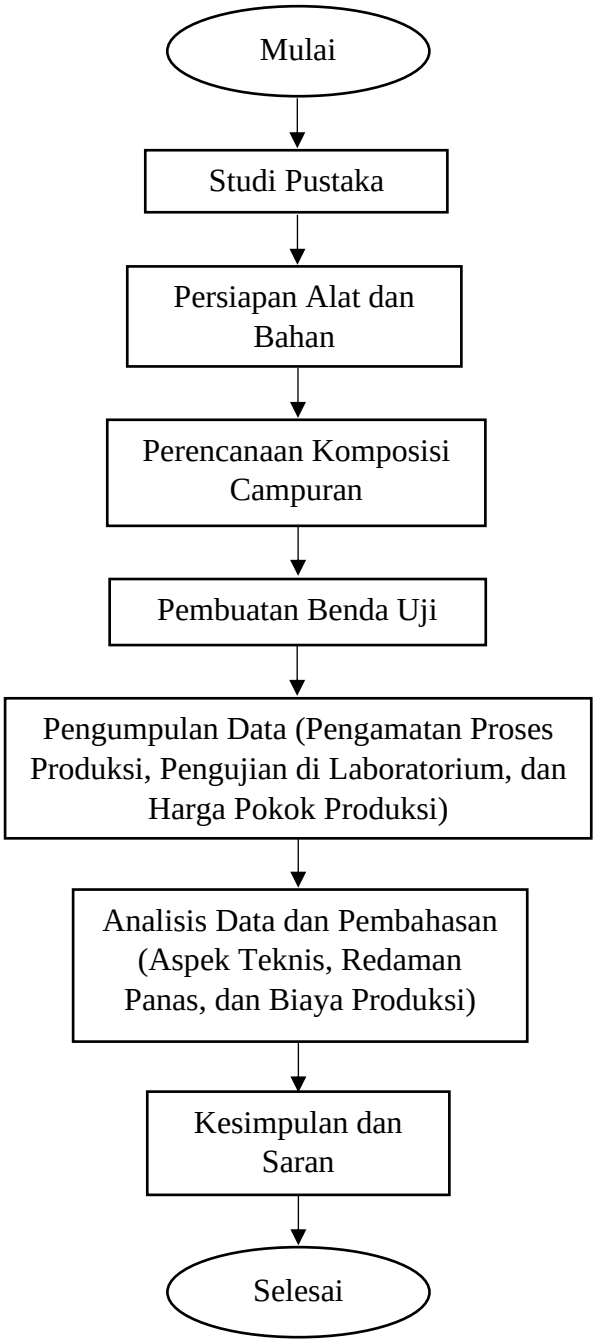
Tahapan ini adalah tahapan pengolahan data-data dari data pengujian yang telah didapatkan. Data-data tersebut akan dianalisis untuk dapat menentukan variasi ukuran cacahan tongkol jagung dan variasi komposisi yang paling baik sesuai dengan kriteria dalam SNI. Selanjutnya dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

4.2.8 Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini adalah tahapan terakhir yaitu menyimpulkan hasil yang telah diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian yang direncanakan. Selain itu, mengajukan saran juga penting dilakukan untuk para peneliti selanjutnya ataupun para pembaca laporan penelitian ini.

4.3 Bagan Alir Penelitian

Untuk mempermudah memahami tahapan-tahapan penelitian ini, dapat melihat bagan alir yang ditampilkan pada Gambar 4.63 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.63 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umun

Pada bab ini akan ditampilkan data hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan hasil pengujian batako tongkol jagung yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) milik Universitas Islam Indonesia dan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) yang juga dimiliki oleh Universitas Islam Indonesia. Beberapa pengujian yang dilakukan, yaitu berat volume, kuat tekan, serapan air, redaman panas, dan perhitungan biaya pokok produksi.

5.2 Analisis Kebutuhan Campuran Batako

Analisis kebutuhan masing-masing material penyusun batako dilakukan untuk mengetahui banyaknya material yang dibutuhkan dalam pembuatan batako dengan jumlah yang telah direncanakan. Adapun perhitungannya terdapat beberapa tahapan sebagai berikut.

5.2.1 Pengujian Berat Volume Material

Pengujian ini diawali dengan mencari volume bak ukur dan selanjutnya menimbang setiap material yang diisi ke dalam bak ukur tersebut untuk mencari berat material, kemudian dari hasil tersebut barulah dapat dihitung berat volume material.

1. Mencari volume bak ukur

   Volume bak ukur dapat dicari dengan dua cara. Cara pertama yaitu langsung mengukur dimensi bak kemudian dihitung menggunakan rumus volume. Sedangkan cara ke dua yaitu dengan cara mengisi air ke dalam bak hingga penuh kemudian dihitung menggunakan berat volume air (1000 kg/m^3). Pada pengujian ini, peneliti menggunakan cara ke dua dengan analisis sebagai berikut.

   Berat bak ukur = 0,47 kg

Berat air + bak ukur = 12,18 kg

Berat air = 12,18 - 0,47

= 11,71 kg

Berat volume air = 1000 kg/m^3

Volume bak ukur = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat volume air}}$

= $\frac{11,71}{1000}$

= 0,01171 m^3 = 0,01 m^3

2. Berat material

Setiap material campuran batako ditimbang menggunakan bak ukur tanpa dipadatkan. Proses penimbangan dilakukan berulang sebanyak 5 kali kemudian hasilnya di kurangi dengan berat bak ukur dan selanjutnya di rata-rata. Hasil dari berat material dapat dilihat pada Tabe 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Berat Material

No.	Berat Semen (kg)	Berat Abu Batu (kg)	Berat Tongkol Jagung 0,5 cm (kg)	Berat Tongkol Jagung 1,0 cm (kg)
1.	12,18	13,92	1,65	1,82
2.	12,26	13,81	1,50	1,67
3.	12,41	13,75	1,37	1,72
4.	12,09	13,86	1,50	1,82
5.	12.38	13,94	1,50	1,57
Rata-rata	12,26	13,86	1,50	1,72

3. Berat volume material

Hasil volume bak ukur dan berat material telah didapatkan, sehingga dapat menghitung berat volume material sebagai berikut.

a. Berat volume semen = $\frac{\text{Berat semen}}{\text{volume bak ukur}}$

$= \frac{12,26}{0,01}$

$= 1.047,31 \text{ kg/m}^3$

b. Berat volume abu batu $= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{volume bak ukur}}$

$= \frac{13,86}{0,01}$

$= 1.183,26 \text{ kg/m}^3$

c. Berat volume tongkol 0,5 cm $= \frac{\text{Berat tongkol jagung 0,5 cm}}{\text{volume bak ukur}}$

$= \frac{1,50}{0,01}$

$= 128,44 \text{ kg/m}^3$

d. Berat volume tongkol 1,0 cm $= \frac{\text{Berat tongkol jagung 1,0 cm}}{\text{volume bak ukur}}$

$= \frac{1,72}{0,01}$

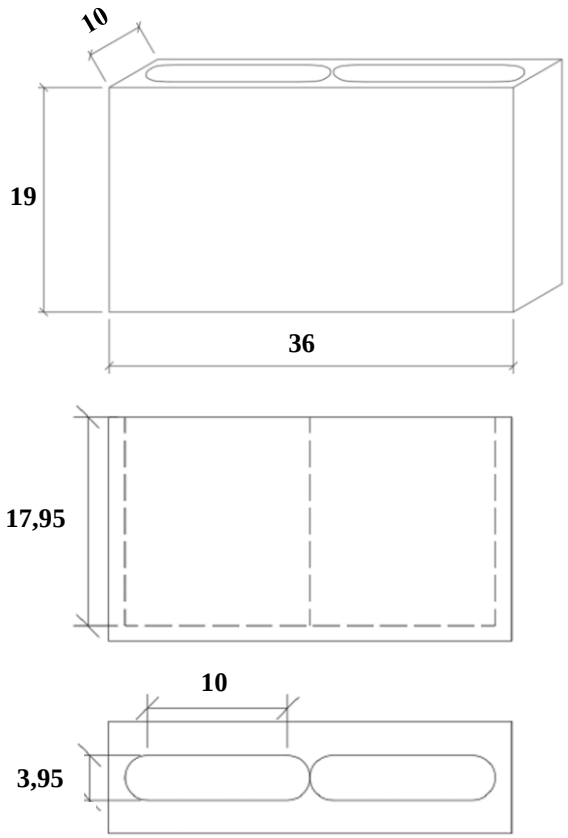
$= 146,88 \text{ kg/m}^3$

5.2.2 Kebutuhan Campuran Batako

Sebelum mencari kebutuhan campuran batako yang diperlukan, akan dilakukan perhitungan volume batako berlubang terlebih dahulu. Kemudian dari hasil perhitungan tersebut akan diolah dengan nilai berat volume material dan perbandingan komposisi batako. adapun perhitungannya sebagai berikut.

1. Menghitung volume batako

   Pada penjelasan di bab-bab sebelumnya telah dibahas mengenai jenis batako yang akan digunakan, yaitu batako berlubang dengan ukuran panjang 36 cm, lebar 10 cm, dan tebal 19 cm yang gambar detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.1 Detail Batako Berlubang

Dari Gambar 5.1 dapat diketahui dimensi batako sehingga dapat langsung menghitung volume batako sebagai berikut.

Panjang batako (p) = 36 cm

Lebar batako (l) = 10 cm

Tebal batako (t) = 19 cm

Kedalaman lubang (d) = 17,95 cm

Lebar lubang (L) = 3,95 cm

Panjang lubang (P) = 10 cm

Jumlah lubang (n) = 2

Volume lubang batako $= A_{\text{penampang lubang}} \times d \times n$

$= (A_{\text{lingkaran}} + A_{\text{Persegi panjang}}) \times d \times n$

$= ((\frac{1}{4} \; x \; \pi \; x \; D^2) + (P \times L)) \times d \times n$

$= ((\frac{1}{4} \; x \; \pi \; x \; 3{,}95^2) + (10 \text{ x } 3{,}95)) \times 17{,}95 \text{ x } 2$

$= 1.857{,}97 \text{ cm}^3$

Volume batako bruto $= p \times l \times t$

$= 36 \times 10 \times 19$

$= 6.840 \text{ cm}^3$

Volume batako netto = Volume batako bruto – Volume lubang batako

$= 6.840 - 1.857{,}97$

$= 4.982{,}03 \text{ cm}^3$

$= 0{,}005 \text{ m}^3$

2. Menghitung kebutuhan campuran batako

Sebelumnya telah direncanakan komposisi campuran batako yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 sehingga perhitungan kebutuhan campuran batako dapat langsung dilakukan. Adapun perhitungannya berada di bawah ini dengan menggunakan variasi AI (ukuran cacahan 0,5 cm menggunakan komposisi 1 : 2 : 1) sebagai contoh perhitungan.

Diketahui:

Komposisi AI = 1 semen, 2 abu batu, 1 tongkol jagung

Berat volume semen $= 1.047{,}31 \text{ kg/m}^3$

Berat volume abu batu $= 1.183{,}26 \text{ kg/m}^3$

Berat volume tongkol 0,5 cm $= 128{,}44 \text{ kg/m}^3$

Berat volume tongkol 1,0 cm $= 146{,}88 \text{ kg/m}^3$

Volume batako $= 0{,}005 \text{ m}^3$

a. Dicari kebutuhan masing-masing material untuk 1 buah batako:

1) Semen = Rasio semen × Berat volume semen × Volume batako

$= \frac{1}{4} \times 1.047{,}31 \times 0{,}005$

$= 1{,}30 \text{ kg}$

2) Abu batu = Rasio abu batu × Berat volume abu batu × Volume batako

$= \frac{2}{4} \times 1.183{,}26 \times 0{,}005$

= 2,95 kg

3) Tongkol 0,5 cm = Rasio tongkol 0,5 cm × Berat volume tongkol 0,5 cm × Volume batako

$= \frac{1}{4} \times 128{,}44 \times 0{,}005$

= 0,16 kg

b. Dicari kebutuhan masing-masing material untuk 8 batako:

1) Semen = 1,30 × 8

= 10,44 kg

2) Abu batu = 2,95 × 8

= 23,58 kg

3) Tongkol 0,5 cm = 0,16 × 8

= 1,28 kg

Dari contoh perhitungan di atas diperoleh hasil kebutuhan campuran batako variasi AI dalam satuan berat (kg) yaitu 10,44 kg semen, 23,58 kg abu batu, dan 1,28 kg tongkol jagung. Sedangkan untuk rekapitulasi hasil dari variasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Kebutuhan Campuran Batako

Variasi Batako		**Kebutuhan Campuran Batako**			**Jumlah Batako**
Tipe Ukuran Cacahan	**Tipe Komposisi**	**Semen (kg)**	**Abu Batu (kg)**	**Tongkol (kg)**	
A = 0,5 cm	I	10,44	23,58	1,28	8
	II	8,35	18,86	2,05	8
	III	6,96	15,72	2,57	8
	IV	5,96	13,47	2,93	8
B = 1 cm	I	10,44	23,58	1,46	8
	II	8,35	18,86	2,34	8
	III	6,96	15,72	2,93	8
	IV	5,96	13,47	3,35	8

5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako

Pengujian berat volume dilakukan pada batako tongkol jagung yang telah berumur 28 hari. Untuk mendapatkan berat volume batako diperlukan nilai berat batako dan nilai volume batako. Nilai berat batako diperoleh dengan cara menimbang batako, sedangkan nilai volume batako diperoleh dengan cara mengukur dimensi batako kemudian dihitung menggunakan rumus volume. Berikut ini merupakan contoh pengujian berat volume batako dengan menggunakan pengambilan data batako variasi AI dari sampel 1 hingga sampel 5.

1. Sampel 1

Berat batako	= 8,6590 kg
Panjang batako (p)	= 0,3640 m
Lebar batako (l)	= 0,1040 m
Tebal batako (t)	= 0,1910 m
Volume batako	= p × l × t
	= 0,3640 × 0,1040 × 0,1910
	= 0,0072 m^3
Berat volume batako	$= \frac{\text{Berat batako}}{\text{volume batako}}$
	$= \frac{8,6590}{0,0072}$
	= 1.197,57 kg/m^3

2. Sampel 2

Berat batako	= 8,2560 kg
Panjang batako (p)	= 0,3630 m
Lebar batako (l)	= 0,1030 m
Tebal batako (t)	= 0,1920 m
Volume batako	= p × l × t
	= 0,3630 × 0,1030 × 0,1920
	= 0,0072 m^3
Berat volume batako	$= \frac{\text{Berat batako}}{\text{volume batako}}$
	$= \frac{8,2560}{0,0072}$

= 1.150,07 kg/m^3

3. Sampel 3

Berat batako = 8,3900 kg

Panjang batako (p) = 0,3653 m

Lebar batako (l) = 0,1051 m

Tebal batako (t) = 0,1858 m

Volume batako = p × l × t

= 0,3653 × 0,1051 × 0,1858

= 0,0071 m^3

Berat volume batako = $\frac{\text{Berat batako}}{\text{volume batako}}$

= $\frac{8,3900}{0,0071}$

= 1.176,15 kg/m^3

4. Sampel 4

Berat batako = 8,2440 kg

Panjang batako (p) = 0,3614 m

Lebar batako (l) = 0,1038 m

Tebal batako (t) = 0,1930 m

Volume batako = p × l × t

= 0,3614 × 0,1038 × 0,1930

= 0,0072 m^3

Berat volume batako = $\frac{\text{Berat batako}}{\text{volume batako}}$

= $\frac{8,2440}{0,0072}$

= 1.138,66 kg/m^3

5. Sampel 5

Berat batako = 8,6000 kg

Panjang batako (p) = 0,3632 m

Lebar batako (l) = 0,1040 m

Tebal batako (t) = 0,1897 m

Volume batako = p × l × t

$$= 0{,}3632 \times 0{,}1040 \times 0{,}1897$$

$$= 0{,}0072 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat volume batako} = \frac{\text{Berat batako}}{\text{volume batako}}$$

$$= \frac{8{,}6000}{0{,}0072}$$

$$= 1.200{,}20 \text{ kg/m}^3$$

Dari ke 5 hasil berat volume batako variasi AI di atas dapat dihitung hasil rata-rata berat volume batako variasi AI sebagai berikut.

$$\text{Berat volume rata-rata} = \frac{1.197{,}57 + 1.150{,}07 + 1.176{,}15 + 1.138{,}66 + 1.200{,}20}{5}$$

$$= 1.172{,}53 \text{ kg/m}^3$$

Adapun hasil pengujian berat volume batako keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.3 di halaman selanjutnya.

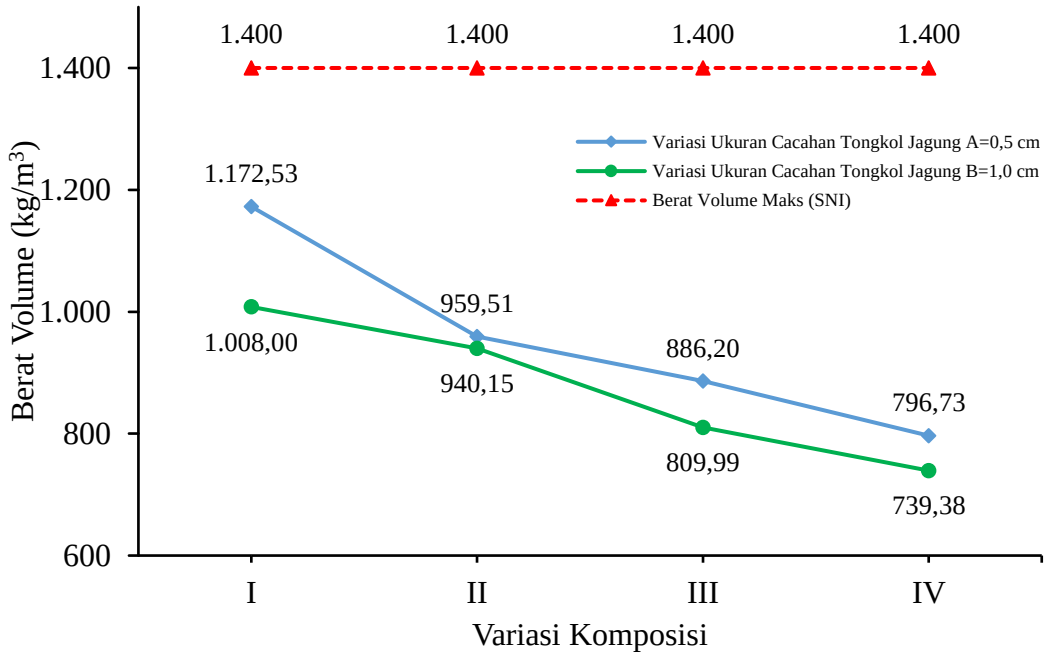
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Berat Batako (kg)	Panjang Batako (m)	Lebar Batako (m)	Tebal Batako (m)	Volume Batako (m^3)	Berat Volume (kg/m^3)	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
A (0,5 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	8,6590	0,3640	0,1040	0,1910	0,0072	1.197,57	1.172,53
		2	8,2560	0,3630	0,1030	0,1920	0,0072	1.150,07	
		3	8,3900	0,3653	0,1051	0,1858	0,0071	1.176,15	
		4	8,2440	0,3614	0,1038	0,1930	0,0072	1.138,66	
		5	8,6000	0,3632	0,1040	0,1897	0,0072	1.200,20	
	II (1 : 2 : 2)	1	7,3190	0,3730	0,1100	0,1963	0,0081	908,72	959,51
		2	7,2630	0,3705	0,1080	0,1967	0,0079	922,78	
		3	7,4460	0,3684	0,1074	0,1936	0,0077	972,06	
		4	7,4750	0,3700	0,1066	0,1960	0,0077	966,93	
		5	7,3740	0,3677	0,1080	0,1808	0,0072	1.027,04	
	III (1 : 2 : 3)	1	6,6040	0,3690	0,1066	0,1922	0,0076	873,51	886,20
		2	6,5000	0,3693	0,1055	0,1953	0,0076	854,24	
		3	6,9840	0,3695	0,1070	0,1966	0,0078	898,51	
		4	6,3860	0,3669	0,1046	0,1908	0,0073	872,11	
		5	7,0050	0,3690	0,1077	0,1890	0,0075	932,62	
	IV (1 : 2 : 4)	1	5,9290	0,3674	0,1055	0,1936	0,0075	790,10	796,73
		2	6,0380	0,3685	0,1072	0,1905	0,0075	802,35	
		3	6,2050	0,3693	0,1075	0,1935	0,0077	807,74	
		4	6,1920	0,3679	0,1067	0,1961	0,0077	804,38	
		5	5,8840	0,3679	0,1072	0,1915	0,0076	779,08	

Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Batako

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Berat Batako (kg)	Panjang Batako (m)	Lebar Batako (m)	Tebal Batako (m)	Volume Batako (m^3)	Berat Volume (kg/m^3)	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
B (1,0 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	8,3620	0,3740	0,1095	0,2010	0,0082	1.015,85	1.008,00
		2	8,1840	0,3753	0,1100	0,1944	0,0080	1.019,76	
		3	8,1030	0,3688	0,1077	0,2013	0,0080	1.013,43	
		4	8,2950	0,3727	0,1086	0,1993	0,0081	1.028,30	
		5	7,9390	0,3725	0,1117	0,1982	0,0082	962,68	
	II (1 : 2 : 2)	1	7,5420	0,3707	0,1080	0,1997	0,0080	943,33	940,15
		2	7,6370	0,3930	0,1082	0,1945	0,0083	923,39	
		3	7,4280	0,3724	0,1083	0,1950	0,0079	944,49	
		4	7,5260	0,3708	0,1064	0,1987	0,0078	960,03	
		5	7,4460	0,3710	0,1078	0,2003	0,0080	929,50	
	III (1 : 2 : 3)	1	6,7060	0,3723	0,1092	0,2015	0,0082	818,60	809,99
		2	6,4760	0,3759	0,1023	0,2032	0,0078	828,77	
		3	6,7960	0,3750	0,1090	0,2019	0,0083	823,49	
		4	6,6760	0,3759	0,1094	0,2010	0,0083	807,66	
		5	6,5110	0,3750	0,1106	0,2035	0,0084	771,43	
	IV (1 : 2 : 4)	1	5,9500	0,3742	0,1080	0,1954	0,0079	753,47	739,38
		2	6,0890	0,3756	0,1096	0,1991	0,0082	742,91	
		3	5,7280	0,3743	0,1077	0,1963	0,0079	723,85	
		4	5,7890	0,3666	0,1090	0,1960	0,0078	739,14	
		5	5,9000	0,3729	0,1094	0,1961	0,0080	737,50	

Hasil berat volume rata-rata batako pada Tabel 5.4 juga dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5.2 Grafik Berat Volume Batako

Setelah melihat hasil pada Tabel 5.4 dan di perjelas menggunakan grafik pada Gambar 5.2, secara konsisten nilai berat volume rata-rata batako dengan variasi ukuran cacahan A (0,5 cm) selalu lebih berat dari pada variasi ukuran cacahan B (1,0 cm) di setiap masing-masing variasi komposisi dan semakin ringan seiring bertambahnya komposisi tongkol jagung. Nilai berat volume rata-rata terbesar pada variasi ukuran cacahan A (0,5 cm) terdapat pada batako tongkol jagung variasi komposisi I (1 : 2 : 1) yaitu 1.172,53 kg/m^3 dan nilai terkecil terdapat pada variasi komposisi IV (1 : 2 : 4) yaitu 796,73 kg/m^3. Sedangkan nilai berat volume rata-rata batako terbesar pada variasi ukuran cacahan B (1,0 cm) terdapat pada batako variasi komposisi I (1 : 2 : 1) yaitu 1.008,00 kg/m^3 atau 164,53 kg/m^3 lebih ringan dari variasi AI, kemudian nilai terkecil terdapat pada variasi IV yaitu 739,38 kg/m^3 atau 57,35 kg/m^3 lebih ringan dari variasi AIV.

Berdasarkan pengamatan, perbedaan hasil berat volume antara batako variasi ukuran cacahan A dan B dipengaruhi oleh timbulnya retakan-retakan pada

permukaan batako variasi ukuran cacahan B paska mencetak. Pada saat proses pemadatan membuat butiran tongkol jagung mengalami penyusutan ukuran, sehingga pada saat proses pemadatan selesai dan cetakan dilepas terjadi upaya dari butiran tongkol jagung untuk kembali ke ukuran semula. Upaya tersebut yang menjadi penyebab timbulnya retakan pada permukaan batako. Semakin besar ukuran cacahan maka akan memberikan penyusutan dan upaya kembali ke ukuran semula yang lebih besar pula sehingga menimbulkan retakan yang semakin banyak. Retakan tersebut dapat mempercepat penguapan kadar air pada batako variasi B yang membuat beratnya lebih ringan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan ukuran cacahan tongkol jagung yang digunakan sebagai agregat pada campuran batako dapat mempengaruhi hasil berat volume batako. Walaupun begitu, semua sampel batako tongkol jagung yang diuji telah memenuhi standar maksimum berat volume yang ditetapkan pada SNI 03-3449-2002 yaitu tidak lebih dari 1.400 kg/m^3.

5.4 Hasil Pengujian Kuat Desak Batako

Setelah melakukan pengujian kuat desak di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia menggunakan mesin *compression machine* mendapatkan data hasil kuat desak maksimum pada setiap masing-masing sampel. Sampel uji yang digunakan adalah batako tongkol jagung yang sama pada saat pengujian berat volume. Untuk nilai kuat desak maksimum di setiap masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Kuat Desak

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako	
				Panjang (cm)	Lebar (cm)
A (0,5 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	6.425	36,40	10,40
		2	5.900	36,30	10,30
		3	6.350	36,53	10,51
		4	4.650	36,14	10,38
		5	6.675	36,32	10,40
	II (1 : 2 : 2)	1	3.760	37,30	11,00
		2	3.800	37,05	10,80

Lanjutan Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Kuat Desak

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako	
				Panjang (cm)	Lebar (cm)
A (0,5 cm)	II (1 : 2 : 2)	3	2.900	36,84	10,74
		4	3.440	37,00	10,66
		5	3.160	36,77	10,80
	III (1 : 2 : 3)	1	2.240	36,90	10,66
		2	2.820	36,93	10,55
		3	2.350	36,95	10,70
		4	1.900	36,69	10,46
		5	2.780	36,90	10,77
	IV (1 : 2 : 4)	1	1.570	36,74	10,55
		2	1.600	36,85	10,72
		3	1.750	36,93	10,75
		4	1.450	36,79	10,67
		5	1.420	36,79	10,72
B (1,0 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	3.600	37,40	10,95
		2	3.350	37,53	11,00
		3	2.650	36,88	10,77
		4	3.480	37,27	10,86
		5	2.900	37,25	11,17
	II (1 : 2 : 2)	1	2.680	37,07	10,80
		2	2.550	39,30	10,82
		3	2.740	37,24	10,83
		4	2.350	37,08	10,64
		5	2.400	37,10	10,78
	III (1 : 2 : 3)	1	1.440	37,23	10,92
		2	1.650	37,59	10,23
		3	1.540	37,50	10,90
		4	1.900	37,59	10,94
		5	1.675	37,50	11,06
	IV (1 : 2 : 4)	1	1.710	37,42	10,80
		2	1.650	37,56	10,96
		3	1.230	37,43	10,77
		4	1.500	36,66	10,90
		5	1.410	37,29	10,94

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 5.4 di atas, maka langsung dapat dilakukan perhitungan kuat desak dengan menggunakan Persamaan 3.2. Sebagai contoh perhitungan kuat desak, berikut ini adalah perhitungan kuat desak menggunakan data-data batako variasi AI (cacahan tongkol jagung 0,5 cm dengan komposisi 1 : 2 : 1).

1. Sampel 1

   Beban maksimum (P) = 6.425 kg

   Panjang batako (p) = 36,40 cm

   Lebar batako (l) = 10,40 cm

   Luas penampang (A) = p × l

   = 36,40 × 10,40

   = 378,56 cm^2

   Kuat desak (σ) = $\frac{P}{A}$

   = $\frac{6.425}{378,56}$

   = 16,97 kg/cm^2

2. Sampel 2

   Beban maksimum (P) = 5.900 kg

   Panjang batako (p) = 36,30 cm

   Lebar batako (l) = 10,30 cm

   Luas penampang (A) = p × l

   = 36,30 × 10,30

   = 373,89 cm^2

   Kuat desak (σ) = $\frac{P}{A}$

   = $\frac{5.900}{373,89}$

   = 15,78 kg/cm^2

3. Sampel 3

   Beban maksimum (P) = 6.350 kg

   Panjang batako (p) = 36,53 cm

   Lebar batako (l) = 10,51 cm

Luas penampang (A) = p × l
= 36,53 × 10,51
= 383,93 cm^2

Kuat desak (σ) = $\frac{P}{A}$
= $\frac{6.350}{383,93}$
= 16,54 kg/cm^2

4. Sampel 4

Beban maksimum (P) = 4.650 kg
Panjang batako (p) = 36,14 cm
Lebar batako (l) = 10,38 cm
Luas penampang (A) = p × l
= 36,14 × 10,38
= 375,13 cm^2

Kuat desak (σ) = $\frac{P}{A}$
= $\frac{4.650}{375,13}$
= 12,40 kg/cm^2

5. Sampel 5

Beban maksimum (P) = 6.675 kg
Panjang batako (p) = 36,32 cm
Lebar batako (l) = 10,40 cm
Luas penampang (A) = p × l
= 36,32 × 10,40
= 378,56 cm^2

Kuat desak (σ) = $\frac{P}{A}$
= $\frac{6.675}{377,73}$
= 17,67 kg/cm^2

Setelah diketahui nilai kuat desak pada masing-masing sampel, kemudian dihitung kuat desak rata-rata. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Kuat desak rata-rata $= \frac{16{,}97 + 15{,}78 + 16{,}54 + 12{,}40 + 17{,}67}{5}$

$= 15{,}87 \text{ kg/cm}^2$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan kuat desak di atas, maka hasil perhitungan kuat desak pada setiap variasi batako dapat dilihat pada Tabel 5.5 di halaman selanjutnya.

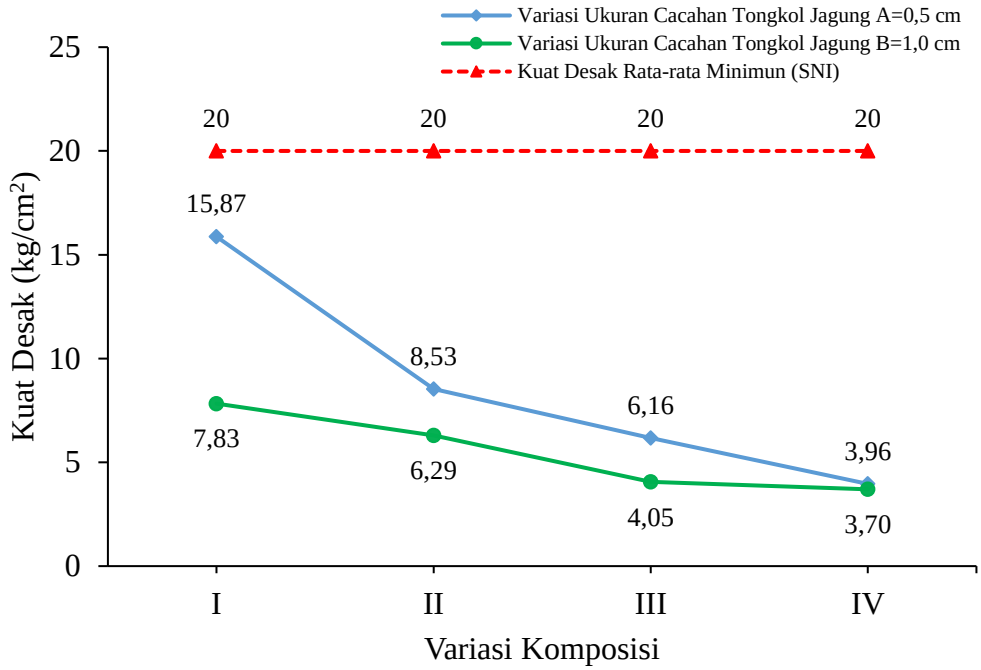
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Kuat Desak Batako

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako		Luas Penampang (cm^2)	Kuat Desak (kg/cm^2)	Kuat Desak Rata-rata (kg/cm^2)
				Panjang (cm)	Lebar (cm)			
A = 0,5 cm	I (1 : 2 : 1)	1	6.425	36,40	10,40	378,56	16,97	15,87
		2	5.900	36,30	10,30	373,89	15,78	
		3	6.350	36,53	10,51	383,93	16,54	
		4	4.650	36,14	10,38	375,13	12,40	
		5	6.675	36,32	10,40	377,73	17,67	
	II (1 : 2 : 2)	1	3.760	37,30	11,00	410,30	9,16	8,53
		2	3.800	37,05	10,80	400,14	9,50	
		3	2.900	36,84	10,74	395,66	7,33	
		4	3.440	37,00	10,66	394,42	8,72	
		5	3.160	36,77	10,80	397,12	7,96	
	III (1 : 2 : 3)	1	2.240	36,90	10,66	393,35	5,69	6,16
		2	2.820	36,93	10,55	389,61	7,24	
		3	2.350	36,95	10,70	395,37	5,94	
		4	1.900	36,69	10,46	383,78	4,95	
		5	2.780	36,90	10,77	397,41	7,00	
	IV (1 : 2 : 4)	1	1.570	36,74	10,55	387,61	4,05	3,96
		2	1.600	36,85	10,72	395,03	4,05	
		3	1.750	36,93	10,75	397,00	4,41	
		4	1.450	36,79	10,67	392,55	3,69	
		5	1.420	36,79	10,72	394,39	3,60	

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Kuat Desak Batako

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako		Luas Penampang (cm^2)	Kuat Desak (kg/cm^2)	Kuat Desak Rata-rata (kg/cm^2)
				Panjang (cm)	Lebar (cm)			
B = 1,0 cm	I (1 : 2 : 1)	1	3.600	37,40	10,95	409,53	8,79	7,83
		2	3.350	37,53	11,00	412,83	8,11	
		3	2.650	36,88	10,77	397,20	6,67	
		4	3.480	37,27	10,86	404,75	8,60	
		5	2.900	37,25	11,17	416,08	6,97	
	II (1 : 2 : 2)	1	2.680	37,07	10,80	400,36	6,69	6,29
		2	2.550	39,30	10,82	425,23	6,00	
		3	2.740	37,24	10,83	403,31	6,79	
		4	2.350	37,08	10,64	394,53	5,96	
		5	2.400	37,10	10,78	399,94	6,00	
	III (1 : 2 : 3)	1	1.440	37,23	10,92	406,55	3,54	4,05
		2	1.650	37,59	10,23	384,55	4,29	
		3	1.540	37,50	10,90	408,75	3,77	
		4	1.900	37,59	10,94	411,23	4,62	
		5	1.675	37,50	11,06	414,75	4,04	
	IV (1 : 2 : 4)	1	1.710	37,42	10,80	404,14	4,23	3,70
		2	1.650	37,56	10,96	411,66	4,01	
		3	1.230	37,43	10,77	403,12	3,05	
		4	1.500	36,66	10,90	399,59	3,75	
		5	1.410	37,29	10,94	407,95	3,46	

Sedangkan hasil perhitungan kuat desak batako dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Kuat Desak Batako

Berdasarkan hasil kuat desak batako yang tertera pada Tabel 5.5 atau Gambar 5.3, variasi ukuran cacahan tongkol jagung A (0,5 cm) secara konsisten selalu lebih unggul dari pada variasi ukuran cacahan tongkol jagung B (1,0 cm). Hasil kuat desak terbesar pada variasi ukuran cacahan A diperoleh pada variasi komposisi I dengan perbandingan campuran material 1 : 2 : 1 yaitu sebesar 15,872 kg/cm^2. Sedangkan hasil kuat desak terbesar pada variasi ukuran cacahan B diperoleh juga pada variasi komposisi I dengan perbandingan 1 : 2 : 1 sebesar 7,829 kg/cm^2 atau memiliki selisih lebih kecil sebesar 8,043 kg/cm^2. Namun, sangat disayangkan bahwa seluruh variasi batako belum mencapai batas minimum kuat desak rata-rata batako berlubang yang tertulis pada SNI 03-0349-1989 yaitu 20 kg/cm^2. Hal itu mungkin saja disebabkan oleh sifat tongkol jagung yang sedikit lentur, sehingga pada saat proses pemadatan terjadi penyusutan ukuran pada butiran tongkol jagung. Kemudian ketika cetakan dilepaskan terjadi pengembangan atau upaya untuk

kembali ke bentuk semula oleh butiran tongkol jagung yang mengakibatkan terjadinya retakan halus di hampir seluruh bagian batako. Semakin besar ukuran cacahan maka akan memberikan penyusutan dan upaya kembali ke ukuran semula yang lebih besar pula sehingga menimbulkan retakan yang semakin banyak. Retakan-retakan tersebutlah yang dapat menurunkan kekuatan desak batako karena antar butiran yang tidak mengikat. Walaupun hasil ini masih jauh dari ketentuan standar SNI, tetapi dengan memperkecil ukuran cacahan tongkol jagung menjadi 0,5 cm dapat memberikan hasil yang positif.

5.5 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Hasil pengujian penyerapan air ini akan menunjukkan persentase berat air yang dapat diserap oleh batako tongkol jagung saat direndam dalam air. Semakin sedikit air yang dapat diserap, maka semakin padat susunan campuran batako dan begitupun sebaliknya. Tertulis pada SNI 03-0349-1989, persentase penyerapan air maksimum yang dapat diserap oleh batako berlubang pada mutu kelas I yaitu 25% sedangkan mutu kelas II yaitu 35%. Sampel yang digunakan saat pengujian ini menggunakan 1 batako pada setiap variasi yang berjumlah 8 (delapan) kemudian setiap batako dipotong menjadi 3 (tiga) bagian, sehingga total sampel yang digunakan pada pengujian penyerapan air sebanyak 24 sampel. Pada pengujian ini diperoleh data-data berat kering dan berat basah batako tongkol jagung kemudian dari data tersebut akan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.3. Adapun contoh perhitungannya, berikut ini adalah perhitungan penyerapan air menggunakan data-data batako variasi AI (cacahan tongkol jagung 0,5 cm dengan komposisi 1 : 2 : 1).

1. Sampel 1

   Berat basah (A) = 3,04 kg

   Berat kering (B) = 2,38 kg

   Penyerapan air $= \frac{A-B}{B} \times 100\%$

   $= \frac{3,04 - 2,38}{2,38} \times 100\%$

   = 27,74 %

2. Sampel 2

Berat basah (A) = 3,36 kg

Berat kering (B) = 2,62 kg

Penyerapan air $= \frac{A-B}{B} \times 100\%$

$= \frac{3,36-2,62}{2,62} \times 100\%$

= 28,01 %

3. Sampel 3

Berat basah (A) = 3,26 kg

Berat kering (B) = 2,52 kg

Penyerapan air $= \frac{A-B}{B} \times 100\%$

$= \frac{3,26-2,52}{2,52} \times 100\%$

= 29,63 %

Rata-rata penyerapan air pada variasi AI $= \frac{27,74 + 28,01 + 29,63}{3}$

= 28,46 %

Dengan melakukan perhitungan menggunakan cara yang sama kepada variasi lainnya, maka akan diperoleh hasil seperti yang telah direkap ke dalam Tabel 5.6 di bawah ini.

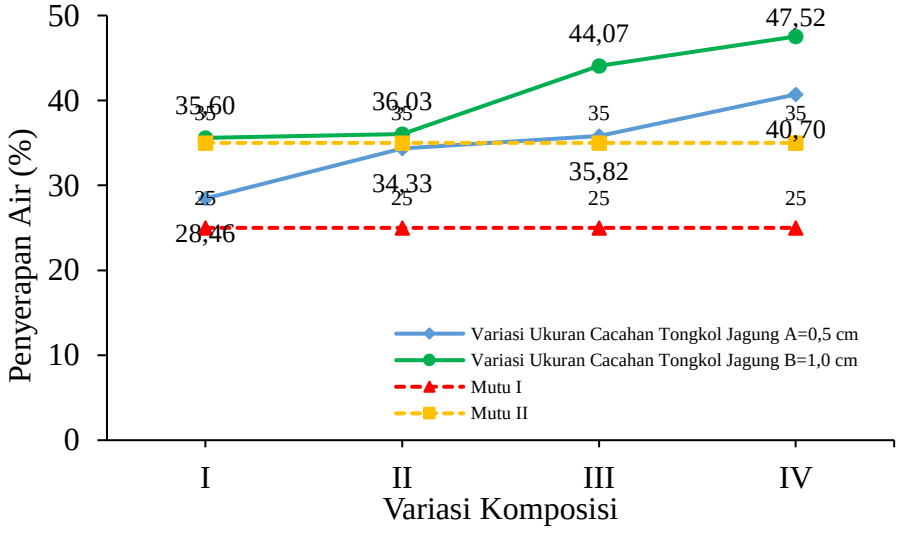
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
A (0,5 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	3,04	2,38	27,74	28,46
		2	3,36	2,62	28,01	
		3	3,26	2,52	29,63	
	II (1 : 2 : 2)	1	2,79	2,10	33,16	34,33
		2	3,03	2,26	34,07	
		3	2,82	2,08	35,77	
	III (1 : 2 : 3)	1	2,62	1,94	35,40	35,82
		2	2,78	2,05	35,77	
		3	2,79	2,05	36,28	

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
A (0,5 cm)	IV (1 : 2 : 4)	1	2,59	1,85	40,04	40,70
		2	2,42	1,72	40,71	
		3	2,59	1,84	41,36	
B (1,0 cm)	I (1 : 2 : 1)	1	3,38	2,40	40,76	35,60
		2	3,06	2,34	30,88	
		3	3,20	2,37	35,15	
	II (1 : 2 : 2)	1	3,39	2,42	40,27	36,03
		2	2,99	2,22	34,66	
		3	2,86	2,15	33,15	
	III (1 : 2 : 3)	1	2,72	1,97	38,13	44,07
		2	2,78	1,89	46,75	
		3	2,62	1,78	47,33	
	IV (1 : 2 : 4)	1	2,72	1,81	50,47	47,52
		2	2,70	1,78	52,17	
		3	2,51	1,79	39,93	

Selain ditampilkan rekapitulasi hasil penyerapan air rata-rata ke dalam Tabel 5.6, juga ditampilkan hasil penyerapan air rata-rata ke dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4 Grafik Penyerapan Air Batako

Berdasarkan dari hasil pengujian penyerapan air yang telah ditampilkan di atas, terdapat batako tongkol jagung yang masuk ke dalam kelas mutu dan ada pula yang tidak masuk ke dalam kelas mutu sesuai standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Adapun batako tongkol jagung yang masuk ke dalam kelas mutu hanya diperoleh dua variasi, yaitu batako variasi AI (cacahan tongkol jagung 0,5 cm komposisi 1 : 2 : 1) dengan hasil penyerapan air sebesar 28,46% yang masuk ke kelas mutu II dan batako variasi AII (cacahan tongkol jagung 0,5 cm komposisi 1 : 2 : 2) dengan hasil penyerapan air sebesar 34,33% yang masuk ke kelas mutu II. Sedangkan sisanya yaitu variasi AIII, AIV, BI, BII, BIII, dan BIV tidak masuk ke dalam kelas mutu I maupun mutu II karena hasil penyerapan air yang diperoleh melebihi batas maksimum sesuai SNI yaitu 35%. Artinya, seluruh variasi komposisi batako yang menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung 1,0 cm (variasi B) tidak ada yang masuk ke dalam kelas mutu penyerapan air. Situasi ini mungkin saja disebabkan oleh sifat tongkol jagung yang sedikit elastis, dimana pada saat pemadatan dilakukan terjadi penyusutan pada butiran cacahan tongkol jagung. Kemudian pada saat pemadatan berhenti dan cetakan batako dilepas, terjadi usaha oleh butiran cacahan tongkol jagung untuk mengembang atau usaha untuk kembali ke bentuk semula yang menimbulkan retakan-retakan di permukaan batako. Pastinya perbedaan ukuran cacahan variasi B yang lebih memiliki ukuran lebih besar akan memberikan usaha cacahan tongkol jagung untuk lebih kuat dalam mengembang atau kembali ke bentuk semula dan menimbulkan retakan yang lebih banyak pula. Retakan-retakan itulah yang turut berkontribusi dalam menampung air pada saat pengujian penyerapan air.

Pada pengujian penyerapan air ini, apabila dilihat dari kualitas variasi ukuran cacahan tongkol jagung, maka hasil yang diperoleh oleh variasi ukuran cacahan A (0,5 cm) memiliki nilai yang selalu unggul dari pada variasi ukuran cacahan B (1,0 cm) di setiap masing-masing variasi komposisi. Hal ini memberikan pemahaman bahwa menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung 0,5 cm lebih baik dari pada menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung 1,0 cm.

5.6 Hasil Pengujian Redaman Panas

Pengujian redaman panas batako tongkol jagung ini menggunakan 1 (satu) sampel batako dari setiap variasi, maka total keseluruhan sampel sebanyak 8 (delapan) sampel batako tongkol jagung. Pengujian dilakukan pukul 10:30 WIB hingga pukul 13:00 WIB di laboratorium BKT UII dengan memanfaatkan panasnya sinar matahari, sehingga hasil pembacaan suhu sangat bergantung pada cuaca di hari pengujian. Pembacaan suhu menggunakan alat *thermocouple* yang dilakukan di 5 (lima) titik pada setiap variasi batako dan diulang sebanyak 5 (lima) kali dengan jeda waktu 30 menit. Berikut ini ditampilkan hasil pembacaan suhu pada seluruh variasi batako tongkol jagung yang direkap ke dalam Table 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako

Variasi Batako	**Suhu (ºC)**	**Titik**	**Waktu Pembacaan Suhu**				
			11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
AI	T1	a	37,50	43,50	43,10	40,90	43,20
		b	37,20	45,00	40,40	40,20	44,70
		c	37,90	45,20	40,60	41,00	44,10
		d	37,70	43,60	40,40	40,30	42,70
		e	38,20	43,60	40,90	42,10	43,50
	Rata-rata		37,70	44,18	41,08	40,90	43,64
	Rata-rata T1		41,50				
	T2	a	36,30	39,60	37,10	36,70	37,30
		b	35,50	37,80	37,60	36,80	36,00
		c	36,10	38,30	36,80	35,70	36,90
		d	35,40	38,30	37,00	36,30	36,00
		e	35,80	39,10	37,50	36,60	36,50
	Rata-rata		35,82	38,62	37,20	36,42	36,54
	Rata-rata T2		36,92				
AII	T1	a	37,60	41,10	39,60	40,10	42,10
		b	38,60	42,60	40,70	43,30	43,90
		c	37,10	43,60	41,70	42,20	44,00
		d	37,90	43,70	41,70	41,60	42,20
		e	38,80	43,90	40,30	41,30	42,10
	Rata-rata		38,00	42,98	40,80	41,70	42,86
	Rata-rata T1		41,27				

Lanjutan Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako

Variasi Batako	Suhu (ºC)	Titik	Waktu Pembacaan Suhu				
			11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
	T2	a	34,90	37,20	36,50	35,50	35,90
		b	34,70	37,30	36,40	36,10	36,50
		c	34,70	37,10	36,60	36,20	36,70
		d	35,20	37,60	35,90	35,90	36,60
		e	35,20	37,30	37,10	36,30	36,30
	Rata-rata		34,94	37,30	36,50	36,00	36,40
	Rata-rata T2		36,23				
AIII	T1	a	37,30	44,40	42,70	40,40	42,60
		b	37,70	44,80	42,50	41,10	41,90
		c	38,20	45,20	42,40	41,40	42,30
		d	38,80	43,90	41,90	41,40	41,50
		e	37,90	45,10	42,50	41,10	41,70
	Rata-rata		37,98	44,68	42,40	41,08	42,00
	Rata-rata T1		41,63				
	T2	a	33,90	37,40	36,30	36,50	35,80
		b	34,30	37,80	36,00	35,40	35,30
		c	34,30	38,20	36,20	36,00	35,80
		d	33,80	38,60	36,20	35,70	35,00
		e	34,40	38,10	36,70	35,90	35,70
	Rata-rata		34,14	38,02	36,28	35,90	35,52
	Rata-rata T2		35,97				
AIV	T1	a	37,50	42,10	41,60	41,40	41,30
		b	37,90	43,10	40,20	41,10	42,10
		c	38,20	43,40	40,40	40,10	41,90
		d	36,80	43,60	40,70	41,10	41,50
		e	38,20	42,30	41,30	40,20	42,50
	Rata-rata		37,72	42,90	40,84	40,78	41,86
	Rata-rata T1		40,82				
	T2	a	33,30	35,30	35,10	36,50	35,70
		b	33,30	35,00	36,60	36,70	35,30
		c	32,90	35,30	35,60	35,90	35,00
		d	33,10	35,30	35,70	35,60	34,50
		e	32,80	34,90	36,80	35,50	34,60
	Rata-rata		33,08	35,16	35,96	36,04	35,02
	Rata-rata T2		35,05				

Lanjutan Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako

Variasi Batako	Suhu (ºC)	Titik	Waktu Pembacaan Suhu				
			11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
BI	T1	a	40,20	42,90	39,20	46,50	39,20
		b	41,90	43,30	40,60	48,30	38,00
		c	42,90	40,40	41,50	45,40	39,50
		d	41,00	38,80	43,60	43,60	40,10
		e	44,20	39,20	42,90	42,90	39,10
	Rata-rata		42,04	40,92	41,56	45,34	39,18
	Rata-rata T1		41,81				
	T2	a	34,20	36,70	35,00	35,00	34,20
		b	34,10	37,10	35,50	35,50	35,30
		c	34,20	37,00	36,20	35,90	36,30
		d	34,90	37,30	36,50	35,90	35,90
		e	35,30	37,60	36,80	35,60	35,30
	Rata-rata		34,54	37,14	36,00	35,58	35,40
	Rata-rata T2		35,73				
BII	T1	a	43,40	41,30	40,40	39,00	39,80
		b	46,90	44,00	41,70	41,50	39,10
		c	43,30	45,20	39,70	38,50	40,30
		d	42,80	44,50	39,30	38,50	40,80
		e	41,20	43,90	40,20	41,30	40,10
	Rata-rata		43,52	43,78	40,26	39,76	40,02
	Rata-rata T1		41,47				
	T2	a	33,50	36,10	35,20	35,20	35,50
		b	34,20	36,00	35,10	35,50	35,90
		c	33,50	36,20	35,60	34,90	36,30
		d	35,10	36,30	35,50	34,40	36,30
		e	35,30	36,60	35,60	35,10	36,40
	Rata-rata		34,32	36,24	35,40	35,02	36,08
	Rata-rata T2		35,41				
BIII	T1	a	43,60	43,20	41,20	41,10	41,00
		b	44,60	45,90	42,00	39,70	40,60
		c	43,00	48,30	42,70	42,20	36,30
		d	43,80	45,50	40,40	40,30	40,70
		e	42,90	44,10	40,60	43,30	39,90
	Rata-rata		43,58	45,40	41,38	41,32	39,70
	Rata-rata T1		42,28				

Lanjutan Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako

Variasi Batako	Suhu (°C)	Titik	Waktu Pembacaan Suhu				
			11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
	T2	a	34,10	36,50	34,60	36,20	35,20
		b	33,80	35,90	35,00	36,40	35,50
		c	33,60	35,90	34,70	35,60	35,10
		d	34,30	36,10	35,10	35,50	35,20
		e	34,40	36,50	35,00	35,70	35,50
	Rata-rata		34,04	36,18	34,88	35,88	35,30
	Rata-rata T2		35,26				
BIV	T1	a	39,90	44,10	40,40	39,90	39,10
		b	42,00	43,90	43,20	40,60	41,20
		c	40,70	44,70	43,30	40,70	41,40
		d	41,30	44,20	42,70	40,10	40,70
		e	41,40	44,10	42,80	41,90	38,60
	Rata-rata		41,06	44,20	42,48	40,64	40,20
	Rata-rata T1		41,72				
	T2	a	33,70	35,20	35,10	34,80	35,10
		b	33,00	35,90	35,70	35,20	35,80
		c	33,10	36,70	35,70	34,30	35,70
		d	33,10	34,10	35,20	36,10	35,70
		e	34,30	35,50	35,40	36,20	35,40
	Rata-rata		33,44	35,48	35,42	35,32	35,54
	Rata-rata T2		35,04				

Dari hasil tersebut dapat diolah menggunakan Persamaan 3.4 yang telah dijelaskan pada bab landasan teori. Adapun contoh perhitungannya menggunakan data pembacaan suhu pada batako tongkol jagung variasi AI yang dapat dilihat di bawah ini.

T1 = 41,50 °C

T2 = 36,92 °C

ΔT = T1 – T2

= 41,50 – 36,92

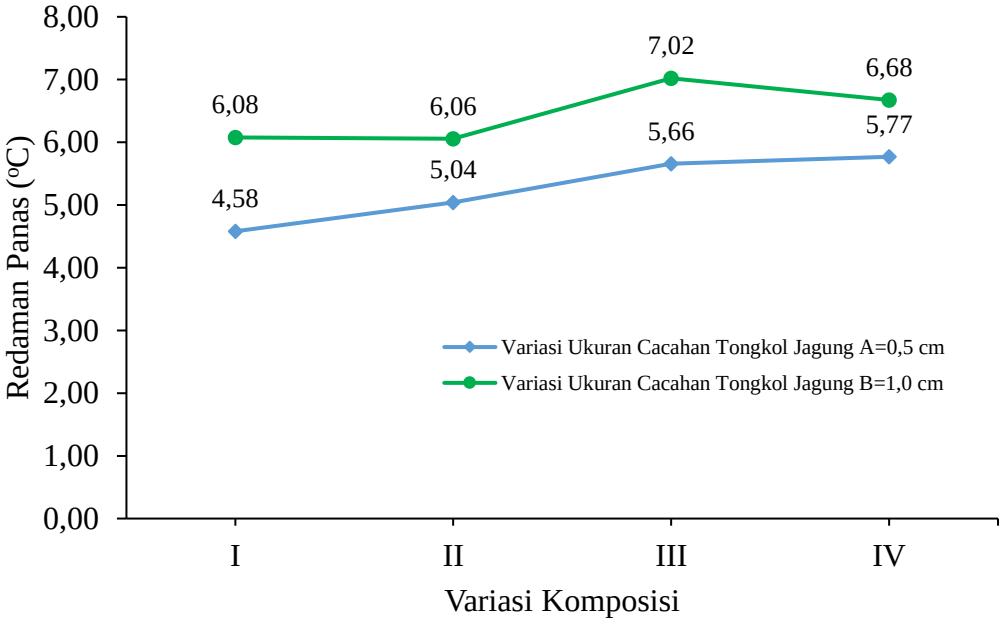
= 4,58 °C

Untuk perhitungan pada variasi lainnya dapat menggunakan cara yang sama seperti perhitungan di atas, sehingga mendapatkan hasil redaman panas dari setiap variasi batako tongkol jagung yang direkap ke dalam Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Redaman Panas

Variasi Ukuran Cacahan	Variasi Komposisi	T1 (ºC)	T2 (ºC)	ΔT (ºC)
A (0,5 cm)	I	41,50	36,92	4,58
	II	41,27	36,23	5,04
	III	41,63	35,97	5,66
	IV	40,82	35,05	5,77
B (1,0 cm)	I	41,81	35,73	6,08
	II	41,47	35,41	6,06
	III	42,28	35,26	7,02
	IV	41,72	35,04	6,68

Dari hasil pengujian redaman panas yang telah diperoleh, juga ditampilkan grafik perbandingan antara batako tongkol jagung yang menggunakan ukuran cacahan A=0,5 cm dengan ukuran cacahan B=1,0 cm sebagai berikut.



Gambar 5.5 Grafik Redaman Panas Batako

Berdasarkan hasil pengujian redaman panas batako di atas, terlihat bahwa variasi ukuran cacahan tongkol jagung B lebih tinggi dibandingkan dengan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A. Nilai redaman panas tertinggi yang dimiliki oleh variasi ukuran cacahan B terdapat pada variasi komposisi III dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 3 yaitu 7,02 ^{o}C, sedangkan nilai tertinggi yang dimiliki oleh variasi ukuran cacahan tongkol jagung A terdapat pada variasi komposisi IV dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 4 yaitu sebesar 5,77 ^{o}C. Namun, bentuk grafik redaman panas pada variasi ukuran cacahan B memiliki bentuk yang tidak konsisten karena nilai yang diperoleh tidak meningkat seiring bertambahnya komposisi tongkol jagung. Hal itu mungkin saja disebabkan oleh retakan-retakan yang timbul pada saat proses pencetakan batako. Pada saat proses pemadatan membuat butiran tongkol jagung mengalami penyusutan ukuran, sehingga pada saat proses pemadatan selesai dan cetakan dilepas terjadi upaya dari butiran tongkol jagung untuk kembali ke ukuran semula. Upaya tersebut yang menjadi penyebab timbulnya retakan pada permukaan batako, sehingga retakan tersebut dapat menghambat penghantaran panas pada tubuh batako. Selain itu, bisa saja disebabkan oleh cara pengukuran suhu yang belum akurat. Untuk mengukur suhu yang akurat pada 1 titik batako memerlukan waktu berkisar 3 menit. Sedangkan dalam 1 buah batako terdapat 5 titik (a, b, c, d, dan e), maka untuk mengukur 1 buah batako memerlukan waktu 15 menit dan untuk mengukur 8 batako memerlukan waktu 2 jam. Padahal data pengukuran suhu yang ingin diperoleh per 30 menit dari masing-masing variasi batako. Oleh sebab itu, saya melakukan pengukuran suhu di saat suhu batako naik per 0,1 ^{o}C. Maksudnya adalah saya tetap menunggu di saat suhu batako naik per 0,3 ^{o}C atau 0,2 ^{o}C kemudian di saat suhu batako mulai naik per 0,1 ^{o}C, maka di situlah saya mencatat data suhunya. Dari cara pengukuran tersebut mungkin saja tidak memberikan data yang akurat sehingga berdampak pada grafik hasil yang tidak konsisten.

5.7 Perhitungan Biaya Produksi

Perhitungan pada kali ini akan mencari harga pokok produksi dan kelayakan ekonomi dengan menghitung *Break Even Point* (BEP). Angka-angka yang

digunakan dalam perhitungan ini merupakan angka yang diperoleh dari survey di kawasan Sleman, wawancara dengan pekerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapai UII, dan dari penelitian sebelumnya. Berkut ini adalah detail uraian perhitungan biaya produksi untuk batako tongkol jagung variasi AI dengan perbandingan komposisi 1 : 2 : 1.

1. Perhitungan biaya alat

   a. Alat utama

   Mixer machine = Rp80.000.000,00

   Press machine = Rp20.000.000,00

   Umur alat = 16 tahun

   Nilai sisa alat = Rp10.000.000,00

   Jumlah hari kerja = 311 hari per tahun

   Penyusutan $= \frac{\text{Harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$

   $= \frac{\text{Rp100.000.000,00} - \text{Rp10.000.000,00}}{16 \times 311}$

   = Rp18.086,82 per hari

   b. Papan alas

   Produksi batako per hari = 130 papan

   Kebutuhan papan = 130 papan per hari

   Harga satuan papan = Rp56.000,00

   Harga total papan = Kebutuhan papan × Harga satuan

   = 130 × Rp56.000,00

   = Rp7.280.000,00

   Umur papan = 1 tahun

   Nilai sisa papan = Rp0,00

   Jumlah hari kerja = 311 hari

   Penyusutan $= \frac{\text{Harga total papan} - \text{Nilai sisa papan}}{\text{Umur papan} \times \text{Jumlah hari kerja}}$

   $= \frac{\text{Rp7.280.000,00} - \text{Rp0,00}}{1 \times 311}$

   = Rp23.408,36 per hari

c. Alat pendukung

Ayakan 5 mm (2 buah) = Rp30.000,00

Sekop (1 buah) = Rp50.000,00

Ember (3 buah) = Rp54.000,00

Cangkul (1 buah) = Rp70.000,00

Cetok (1 buah) = Rp40.000,00

Harga total alat = Rp244.000,00

Umur alat = 1 tahun

Nilai sisa alat = Rp0,00

Jumlah hari kerja = 311 hari

Penyusutan $= \frac{\text{Harga total alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$

$= \frac{\text{Rp244.000,00} - \text{Rp0,00}}{1 \times 311}$

= Rp784,57 per hari

d. Total Biaya alat = Alat utama + Papan alas + Alat pendukung

= Rp18.086,82 + Rp23.408,36 + Rp784,57

= Rp42.279,74 per hari

2. Perhitungan biaya material

a. Kebutuhan material per batako

Semen = 1,30 kg

Abu batu = 2,95 kg

Tongkol jagung = 0,16 kg

b. Kebutuhan semen

Produksi batako per hari = 1 papan dapat digunakan untuk mencetak 4 batako, maka kebutuhan papan x 4

= 130 × 4

= 520 batako

Kebutuhan per hari = Kebutuhan semen per batako × Produksi batako per hari

= 1,30 × 520

= 678,30 kg per hari

Harga semen per zak = Rp53.000,00

Berat semen per zak = 40 kg

Harga semen per kg $= \frac{\text{Harga semen per zak}}{\text{Berat semen per zak}}$

$= \frac{\text{Rp53.000,00}}{40}$

= Rp1.325,00 per kg

Biaya semen per hari = Kebutuhan semen per hari × Harga semen per kg

= 678,30 × Rp1.325,00

= Rp898.753,08 per hari

c. Kebutuhan abu batu

Produksi batako per hari = 520 batako

Berat abu batu per batako = 2,95 kg

Berat volume abu batu = 1.183,26 kg/m^3

Kebutuhan per batako $= \frac{\text{Berat abu batu per batako}}{\text{Berat volume abu batu}}$

$= \frac{2,95}{1.183,26}$

= 0,0025 m^3

Kebutuhan per hari = Kebutuhan per batako × Produksi batako per hari

= 0,0025 × 520

= 1,30 m^3

Harga abu batu per m^3 = Rp140.000,00

Biaya abu batu per hari = Kebutuhan abu batu per hari × Harga abu batu per m^3

= 1,30 × Rp140.000,00

= Rp181.345,71

d. Kebutuhan tongkol jagung 0,5 cm

Produksi batako per hari = 520 batako

Berat tongkol per batako = 0,16 kg

Kebutuhan per hari = Berat tongkol per batako × Produksi batako

per hari

= 0,16 × 520

= 83,18 kg

Harga tongkol per zak = Rp12.000,00 per zak (20 kg)

Harga tongkol per kg = $\frac{\text{Rp12.000,00}}{20}$

= Rp600,00 per kg

Biaya tongkol per hari = Kebutuhan per hari × Harga tongkol per kg

= 83,18 × Rp600,00

= Rp49.910,45 per hari

e. Total biaya material = Rp898.753,08 + Rp181.345,71 + Rp49.910,45

= Rp1.130.009,24 per hari

3. Perhitungan biaya upah tenaga kerja

a. Upah tenaga kerja

Upah pekerja = Rp2.100,00 per papan

Kebutuhan papan = 130 papan per hari

Total upah pekerja = Kebutuhan papan × Upah pekerja

= 130 × Rp2.100,00

= Rp273.000,00 per hari

b. Konsumsi

Jumlah pekerja = 2 orang

Biaya makan per pekerja = Rp30.000,00 per hari

Total biaya konsumsi = Jumlah pekerja × Biaya makan per pekerja

= 2 × Rp30.000,00

= Rp60.000,00 per hari

c. Tunjangan hari raya (THR)

Jumlah pekerja = 2 orang

THR per pekerja = Rp1.500.000,00

Jumlah hari kerja = 311 hari per tahun

Tabungan THR = $\frac{\text{Jumlah pekerja} \times \text{THR per pekerja}}{\text{Jumlah hari kerja}}$

$$= \frac{2 \times \text{Rp}1.500.000,00}{311}$$

= Rp9.646,30 per hari

d. Total biaya upah tenaga kerja = Rp273.000,00 + Rp60.000,00 + Rp9.646,30

= Rp342.646,30 per hari

4. Perhitungan biaya bangunan

Harga sewa bangunan = Rp60.000.000,00

Umur bangunan = 9 tahun

Nilai sisa bangunan = Rp0,00

Jumlah hari kerja = 311 hari per tahun

Penyusutan $= \frac{\text{Harga beli bangunan} - \text{Nilai sisa bangunan}}{\text{Umur bangunan x Jumlah hari kerja}}$

$= \frac{\text{Rp}60.000.000,00 - \text{Rp}0}{9 \text{ x } 311}$

= Rp21.436,23 per hari

5. Perhitungan biaya operasional

Jumlah hari kerja per bulan = 26 hari

Biaya listrik dan air per bulan = Rp600.000,00

Biaya listrik dan air per hari $= \frac{\text{Biaya listrik dan air per bulan}}{\text{Jumlah hari kerja per bulan}}$

$= \frac{\text{Rp}600.000,00}{26}$

= Rp23.076,92 per hari

6. Perhitungan total pengeluaran per hari

a. Biaya alat = Rp42.279,74

b. Biaya material = Rp1.130.009,24

c. Biaya upah tenaga kerja = Rp342.646,30

d. Biaya bangunan = Rp21.436,23

e. Biaya operasional = Rp23.076,92

f. Total pengeluaran = Rp1.559.448,43 per hari

7. Perhitungan biaya pokok produksi

Produksi batako per hari = 520 batako

Total pengeluaran per hari = Rp1.559.448,43

HPP lapangan $= \frac{\text{Total pengeluaran per hari}}{\text{Produksi batako per hari}}$

$= \frac{\text{Rp1.559.448,43}}{520}$

= Rp2.998,94 per batako

PPN 12% = 12% × HPP lapangan

= 12% × Rp2.998,94

= Rp359,87 per batako

Harga dasar batako = HPP lapangan + PPN 12%

= Rp2.998,94 + Rp359,87

= Rp3.358,81 per batako

Margin perusahaan 20% = 20% × Harga dasar batako

= 20% × Rp3.358,81

= Rp671,76

Harga jual batako = Harga dasar batako + Margin perusahaan 20%

= Rp3.358,81 + Rp671,76

= Rp4.030,57 per batako

8. Perhitungan pemasukan per hari

Produksi batako per hari = 520 batako

Harga jual batako = Rp4.030,57 per batako

Total pemasukan per hari = Produksi batako per hari × Harga jual batako

= 520 × Rp4.030,57

= Rp2.095.898,70 per hari

9. Perhitungan keuntungan

Produksi batako per hari = 520 batako

Harga dasar batako = Rp3.358,81 per batako

Total pemasukan per hari = Rp2.095.898,70 per hari

Jumlah hari kerja per bulan = 26 hari

Jumlah hari kerja per tahun = 314 hari

Keuntungan per hari = Total pemasukan per hari - (Harga dasar

batako × Produksi batako per hari)

= Rp2.095.898,70 – (Rp3.358,81 × 520)

= Rp349.316,45

Keuntungan per bulan = Keuntungan per hari × Jumlah hari kerja per bulan

= Rp349.316,45 × 26

= Rp9.082.227,68

Keuntungan per tahun = Keuntungan per hari × Jumlah hari kerja per tahun

= Rp349.316,45× 314

= Rp108.637.415,72

10. Perhitungan *Break Even Point* (BEP)

a. Modal awal

Biaya alat (*mixer&press*) = Rp100.000.000,00

Biaya papan alas = Rp7.280.000,00

Biaya alat pendukung = Rp244.000,00

Biaya bangunan = Rp60.000.000,00

Total modal awal = Rp167.524.000,00

b. BEP

Modal awal = Rp167.524.000,00

Harga jual batako = Rp4.030,57

Harga dasar batako = Rp3.358,81

Perhitungan BEP $= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual batako} - \text{Harga dasar batako}}$

$= \frac{\text{Rp167.524.000,00}}{\text{Rp4.030,57} - \text{Rp3.358,81}}$

= 249.380 batako

BEP hari $= \frac{\text{BEP}}{\text{Produksi batako per hari}}$

$= \frac{249.380}{520}$

= 480 hari

BEP bulan $= \frac{\text{BEP hari}}{\text{Jumlah hari kerja per bulan}}$

$$= \frac{480}{26}$$

$$= 18{,}45 \text{ bulan}$$

$$\text{BEP per tahun} = \frac{\text{BEP bulan}}{\text{Jumlah bulan}}$$

$$= \frac{18{,}45}{12}$$

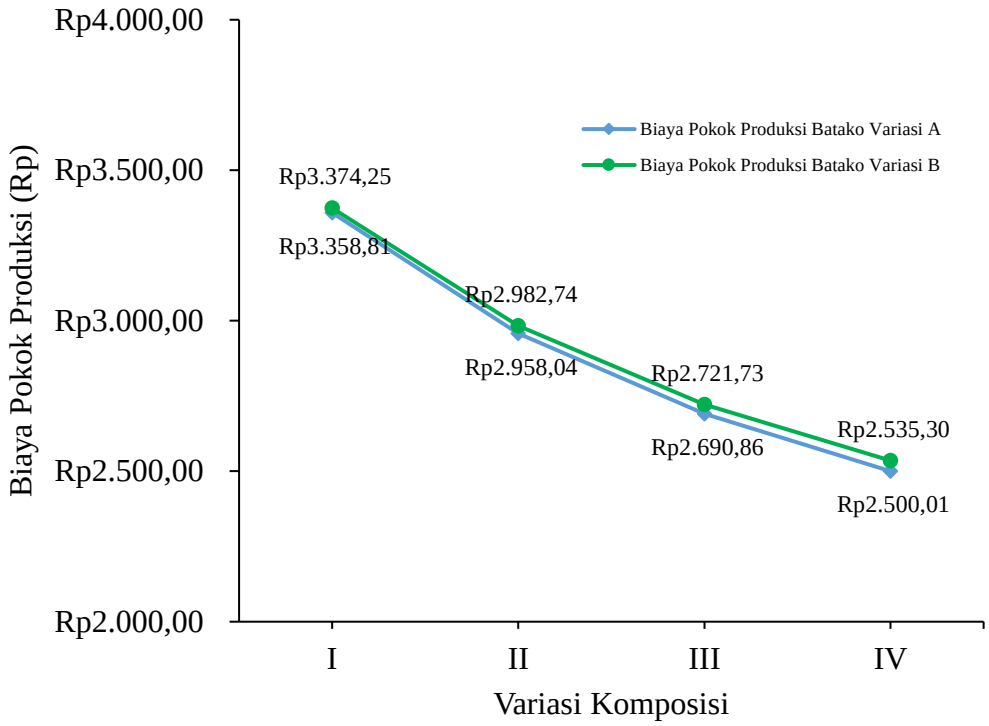
$$= 1{,}54 \text{ tahun}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti di atas terhadap variasi batako tongkol jagung lainnya, maka diperoleh hasil-hasil yang telah direkapitulasi ke dalam Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Biaya Produksi

Variasi Ukuran Cacahan Tongkol Jagung	Variasi Komposisi	Biaya Pokok Produksi	Harga Jual	BEP
A	I	Rp 3.358,81	Rp 4.030,57	1,54
	II	Rp 2.958,04	Rp 3.549,65	1,75
	III	Rp 2.690,86	Rp 3.229,03	1,92
	IV	Rp 2.500,01	Rp 3.000,01	2,07
B	I	Rp 3.374,25	Rp 4.049,10	1,53
	II	Rp 2.982,74	Rp 3.579,29	1,73
	III	Rp 2.721,73	Rp 3.266,08	1,90
	IV	Rp 2.535,30	Rp 3.042,36	2,04

Dari hasil perhitungan biaya produksi yang telah diperoleh, juga ditampilkan grafik biaya pokok produksi batako tongkol jagung yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.6 Grafik Biaya Pokok Produksi

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.6 di atas, terlihat bahwa variasi ukuran cacahan tongkol jagung memberikan sedikit pengaruh terhadap biaya pokok produksi dan harga jual. Variasi batako yang menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung 0,5 cm (A) selalu menghasilkan biaya pokok produksi yang lebih murah dibandingkan variasi batako yang menggunakan ukuran cacahan 1,0 cm (B). Hal itu dapat terjadi karena cacahan tongkol jagung variasi A (0,5 cm) memiliki berat volume yang lebih kecil dibandingkan cacahan tongkol jagung variasi B (1,0 cm). Jika dilihat dari perbedaan variasi komposisi, terlihat bahwa variasi komposisi I dengan perbandingan komposisi 1 : 2 : 1 memiliki biaya pokok produksi termahal yaitu AI sebesar Rp3.358,81 per batako dan BI sebesar Rp3.374,25 per batako atau lebih mahal Rp15,44 per batako. Sedangkan biaya pokok produksi termurah diperoleh pada variasi komposisi IV dengan perbandingan komposisi 1 : 2 : 4 yaitu AIV sebesar Rp2.500,01 per batako dan BIV sebesar Rp2.535,30 per batako atau lebih mahal Rp35,29 per batako. Apabila dibandingkan dengan harga jual batako berlubang di pasaran yaitu Rp3.200,00 per

batako, hanya batako variasi AIV dan BIV yang memiliki harga jual lebih murah dari batako di pasaran. Harga jual batako AIV yaitu Rp3.000,01 per batako sedangkan batako BIV yaitu Rp3.042,36 per batako.

5.8 Rekapitulasi Hasil Mutu dan Biaya

Seluruh pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan dari berat volume, kuat desak, penyerapan air, redaman panas, dan perhitungan biaya produksi akan direkapitulasi ke dalam tabel untuk mempermudah membandingkan mutu dan biaya dari masing-masing variasi. Adapun rekapitulasi mutu dan biaya dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Mutu dan Biaya

Variasi Batako	Berat Volume (kg/m^3)	Kuat Desak (kg/m^2)	Penyerapan Air (%)	Redaman Panas (^oC)	Harga Pokok Produksi Per Batako
AI	1.172,53	15,87	28,46	4,58	Rp 3.358,81
AII	959,51	8,53	34,33	5,04	Rp 2.958,04
AIII	886,2	6,16	35,82	5,66	Rp 2.690,86
AIV	796,73	3,96	40,70	5,77	Rp 2.500,01
BI	1.008,00	7,83	35,60	6,08	Rp 3.374,25
BII	940,15	6,29	36,03	6,06	Rp 2.982,74
BIII	809,99	4,05	44,07	7,02	Rp 2.721,73
BIV	739,38	3,70	47,52	6,68	Rp 2.535,30

Berdasarkan hasil yang telah direkapitulasi di Tabel 5.10 dapat dibandingkan kualitas batako dengan perbedaan ukuran cacahan tongkol jagung yang menggunakan cacahan ukuran A (0,5 cm) dengan ukuran B (1,0 cm). Pada pengujian berat volume diperoleh hasil yang lebih ringan pada batako yang menggunakan ukuran cacahan B (1,0 cm) di setiap variasi komposisi. Selanjutnya pada pengujian kuat desak dan penyerapan air diperoleh hasil yang lebih unggul pada batako yang menggunakan ukuran cacahan A (0,5 cm) di setiap variasi komposisi. Kemudian pada pengujian redaman panas diperoleh hasil yang lebih tinggi pada batako yang menggunakan ukuran cacahan B (1,0 cm) di setiap variasi

komposisi. Sedangkan pada perhitungan biaya pokok produksi diperoleh hasil yang lebih murah pada batako yang menggunakan ukuran cacahan A (0,5 cm) di setiap variasi komposisi.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan data pengujian dan pembahasan pada bab 5, membandingkan ukuran cacahan tongkol jagung antara 0,5 cm dengan 1,0 cm dapat memberikan pengaruh di setiap pengujian yang dilakukan. Namun, mutu yang diperoleh terutama kuat desak masih jauh untuk memenuhi standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan. Secara khusus diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai berat volume batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan tongkol jagung B (1,0 cm) selalu menghasilkan berat volume yang lebih ringan dibandingkan batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A (0,5 cm) di setiap masing-masing variasi komposisi batako. Namun, secara keseluruhan nilai berat volume telah memenuhi persyaratan SNI yaitu kurang dari 1.400 kg/m^3. Nilai berat volume paling berat diperoleh pada variasi batako AI dengan perbandingan komposisi 1 semen : 2 abu batu : 1 tongkol jagung yaitu sebesar 1.172,53 kg/m^3 sedangkan nilai berat volume paling ringan diperoleh pada variasi batako BIV dengan perbandingan komposisi 1 semen : 2 abu batu : 4 tongkol jagung yaitu sebesar 739,38 kg/m^3.
2. Nilai kuat desak yang diperoleh pada seluruh variasi batako tidak ada yang dapat memenuhi minimum persyaratan SNI 03-0349-1989 yaitu 20 kg/cm^2. Tetapi, apabila dilihat dari perbandingan kualitas ukuran cacahan tongkol jagung diperoleh hasil yang selalu lebih unggul pada batako variasi ukuran cacahan A (0,5 cm) di setiap masing-masing variasi komposisi. Kuat desak paling kuat diperoleh pada variasi batako AI dengan perbandingan komposisi 1 semen : 2 abu batu : 1 tongkol jagung yaitu sebesar 15,87 kg/cm^2 sedangkan nilai kuat desak paling lemah diperoleh pada batako BIV dengan perbandingan komposisi 1 semen : 2 abu batu : 4 tongkol jagung yaitu sebesar 3,70 kg/cm^2.

3. Hasil penyerapan air selalu lebih baik pada batako yang menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung variasi A (0,5 cm) daripada batako yang menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung variasi B (1,0 cm) di masing-masing variasi komposisi. Namun, dari keseluruhan batako hanya terdapat dua variasi batako yang memenuhi standar SNI yaitu variasi batako AI (cacahan 0,5 cm, komposisi 1 : 2 : 1) dengan hasil penyerapan air sebesar 28,46% dan variasi batako AII (cacahan 0,5 cm, komposisi 1 : 2 : 2) dengan hasil penyerapan air sebesar 34,33% yang keduanya masuk ke kelas mutu II yaitu tidak lebih dari 35%.
4. Nilai redaman panas pada variasi ukuran cacahan tongkol jagung B (1,0 cm) lebih tinggi dibandingkan dengan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A (0,5 cm). Nilai redaman panas tertinggi yang dimiliki oleh variasi ukuran cacahan B (1,0 cm) terdapat pada variasi komposisi III dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 3 yaitu 7,02 ^{o}C, sedangkan nilai tertinggi yang dimiliki oleh variasi ukuran cacahan tongkol jagung A (0,5 cm) terdapat pada variasi komposisi IV dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 4 yaitu sebesar 5,77 ^{o}C.
5. Untuk perhitungan biaya produksi memiliki selisih harga yang selalu lebih murah pada variasi batako yang menggunakan variasi ukuran cacahan tongkol jagung A (0,5 cm) dibandingkan dengan variasi ukuran cacahan B (1,0 cm) di setiap masing-masing variasi komposisi. Batako variasi AIV dengan perbandingan komposisi 1 : 2 : 4 memiliki biaya pokok produksi termurah yaitu Rp2.500,01 per batako, sedangkan BIV dengan komposisi yang sama memiliki biaya pokok produksi sebesar Rp2.535,30 per batako. Kemudian untuk variasi batako termahal diperoleh pada variasi AI dengan perbandingan komposisi 1 : 2 : 1 yaitu seharga Rp3.358,81 per batako dan BI dengan komposisi yang sama yaitu seharga Rp3.374,25 per batako.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, berikut adalah beberapa saran kepada peneliti yang ingin melakukan penelitian lanjutan tentang batako tongkol jagung agar dapat mengembangkan penelitian ini.

1. Jangan mengganti seluruh agregat (pasir) menggunakan cacahan tongkol jagung agar dapat memperbaiki mutu batako.
2. Gunakan ukuran cacahan tongkol jagung 0,5 cm karena dapat meningkatkan kuat desak batako dan memperkecil persentase penyerapan air dibandingkan menggunakan ukuran cacahan tongkol jagung 1,0 cm.
3. Menambah variasi batako konvensional (tanpa tongkol jagung) agar dapat dibandingkan dengan batako tongkol jagung.
4. Tambahkan limbah lain seperti *fly ash* pada campuran agar dapat mengurangi biaya produksi.

DAFTAR PUSTAKA

Arıöz, E., & Arıöz, O. 2018. *Ready Mixed Concrete Constituent Materials Plasticizing Chemical Admixtures and Effects On Fresh and Hardened Properties*. Anadolu University Journal of Science and Technology-A Applied Sciences and Engineering.

Departemen Pekerjaan Umun. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*.

Edhy, S. 2023. *Ketersediaan dan Stabilitas Pangan*. Badan Pangan Nasional.

Fadhila, A. N. 2022. *Investigasi Sifat-Sifat Fisik, Redaman Panas, dan Biaya Produksi Pada Batako dengan Bonggol Jagung sebagai Agregat*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Fahri, B. 2020. *Pemanfaatan dengan Cacahan Bonggol Jagung sebagai Bahan Susun Batako*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Felany, D. 2004. *Tinjauan Kuat Desak dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Penambahan Serat Tali Beneser*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Galuh, O. 2022. *Pengaruh Bonggol Jagung sebagai Agregat pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Ghifari, A. R. 2022. *Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas, Dan Biaya Produksi*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Herosonna, Z. L. F. 2017. *Perancangan Panel Dinding Ringan Berbahan Botol Plastik Metode Komposit Sandwich*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Koswara, J. 1991. *Budidaya Jagung*. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.

Mahardhika, D. H. 2023. *Pengaruh Penambahan Abu Batu Terhadap Karakteristik Teknis dan Ekonomi Batako*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Mulyadi. 2005. *Akutansi Biaya* (5th ed.). UPP STIM YKPN.

Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.

Nugroho, A. S. 2014. *Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jawa Tengah.

Peacock, S. 2017. *Effect of Ecosystem Literacy on Understanding the Impact of Human Population Growth on the Environment*.

Savitri, Z. A. 2024. *Pengaruh Variasi Fly Ash Terhadap Karakteristik Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi pada Batako Sekam Padi*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

SNI 03-0349-1989. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

SNI 03-3449-2002. 2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 209/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2024
Hal : **Permohonan Izin Peminjaman Laboratorium**

Kepada Yth:
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Sehubungan dengan Penelitian untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini kami bermaksud mengajukan permohonan bantuan bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama	:	**Sandi Asmoro Putro**
NIM	:	**18511140**
CP Mahasiswa	:	**082399517138**
Judul Tugas Akhir	:	**Pengaruh Ukuran Cacahan Tongkol Jagung Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi**

Melalui surat ini, kami mohon bantuan untuk dapat mengajukan permohonan izin peminjaman Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 19 Agustus 2024

Sek.Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

Dinia Anggraheni

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Setya Winarno

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 2 Proses Persiapan Material Campuran Batako



Gambar L-2.1 Mencari Tongkol Jagung



Gambar L-2.2 Mencacah Tongkol Jagung Menggunakan Mesin Cacah



Gambar L-2.3 Mengemas Cacahan Tongkol Jagung Menjadi Paket-paket Campuran



Gambar L-2.4 Menyaring Abu Batu Sekaligus Membuat Paket Campuran

Lampiran 3 Proses Pencetakan Batako



Gambar L-3.1 Membawa Paket-paket Campuran ke Tempat Pencetakan Batako



Gambar L-3.2 Pencampuran Campuran Batako Menggunakan *Mixer Machine*



Gambar L-3.3 Proses Pemadatan Campuran Batako



Gambar L-3.4 Batako Yang Telah Dicetak



Gambar L-3.5 Perawatan Batako

Lampiran 4 Proses Pengujian Batako



Gambar L-4.1 Penyortiran Batako Yang Akan Diuji



Gambar L-4.2 Pengujian Kuat Desak Batako



Gambar L-4.3 Proses Pemotongan Batako



Gambar L-4.4 Pengujian Penyerapan Air Batako



Gambar L-4.5 Pengujian Redaman Panas Batako

Lampiran 5 Perbandingan Penampakan Batako Tongkol Jagung



Gambar L-5.1 Variasi Batako AI



Gambar L-5.2 Variasi Batako BI



Gambar L-5.3 Variasi Batako AII



Gambar L-5.4 Variasi Batako BII



Gambar L-5.5 Variasi Batako AIII



Gambar L-5.6 Variasi Batako BIII



Gambar L-5.7 Variasi Batako AIV



Gambar L-5.8 Variasi Batako BIV