

TUGAS AKHIR

**INVESTIGASI SIFAT-SIFAT FISIK, REDAMAN
PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO
DENGAN BONGGOL JAGUNG SEBAGAI AGREGAT**

**(CHARACTERISTIC INVESTIGATION OF THE
PHYSICAL, HEAT ABSORPTION, AND
PRODUCTION COST OF CONCRETE BLOCK WITH
CORN HUSK AS AGGREGATES)**

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



**Annisa Noor Fadhila
18511235**

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

TUGAS AKHIR

INVESTIGASI SIFAT-SIFAT FISIK, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO DENGAN BONGGOL JAGUNG SEBAGAI AGREGAT

(CHARACTERISTIC INVESTIGATION OF THE PHYSICAL, HEAT ABSORPTION, AND PRODUCTION COST OF CONCRETE BLOCK WITH CORN HUSK AS AGGREGATES)

Disusun oleh

Annisa Noor Fadhila
18511235

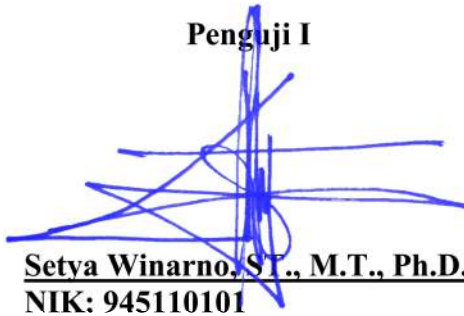
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 01 Agustus 2022


Oleh Dewan Penguji




Penguji I


Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 945110101

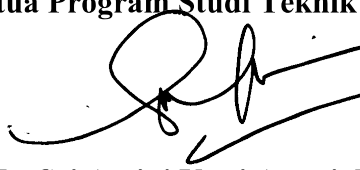
Penguji II


Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 005110101

Penguji III


Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 25 Juli 2022
Yang membuat pernyataan,



Annisa Noor Fadhila
(18511235)

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmannirrahiim.

Assalaamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Investigasi Sifat-Sifat Fisik, Redaman Panas, dan Biaya Produksi pada Batako dengan Bonggol Jagung sebagai Agregat" dengan maksimal. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penulisan Tugas Akhir ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang terlibat dan senantiasa memberi dukungan kepada saya selama proses penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir ini.

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan dorongan yang diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Penguji 2 dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Penguji 3 dalam Sidang Tugas Akhir.

5. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian.
6. Bapak Poniman, S.E. dan Ibu Ir. Titik Sumila selaku orang tua saya yang selalu tanpa lelah memberi doa, nasihat, dan semangat kepada saya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman satu penelitian yang telah membantu saya selama proses pembuatan dan pengujian batako.
8. Teman-teman Teknik Sipil 2018 lainnya yang juga ikut terlibat selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman Kompor Depan yang telah meluangkan waktu dan memberikan motivasi kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Saya menyadari Tugas Akhir saya ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalaamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 01 Agustus 2022
Penulis,



Annisa Noor Fadhila
(18511235)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.1.1 Beton Ringan Bonggol Jagung untuk Aplikasi Non-Struktural	7
2.1.2 Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung yang Ramah Lingkungan Sebagai Pengganti Sebagian Pasir dalam Beton	8
2.1.3 Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual	9
2.1.4 Pemanfaatan Cacahan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Susun Batako	10
2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan	10

BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Batako	15
3.2 Material Penyusun Batako	18
3.2.1 Semen Portland	19
3.2.2 Air	20
3.2.3 Bonggol jagung	20
3.2.4 Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggajian Batu	22
3.3 Pengujian Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan	23
3.3.1 Uji Kuat Desak	23
3.3.2 Uji Penyerapan Air	24
3.3.3 Uji Redaman Panas	24
3.3.4 Uji SEM	25
3.4 Harga Pokok Produksi	25
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Umum	29
4.2 Pelaksanaan Penelitian	29
4.2.1 Tahap Persiapan Penelitian	29
4.2.2 Perencanaan Komposisi	32
4.2.3 Pelaksanaan Penelitian	32
4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	38
4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi	38
4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium	38
4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Pokok Produksi	46
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
5.1 Tinjauan Umum	49
5.2 Hasil Penelitian Bahan	49
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran	54
5.4 Pengamatan Proses Produksi	55
5.5 Data Hasil Pengujian Sampel Batako	56
5.5.1 Pengujian Kuat Desak Batako	56
5.5.2 Pengujian Penyerapan Air Batako	60

5.5.3	Pengujian Redaman Panas Batako	64
5.5.4	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	68
5.6	Perhitungan Harga Pokok Produksi	71
5.7	Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu	79
5.8	Analisis Perbandingan	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		84
6.1	Kesimpulan	84
6.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Bonggol Jagung (b) Abu Bonggol Jagung	8
Gambar 3.1	Batako Beton Pejal	16
Gambar 3.2	Batako Beton Berlobang	16
Gambar 3.3	Bonggol Jagung yang Digunakan	21
Gambar 3.4	Abu Batu yang Digunakan	22
Gambar 3.5	Skema Uji Desak Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan	24
Gambar 4.1	Alat <i>Mixer Machine</i>	30
Gambar 4.2	Alat <i>Press Machine</i>	30
Gambar 4.3	Cetakan Batako Ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm	31
Gambar 4.4	Abu Batu yang Disaring dengan Ayakan	33
Gambar 4.5	Bahan Batako	33
Gambar 4.6	Penimbangan Komposisi Bahan Campuran Batako	34
Gambar 4.7	Pencampuran Bahan di dalam <i>Alat Mixer Machine</i>	35
Gambar 4.8	Bahan Batako yang Sudah Tercampur Rata	35
Gambar 4.9	Adonan Batako Segar yang Siap Dicetak	36
Gambar 4.10	Batako <i>Press</i> yang Utuh	37
Gambar 4.11	Penataan Batako Setelah Dicetak	38
Gambar 4.12	Pengukuran Dimensi Batako	40
Gambar 4.13	Pengukuran Berat Batako	40
Gambar 4.14	Batako Diletakkan pada Alat Desak	41
Gambar 4.15	Pemasangan Dial Pengukuran Penurunan	42
Gambar 4.16	Potongan Batako dalam 1 Sampel	43
Gambar 4.17	Perendaman Benda Uji	44
Gambar 4.18	Pengeringan Benda Uji di dalam Oven	44
Gambar 4.19	Batako Dijemur di bawah Sinar Matahari	45
Gambar 4.20	Titik Pemasangan Kabel Thermokopel	45
Gambar 4.21	Pengujian Redaman Panas	46

Gambar 4.22	Bagan Alir Penelitian	48
Gambar 5.1	Batako Pejal	50
Gambar 5.2	Volume Ember Ukur	51
Gambar 5.3	Kurva Kuat Tekan Batako dan Focon	59
Gambar 5.4	Kurva Penyerapan Air Batako	63
Gambar 5.5	Kurva Redaman Panas Batako	68
Gambar 5.6	Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 3 5000x	69
Gambar 5.7	Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 5 5000x	69
Gambar 5.8	Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 7 5000x	70
Gambar 5.9	Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 9 5000x	70
Gambar 5.10	Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 11 5000x	70
Gambar 5.11	Uji SEM Bata Ringan Focon 5000x	71
Gambar 5.12	Grafik Harga Pokok Produksi Batako	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3.1	Syarat-Syarat Fisik Bata Beton	17
Tabel 3.2	Ukuran Bata Beton	18
Tabel 3.3	Kandungan Kimia Bonggol Jagung	21
Tabel 4.1	Komposisi Bahan Susun Batako	32
Tabel 5.1	Berat Volume Bahan Batako Bonggol Jagung	49
Tabel 5.2	Berat Bahan Batako Bonggol Jagung	50
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan Berat Volume Batako	52
Tabel 5.4	Perbandingan Campuran pada Batako Bonggol Jagung	54
Tabel 5.5	Komposisi Campuran Batako Bonggol Jagung	55
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume	58
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Penyerapan Air	61
Tabel 5.8	Penggolongan Mutu Batako Bonggol Jagung	62
Tabel 5.9	Pembacaan Suhu Batako Bonggol Jagung dan Focon	65
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Redaman Panas Batako	67
Tabel 5.11	Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Bonggol Jagung dan Focon	80
Tabel 5.12	Hasil Perbandingan Penelitian Batako	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Penggunaan Laboratorium	90
Lampiran 2	Gambar Benda Uji	91
Lampiran 3	Pengujian Kuat Desak	92
Lampiran 4	Pengujian Penyerapan Air	94
Lampiran 5	Pengujian Redaman Panas	97
Lampiran 6	Pengujian SEM Perbesaran 350x	98
Lampiran 7	Pengujian SEM Perbesaran 1000x	101
Lampiran 8	Pengujian SEM Perbesaran 3000x	104
Lampiran 9	Pengujian SEM Perbesaran 5000x	107

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PC	= <i>Portland Cement</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
PUBI	= Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i> /Jenuh Kring Permukaan
MPa	= Megapascal
°C	= Derajat celcius
kN	= Kilonewton
kg	= Kilogram
kgf	= <i>Kilogram force</i>
gr	= Gram
cm	= Centimeter
m	= Meter
mm	= Milimeter
fas	= Faktor air semen
w	= <i>Watt</i>
mk	= Meter kelvin
AB	= Abu batu
BJ	= Bonggol jagung
σ	= Kuat desak (kg/cm^2)
P	= Beban maksimum (kg)
A	= Luas penampang (cm^2)
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>
BV	= Berat volume (gr/cm^3)
SHBJ	= Standar Harga Barang dan Jasa
ΔT	= Redaman panas ($^{\circ}\text{C}$)

ABSTRAK

Batako merupakan salah satu komponen konstruksi dinding yang terbuat dari campuran semen, pasir, agregat atau pasir kasar, dan air serta memiliki karakteristik sebagai material yang berat. Pengurangan berat material batako dapat dilakukan dengan memanfaatkan material-material sisa pertanian yang terbuang sebagai agregat yang ramah lingkungan. Salah satu material yang dapat digunakan yaitu bonggol jagung. Jumlah limbah bonggol jagung yang melimpah menunjukkan bahwa material tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agregat batako ringan untuk dipakai dalam produksi yang berskala besar.

Penelitian ini dimulai dengan pemeriksaan bahan, pembuatan sampel dan pengujian. Bahan susunnya meliputi semen, abu batu, dan bonggol jagung yang dicampur dalam berbagai variasi. Bentuk bonggol jagung yang dipakai adalah bonggol jagung dari hasil mesin pencacah dan memiliki ukuran atau diameter 1 cm-2 cm. Sesuai dengan SNI 03-0349-1989, pengujian yang dilakukan meliputi kuat desak, penyerapan air. Selain itu, akan dilakukan pengujian redaman panas serta dihitung harga pokok produksinya sehingga dapat dibandingkan dengan harga batako yang ada di pasaran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan bahan bonggol jagung dalam campuran batako dapat menurunkan kuat desak dan penyerapan air pada batako. Kuat desak rata-rata tertinggi batako bonggol jagung terdapat pada variasi campuran 1 semen : 1 abu batu : 3 bonggol jagung yaitu sebesar $9,17 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata sebesar $1224,75 \text{ kg/m}^3$, dan penyerapan air sebesar 15,25%. Nilai redaman panas terbaik pada batako bonggol jagung terdapat pada variasi campuran 1 : 1 : 11 dengan nilai redaman panas sebesar $5,04 \text{ }^\circ\text{C}$. Harga jual batako bonggol jagung yang optimal yaitu pada variasi campuran 1 : 1 : 3 didapatkan sebesar Rp5.420,-/buah yaitu lebih murah 12,23% dibandingkan batako konvensional di pasaran dan 50,73% lebih murah dibandingkan bata ringan Focon. Sebagai pembanding, bata ringan Focon memiliki kuat desak sebesar $33,90 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata sebesar 675 kg/m^3 , dan penyerapan air sebesar 34,08%. Nilai redaman panas pada bata ringan Focon yaitu sebesar $1,86 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan harga jual setelah dikonversi adalah sebesar Rp11.000/buah.

Kata kunci: batako, bonggol jagung, bata ringan

ABSTRACT

Concrete block is a component of wall construction made of a mixture of cement, sand, aggregate, and water and has the characteristics of being a heavy material. To reduce the weight of the block material, research was carried out by utilizing wasted materials, especially for environmentally friendly block materials. One of the materials that can be used is corn husks. The abundant amount of cornhusk waste indicates that the material can be used as block aggregate for use in large-scale production.

This research started with material inspection, sample making and testing. The ingredients include cement, stone ash, and corn husks which are mixed in various variations. The shape of the cornhusk used is the cornhusk from the chopping machine and has a size or diameter of 1 cm-2 cm. In accordance with SNI 03-0349-1989, the tests carried out include compressive strength, water absorption. In addition, a heat absorption test will be carried out and the cost of production will be calculated so that it can be compared with the price of concrete block on the market.

The results of this study indicate that the addition of corn husks in the concrete mix can reduce the compressive strength and water absorption of the blocks. The highest average compressive strength of corn husk blocks is found in the variation of a mixture of 1 cement : 1 stone ash : 3 corn husks which is 9.17 kg/cm², the average volume weight is 1224.75 kg/m³, and water absorption is 15,25%. The best heat absorption value in corn husk blocks is found in a mixture variation of 1: 1: 11 with a heat absorption value of 5.04 °C. The optimal selling price of corn husk blocks is at a mixed variation of 1: 1: 3, which is Rp5.420,-/piece, which is 12.23% cheaper than conventional bricks on the market and 50.73% cheaper than Focon lightweight blocks. For comparison, Focon lightweight brick has a compressive strength of 33.90 kg/cm², an average volume weight of 675 kg/m³, and a water absorption of 34.08%. The heat absorption value of Focon lightweight block is 1.86 °C with a selling price after conversion of Rp11.000/piece.

Keywords: concrete block, cornhusk, lightweight block

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Posisi geografis Indonesia terletak di daerah khatulistiwa sehingga memiliki iklim tropis dimana paparan sinar matahari terjadi sepanjang tahun. Sehubungan dengan itu, bangunan-bangunan di Indonesia perlu mempertimbangkan kenyamanan termal karena adanya paparan sinar matahari yang terus menerus tersebut. Salah satu komponen bangunan yang sering dipertimbangkan dalam aspek kenyamanan termal adalah material dinding.

Saat ini di Indonesia, material dinding yang sering dipakai adalah batako di samping material batu bata konvensional dan bata ringan. Batako merupakan salah satu komponen konstruksi dinding yang tahan lama dan terbuat dari campuran semen, pasir, agregat atau pasir kasar, dan air sehingga batako ini memiliki karakteristik sebagai material yang berat.

Untuk mengurangi berat material batako, beberapa penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan material-material sisa yang terbuang terutama untuk material beton atau batako yang ramah lingkungan. Beberapa contoh penelitian beton ramah lingkungan terbaru dengan menggunakan limbah pertanian untuk bahan susun batako dilakukan oleh Amali (2019) dan Fahri (2020). Amali (2019) menggunakan sekam padi sebagai agregat dalam pembuatan batakonya. Kuat tekan yang memenuhi standar SNI (kuat tekan minimum rata-rata untuk bata beton pejal yaitu 25 kg/cm^2) ialah batako variasi I dengan campuran 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi dengan kuat desak rata-rata sebesar $79,931 \text{ kg/cm}^2$. Namun, batako ini memiliki berat volume yang tinggi sebesar $1929,9 \text{ kg/m}^3$, atau setara dengan batako normal. Penelitian Fahri (2020) dilakukan dengan membuat batako pejal dengan menggunakan bonggol jagung sebagai agregat, yang menemukan bahwa komposisi campuran 1,5 semen : 1,5 abu batu : 6 bonggol jagung menghasilkan kuat desak terbaik yang memenuhi SNI dengan kuat desak rata-rata sebesar $59,79 \text{ kg/cm}^2$. Proses pencetakan batako ini dilakukan secara

manual, yang mana proses produksinya menjadi lama. Penelitian ini perlu dilanjutkan jika proses pencetakan batakonya dilakukan dengan mesin agar proses produksi menjadi lebih cepat.

Dalam penelitian yang dilakukan Pinto dkk pada tahun 2012, bonggol jagung dapat menjadi solusi agregat berkelanjutan untuk agregat pada beton ringan dan sebagai alternatif untuk material beton ringan yang umum diterapkan. Sebagai pembanding beton bonggol jagung, penelitian ini juga membuat pula beton ringan dengan agregat dari kerikil tanah liat buatan (*expanded clay*). Ukuran sampel yang digunakan berbentuk kubus dengan diameter 15 cm. Dari hasil pengujian didapat bahwa kuat tekan beton ringan dengan bonggol jagung sebagai agregat adalah sebesar 120 kN/m^2 (atau $1,22 \text{ kg/cm}^2$) lebih rendah dari beton ringan menggunakan *expanded clay*, yaitu sebesar 1360 kN/m^2 atau $13,87 \text{ kg/cm}^2$.

Pada penelitian yang lain, Memon dkk (2018) dalam penelitiannya menggunakan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam beton. Kuat desak yang dicapai pada 28 hari terdapat pada persentase abu bonggol jagung 10% yang dapat diterima untuk aplikasi di zona aktif seismik menurut kode bangunan tahan gempa Turki. Namun, kuat tekan tersebut menurun seiring dengan bertambahnya persentase abu bonggol jagung dalam campuran.

Dari hasil keempat penelitian di atas, penelitian Amali (2019) dan Fahri (2020) dilakukan pencetakan secara manual sehingga kecepatan produksi batakonya relatif kecil dan jumlah batako hasil produksinya per hari adalah relatif sedikit. Akan tetapi, penelitian Amali (2019) serta Fahri (2020) masih perlu dilanjutkan dengan proses pencetakan dengan mesin press agar jumlah batako yang diproduksi dapat berjumlah banyak dan dapat menjadi inisiasi dalam upaya bisnis batako.

Berdasarkan Data Kementerian Pertanian, produksi jagung di Indonesia mencapai 32,65 juta ton pipil kering pada tahun 2021 (<https://databoks.katadata.co.id/>) yang berarti akan menghasilkan sekitar 9,79 juta ton bonggol jagung (atau sekitar 30% dari produksi jagung). Jumlah bonggol jagung yang melimpah ini menunjukkan fakta bahwa pemanfaatan bonggol jagung sebagai agregat batako untuk dipakai dalam produksi yang berskala besar

dapat menjadi tantangan baru bagi pelaku konstruksi. Penelitian Fahri (2020) perlu dilanjutkan tentang batako dengan agregat bonggol jagung yang proses produksinya menggunakan mesin press. Batako dengan bonggol jagung sebagai agregat harus dikaji sesuai dengan standar teknis sesuai SNI Nomor 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Batako dengan agregat bonggol jagung akan membuat batako menjadi lebih ringan karena banyaknya porositas di dalam limbah pertanian dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap beratnya. Selain itu, batako dengan material yang lebih ringan dapat mengurangi beban gempa secara signifikan (Winarno, 2019).

Selain dikaitkan dengan metode pencetakan dengan mesin press, batako bonggol jagung juga perlu dikaji terhadap redaman panas, karena wilayah Indonesia terletak di wilayah katulistiwa dan beriklim tropis yang mana paparan sinar matahari selalu berlangsung sepanjang tahun. Redaman panas perlu dikaji lebih mendalam karena ada rongga-rongga udara dalam bonggol jagung sehingga hal ini ditengarai dapat meningkatkan kinerja kenyamanan termal pada struktur dinding.

Sebagai pembanding batako bonggol jagung, akan dikaji pula bata ringan yang banyak dipakai oleh masyarakat umum. Saat ini, banyak dijual bata ringan berwarna putih yang menggantikan bata merah dan batako konvensional. Pada Penelitian ini digunakan bata ringan merek Focon yang beredar di kawasan Degolan, Sleman. Hasil survei awal bata ringan merek Focon berdasarkan brosur yang ada mengatakan bahwa bata ringan merek Focon memiliki berat volume yang cukup ringan yaitu sekitar $550\text{-}650\text{ kg/m}^3$ dibandingkan dengan batako konvensional dengan berat volume sekitar 2000 kg/m^3 . Nilai konduktivitas panas adalah sekitar $0,14\text{ w/mk}$. Harga bata ringan mencapai Rp12.500,- per buah dengan ukuran $10\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 60\text{ cm}$, atau Rp750.000,- per m^3 . Bentuk bata ringan memiliki dimensi dengan presisi yang tinggi, sehingga pada saat pemasangan, antar bata ringan cukup direkatkan dengan mortar atau lem khusus, dengan ketebalan $3\text{ mm} - 5\text{ mm}$.

Dilihat dari penjelasan yang telah diuraikan di atas, batako bonggol jagung dapat dibuat lebih presisi dengan dicetak menggunakan mesin press dan

diharapkan bisa bersaing dengan bata ringan. Penelitian tentang batako dengan agregat bonggol jagung merupakan sebuah tantangan baru dengan merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya. Sifat presisi, aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman panas perlu diuji dan dibandingkan pada kedua material dinding tersebut, yaitu material batako bonggol jagung dan bata ringan yang ada di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana komposisi bonggol jagung yang optimal sebagai agregat dalam pembuatan batako yang memenuhi aspek teknis?
2. Bagaimana nilai redaman panas pada batako bonggol jagung?
3. Bagaimana hubungan antara aspek-aspek teknis dan redaman panas pada batako bonggol jagung?
4. Bagaimana harga pokok produksi batako bonggol jagung yang optimal dengan penggunaan bonggol jagung sebagai agregat?
5. Bagaimana nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan merek Focon yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi bonggol jagung yang optimal sebagai agregat dalam pembuatan batako yang memenuhi aspek teknis.
2. Mengetahui nilai redaman panas pada batako bonggol jagung.
3. Mengetahui hubungan antara aspek-aspek teknis dan redaman panas pada batako bonggol jagung.
4. Mengetahui harga pokok produksi batako bonggol jagung yang optimal dengan penggunaan bonggol jagung sebagai agregat.
5. Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan merek Focon yang ada di pasaran.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengujian ini menggunakan cetakan batako tipe pejal dengan ukuran dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm.
2. Proses pencetakannya dilakukan dengan mesin press dan batako segar dicetak dalam posisi tidur.
3. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas.
4. Perhitungan biaya produksi batako bonggol jagung menggunakan data-data survey di wilayah Sleman.
5. Bata ringan yang dipakai sebagai pembanding adalah bata ringan merek Focon yang diproduksi oleh PT Focon Indonesia. Bata ringan ini banyak ditemukan di dekat Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, yaitu di Toko Bangunan Dadi Makmur yang berada di kawasan Degolan, Sleman.
6. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*), merek Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
7. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII, sedangkan pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
8. Orientasi penelitian diasumsikan untuk kelayakan sebuah investasi usaha batako.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberi beberapa kemanfaatan, antara lain:

1. Pemilik toko bangunan, konsultan, dan kontraktor dapat memberikan variasi material dinding berupa batako bonggol jagung untuk pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur yang lain.
2. Dalam skala yang lebih luas, bangunan menjadi lebih ringan dapat mendukung konsep rumah tahan bencana gempa bagi perencanaan bangunan.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Jl. Kaliurang Km 15 Sleman, Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa referensi. Referensi yang digunakan untuk penelitian ini merupakan penelitian terdahulu yang sejenis atau hampir sama dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut ialah penelitian terdahulu yang dijadikan referensi oleh peneliti.

2.1.1 Beton Ringan Bonggol Jagung untuk Aplikasi Non-Struktural

Pinto dkk (2012) telah meneliti beton ringan menggunakan bonggol jagung (tanpa jagung) sebagai agregat. Beton bonggol jagung ringan dalam penelitian ini dirancang untuk digunakan terutama pada regularisasi lapisan trotoar. Beberapa persyaratan yang diharapkan dari bangunan lapisan regularisasi adalah: ringan, kapasitas insulasi (termal dan/atau akustik), dan daya tahan serta ekonomis. Untuk mengevaluasi kinerja yang diharapkan, maka beton bonggol jagung dibandingkan dengan beton ringan konvensional menggunakan *expanded clay* yang dikembangkan dan diuji.

Berdasarkan hasil uji tekan yang dilakukan, didapatkan nilai rata-rata kuat tekan bonggol jagung dengan variasi campuran 6 bonggol jagung : 1 Semen Portland : 1 air sebesar 120 kN/m^2 yang mana lebih rendah dari kuat tekan beton dari *expanded clay* dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 1360 kN/m^2 . Hal ini dapat disebabkan karena sampel beton bonggol jagung belum sepenuhnya kering pada umur 28 hari sehingga granulometri partikel bonggol jagung mungkin memerlukan perbaikan dalam hal kisaran dimensi dan proporsi berat, serta rasio. Pada pengujian massa jenis dan sifat kinerja termal beton bonggol jagung sudah sesuai dengan sifat material masing-masing dari beton *expanded clay*. Maka dari itu, beton bonggol jagung ini mungkin cocok untuk tujuan aplikasi non-struktural.

2.1.2 Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung yang Ramah Lingkungan Sebagai Pengganti Sebagian Pasir dalam Beton

Memon dkk (2019) telah meneliti beton ramah lingkungan yang memanfaatkan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian pasir dalam beton. Abu bonggol jagung yang digunakan diperoleh dengan cara pembakaran terbuka dengan bonggol jagung berukuran 25-75 mm yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 (a) Bonggol Jagung (b) Abu Bonggol Jagung

(Memon, 2019)

Substitusi parsial pasir dengan abu tongkol jagung didasarkan pada volume dengan tingkat penggantian 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Jumlah semen dan agregat kasar ditetapkan, sementara rasio air terhadap semen dipertahankan 0,45. Beton dicetak dalam cetakan kubus dengan dimensi 150 mm x 150 mm x 150 mm untuk menentukan kuat tekan, densitas, penyerapan air, dan kecepatan *ultrasonic pulse*.

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa kuat tekan beton menurun dengan meningkatnya persentase abu bonggol jagung dalam campuran, sedangkan kuat tekan meningkat dengan bertambahnya umur pengujian. Penurunan kekuatan terjadi karena terkait dengan ketersediaan kadar air bebas awal yang tinggi serta karena sifat mekanik yang lebih lemah. Kuat tekan yang dicapai pada 28 hari terdapat pada persentase abu bonggol jagung 10% yang dapat diterima untuk aplikasi di zona aktif seismik menurut kode bangunan tahan gempa Turki. Berat jenis beton menurun dengan meningkatnya persentase abu bonggol jagung, sedangkan penyerapan air beton meningkat dengan

meningkatnya persentase abu bonggol jagung karena sifat abu bonggol jagung yang berpori sehingga menyebabkan tersedianya kadar air bebas yang tinggi dalam campuran. Pemanfaatan abu bonggol jagung memberikan solusi ramah lingkungan untuk masalah pembuangan abu, namun sebaliknya dapat menciptakan polusi udara dan mungkin memiliki dampak serius pada kesehatan manusia. Meskipun begitu, manfaat penggunaan abu bonggol jagung sebagai agregat halus dalam beton telah diverifikasi.

2.1.3 Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual

Penelitian Amali (2019) melanjutkan penelitian Hesti (2014) dan Winarno (2019) membuat batako sekam padi dengan menambahkan lapisan adukan pasir semen pada sisi-sisi batako yang rapuh agar tidak mudah cacat. Pada penelitian ini batako dicetak dengan posisi tidur dan dilakukan secara manual tidak dengan menggunakan mesin dengan cara ditusuk-tusuk untuk proses pematatannya. Proses percetakan ini akan menjamin campuran batako segar tetap homogen dan dapat diproduksi dengan baik, presisi dan tanpa cacat. Namun, proses ini hanya mampu mencetak 60 buah batako setiap hari dengan 2 orang bekerja.

Dalam penelitian ini didapatkan campuran terbaik untuk batako pejal konvensional adalah batako variasi I dengan perbandingan campuran 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi karena memiliki kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 79,472 kg/cm² yang masuk dalam kategori mutu kelas II sesuai standar SNI 03-0349- 1989. Variasi lainnya yang memenuhi nilai kuat tekan adalah variasi II, III, IV dan V dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 51,120 kg/cm², 35,637 kg/cm², 26,342 kg/cm², dan 25,240 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi sekam padi, maka semakin rendah pula nilai kuat tekannya. Penelitian ini juga menganalisis harga pokok produksi batako yang didapatkan bahwa harga batako hasil penelitian lebih mahal 1,88% dari harga di pasaran. Faktor utama dari harga yang mahal ini terdapat pada jumlah produksi batako yang hanya mencapai 60 buah per hari yang dikerjakan dengan 2 orang pekerja sehingga dinyatakan tidak layak secara ekonomi.

2.1.4 Pemanfaatan Cacahan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Susun Batako

Fahri (2020) telah meneliti batako dengan pemanfaatan bonggol jagung tanpa dibakar sebagai agregat. Bonggol jagung yang digunakan dicacah terlebih dahulu menjadi serpihan berdiameter 1-2 cm. Kemudian bonggol jagung tersebut digiling di mesin giling manual yang menghasilkan ukuran abu bonggol jagung berukuran < 1 mm. Dalam penelitian ini, dibandingkan menggunakan pasir digunakan abu batu sebagai filler dalam pembuatan batako dikarenakan sifat abu batu yang mengikat dan bila terkena air semakin mengeras sedangkan sifat pasir yang terurai jika terkena air dapat mengakibatkan terjadinya penurunan pada batako.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapatkan nilai kuat desak tertinggi pada campuran bahan 1,5 semen : 1,5 abu batu : 6 bonggol jagung yaitu sebesar $59,79 \text{ kg/cm}^2$. Kuat desak dengan nilai tersebut memenuhi kriteria kuat desak rata-rata kategori mutu kelas III. Pada pengujian penyerapan air, batako variasi II dan batako variasi V yang memiliki komposisi campuran bahan semen : abu batu : bonggol jagung 1,5 : 1,5 : 7 dan 1,5 : 1,5 : 10 telah memenuhi syarat maksimum penyerapan air dengan kategori mutu II yang disyaratkan SNI. Hasil perhitungan perbandingan kelayakan harga batako menunjukkan bahwa batako hasil penelitian lebih mahal 158% dibandingkan harga batako di pasaran. Faktor utama yang menyebabkan harga batako hasil penelitian jauh lebih mahal karena produksi yang dilakukan secara manual dengan 2 orang pekerja hanya mencapai 60 buah per hari, sedangkan batako konvensional yang beredar di pasaran diproduksi dengan menggunakan mesin press mencapai 600 buah batako per hari dilakukan oleh 2 orang pekerja.

2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Pinto dkk, (2012)	Memon dkk, (2019)	Amali (2019)	Fahri, (2020)
Judul	<i>Corn cob lightweight concrete for non-structural applications</i>	<i>Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete</i>	Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual	Pemanfaatan Dengan Cacahan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Susun Batako
Tujuan Penelitian	Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menganalisis potensi penggunaan granulasi bonggol jagung (tanpa mengandung jagung, yaitu limbah pertanian) sebagai solusi agregat berkelanjutan dari beton ringan dan sebagai alternatif untuk produk	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan abu bonggol jagung dengan 0, 5, 10, 15, dan 20% sebagai agregat halus dalam beton. Beton abu bonggol jagung akan diuji kemerosotan, susut, dan densitasnya saat dalam keadaan	Penelitian ini bertujuan untuk menguji sifat-sifat fisik dan mekanis batako sekam padi dan penelitian ini juga akan menganalisis harga batako sekam padi hasil penelitian yang kemudian akan dibandingkan dengan harga batako sejenis di	Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji sifat-sifat fisik dan mekanis batako, serta menganalisis harga dan berat batako dengan agregat bonggol jagung sebagai hasil penelitian yang kemudian akan dibandingkan dengan batako konvensional di

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Pinto dkk, (2012)	Memon dkk, (2019)	Amali (2019)	Fahri, (2020)
Tujuan Penelitian	yang umum diterapkan.	mengeras; diuji kuat tekan, daya serap air, kecepatan denyut ultrasonik, dan densitas hingga umur 90 hari.	pasaran.	pasaran.
Metode Pencetakan	Menggunakan cetakan manual.	Menggunakan cetakan manual.	Menggunakan cetakan manual (tanpa menggunakan mesin pencetak) dan dilakukan dalam posisi tidur.	Menggunakan mesin mixer dan cetakan manual (tanpa menggunakan mesin cetak), pencetakan batako dilakukan pada posisi tidur.
Bahan tambah	Bonggol jagung	Abu bonggol jagung	Sekam padi dan <i>filler</i> abu batu	Bonggol jagung dan <i>filler</i> abu batu

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Pinto dkk, (2012)	Memon dkk, (2019)	Amali (2019)	Fahri, (2020)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa beton bonggol jagung yang diproses dengan perbandingan 6 bonggol jagung:1 semen:1 air mungkin memiliki sifat material yang dapat diterima. Misalnya, densitas dan sifat kinerja termal sesuai dengan sifat material masing-masing dari beton <i>expanded clay</i> . Namun, beton bonggol jagung yang diteliti menunjukkan kekuatan	Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai slump dan susut meningkat sedangkan berat jenis beton segar menurun dengan meningkatnya persentase abu bonggol jagung. Kuat tekan, kecepatan <i>ultrasonic pulse</i> , dan kepadatan beton menurun dengan meningkatnya persentase abu bonggol jagung sedangkan nilai parameter ini meningkat dengan usia pengujian.	Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa batako segar yang dicetak dengan cara manual tanpa mesin memiliki kemudahan produksi, namun proses produksi ini hanya mampu mencetak 60 buah batako setiap hari dengan 2 orang pekerja. Pada pengujian campuran yang dibuat sampel kemudian di uji tekan,	Kuat desak batako yang memenuhi standar SNI adalah variasi I yang memiliki campuran bahan 1,5 semen : 1,5 abu batu : 6 bonggol jagung dengan kategori mutu kelas III dan variasi II dengan campuran bahan 1,5 semen : 1,5 abu batu : 7 bonggol jagung dengan kategori mutu kelas IV. Pada pengujian penyerapan air, Batako variasi II dan batako variasi V yang memiliki

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Pinto dkk, (2012)	Memon dkk, (2019)	Amali (2019)	Fahri, (2020)
Hasil Penelitian	tekan yang rendah jika dibandingkan dengan beton <i>expanded clay</i> . Meskipun demikian, beton bonggol jagung mungkin cocok untuk tujuan aplikasi non-struktural, seperti lapisan regularisasi perkerasan.	Nilai penyerapan air ditemukan menurun dengan usia pengujian. Pada umur 28 hari didapatkan kuat tekan beton dengan abu bonggol jagung 10% sebagai pengganti agregat halus sebesar 22 MPa. Hasil komposit menunjukkan bahwa abu bonggol jagung memiliki potensi pozzolan bila digunakan pada beton sebagai pengganti sebagian agregat halus.	campuran terbaik untuk batako pejal konvensional adalah batako variasi I dengan perbandingan campuran 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi. Sedangkan harga batako hasil penelitian lebih mahal 1,88% dari harga di pasaran, sehingga dapat dinyatakan tidak layak secara ekonomi.	komposisi campuran bahan semen : abu batu : bonggol jagung 1,5 : 1,5 : 7 dan 1,5 : 1,5 : 10 memenuhi syarat maksimum penyerapan air mutu II yang disyaratkan SNI. Sedangkan hasil perhitungan harga batako menunjukkan bahwa harga batako hasil penelitian dengan batako dipasaran lebih mahal 158%.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Bata beton atau yang bisanya dikenal dengan batako merupakan suatu jenis unsur bahan bangunan berbentuk bata yang dibentuk dari meterial utama yaitu pasir bercampur dengan semen dan air. Menurut SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding, *conblock (concrete block)* atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir, air, dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*) yang dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Batako lebih sering digunakan pada konstruksi dinding bangunan non-struktural. Batako yang baik adalah batako yang memiliki permukaan tegak lurus dan sama rata serta kuat tekan yang dimiliki bernilai tinggi. Batako sendiri dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bata beton pejal dan bata beton berlobang.

1. Bata Beton Pejal

Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75%, volume bata seluruhnya. Batako beton pejal dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Batako Beton Pejal

2. Bata Beton Berlobang

Bata beton berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan memiliki volume lubang lebih dari 25% volume batas seluruhnya. Batako beton berlobang dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Batako Beton Berlobang

Menurut Frick Heinse dan Koesmartadi (1999:97), pemakaian batako bila dibandingkan dengan batu bata merah terlihat penghematannya dalam beberapa segi sebagai berikut.

1. Per m² luas tembok lebih sedikit jumlah batako yang dibutuhkan, sehingga terdapat penghematan dari segi kuantitatif.

2. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan hingga mencapai 75%.
3. Berat tembok lebih ringan sampai 50% sehingga beban yang diterima pondasi juga dapat berkurang.
4. Jika kualitas batako yang dihasilkan baik, maka tembok tidak perlu diplester karena sudah cukup menarik.
5. Dapat dibuat dengan mudah dan dengan alat-alat atau mesin yang sederhana dan tidak perlu dibakar.

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

Tabel 3.1 Syarat-Syarat Fisik Bata Beton

Syarat fisis	Sa- tu- an.	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* ra- ta-rata min.	kg/ cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat-tekan bruto masing- masing ben- da uji min.	kg/ cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	—	—	25	35	—	—

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

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

satuan : mm

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekat lobang, minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	—	—
2. Berlobang.					
a. Kecil	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	200 ± 3	25	20

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, bata beton pejal dibedakan menjadi empat tingkatan mutu sebagai berikut.

1. Bata beton mutu I adalah beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
2. Bata beton mutu II adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi dibawah atap).
3. Bata beton mutu III adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya (dibawah atap).
4. Bata beton mutu IV adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi seperti penggunaan dalam mutu III tetapi selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (diplester dan di bawah atap).

3.2 Material Penyusun Batako

Berikut ini adalah material penyusun batako yang akan diuji pada penelitian ini.

3.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi bangunan. Menurut SNI 15-2049-2004, Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen *portland* adalah kapur (CaO), silika (SiO₃), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksidasi besi, sedangkan gypsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2003).

Berdasarkan tujuan pemakaiannya, semen *portland* berdasarkan PUBLI-1982 dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Jenis I, Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah, dan
5. Jenis V, Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Agar semen tetap memenuhi syarat meskipun disimpan dalam waktu lama, cara penyimpanan semen perlu diperhatikan. Beberapa cara penyimpanan semen

yang benar menurut Mulyono (2003) adalah semen akan tetap baik jika disimpan pada tempat yang kering, sedangkan penyimpanan di tempat yang lembab akan mengakibatkan penurunan kekuatan. Oleh karena itu, kelembaban ruang penyimpanan harus tetap dijaga. Selain itu, semen harus terbebas dari bahan kotoran dari luar dan tidak tercampur dengan bahan lain.

3.2.2 Air

Dalam pembuatan batako, air memiliki peran yang sangat penting. Ketika air dicampur dengan semen *portland*, maka akan terjadi reaksi kimia yang terkandung dalam semen *portland*. Reaksi kimia dengan air pada pembuatan batako ini disebut “hidrasi”. Hasil dari reaksi kimia ini menentukan bagaimana semen *portland* mengeras dan memperoleh kekuatan. Namun, air yang digunakan pada campuran batako memerlukan jumlah yang tertentu pula karena jumlah air yang berlebihan akan membuat kekuatan pada batako berkurang.

Penggunaan air pada pembuatan batako harus memenuhi persyaratan air sebagai campuran bahan bangunan. Air yang digunakan harus menggunakan air yang bersih dan tidak mengandung garam, minyak, asam, alkali, atau bahan lainnya yang tidak boleh digunakan karena akan menyebabkan penurunan kualitas pada batako.

3.2.3 Bonggol jagung

Bonggol jagung merupakan bagian jagung yang tersisa setelah jagung dikonsumsi. Bonggol jagung juga merupakan salah satu limbah pertanian di Indonesia yang produksinya cukup tinggi berkorelasi dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Jagung mengandung kurang lebih 30% bonggol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit (Koswara, 1991). Dari persentase tersebut, jumlah limbah bonggol jagung pada tahun 2021 dapat mencapai 9,79 juta ton. Unsur-unsur yang terkandung dalam bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia Bonggol Jagung

Komponen	% Berat
Selulosa	50%
Hemiselulosa	35%
Lignin	15%
Abu	1,5%
Air	9,4%

Bonggol jagung sudah populer sebagai limbah yang baik digunakan untuk bahan pakan ternak karena dapat melancarkan penyerapan nutrisi dalam pencernaan hewan. Selain diolah menjadi pakan ternak, limbah bonggol jagung juga biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pengganti kayu bakar karena dinilai ekonomis dan kebutuhan energi seperti minyak tanah atau gas dapat dikurangi. Akan tetapi, pemanfaatan bonggol jagung tersebut belum optimal dan belum dapat mengatasi permasalahan limbah bonggol jagung yang melimpah. Untuk memaksimalkan limbah bonggol jagung, sangat perlu untuk dicari alternatif inovasi teknologi yang lebih bermanfaat. Bonggol jagung yang digunakan pada penelitian ini adalah bonggol jagung yang telah dicacah menjadi ukuran 1-2 cm, dibersihkan, dan di angin-anginkan kemudian dicampurkan dengan bahan material pembuatan batako agar dapat digunakan sebagai material dinding bangunan. Bonggol jagung dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.

**Gambar 3.3 Bonggol Jagung yang Digunakan**

Penggunaan bonggol jagung mentah dan tanpa pembakaran dalam bahan batako atau beton jarang diteliti. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemanfaatan bonggol jagung sebagai campuran komposisi batako dimana diperoleh keuntungan dari segi ekonomis dan struktural bangunan. Secara struktural, penambahan bonggol jagung dalam campuran komposisi batako dapat mengurangi berat batako sehingga besarnya beban yang bekerja pada struktur mati bangunan dapat dikurangi. Dengan mengurangi beban mati struktur bangunan tersebut, maka beban yang harus dipikul oleh pondasi bangunan juga akan berkurang dan kebutuhan akan pondasi yang lebih besar dapat dihindari sehingga nilai RAB juga dapat diperkecil.

3.2.4 Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggergajian Batu

Filler atau bahan pengisi pada campuran batako bertujuan untuk mengisi rongga (pori) pada batako agar batako yang dihasilkan semakin padat dan dapat menambah kekuatan. Dalam penelitian ini, filler yang digunakan adalah abu batu hasil limbah penggergajian batu andesit yang banyak terdapat di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Abu Batu yang Digunakan

Penggunaan abu batu ini disebabkan sifat abu batu yang mengikat dan akan semakin mengeras bila terkena air. Belum banyaknya pemanfaatan material buangan seperti abu batu ini dapat selaras dengan isu lingkungan yang saat ini banyak menjadi tantangan bagi peneliti untuk memanfaatkannya. Filler dari abu

batu yang dipakai untuk membuat batako dapat membuat bonggol jagung menjadi lebih padat dan juga untuk menghemat penggunaan semen.

3.3 Pengujian Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan

Berikut ini adalah pengujian batako yang dilakukan pada penelitian ini.

3.3.1 Uji Kuat Desak

Kuat desak (*compressive strength*) beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu proporsi bahan penyusun, metode perancangan, perawatan, dan keadaan saat pengecoran dilaksanakan (Mulyono, 2003).

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

Pengujian kuat desak batako dimaksudkan untuk mengetahui kuat tekan batako dalam menahan gaya tekan dengan suatu luasan bidang tekan tertentu. Menurut SNI 03-0349-1989 mengenai metode pengujian kuat desak bata beton, nilai kuat desak bata beton dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.1 berikut ini.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

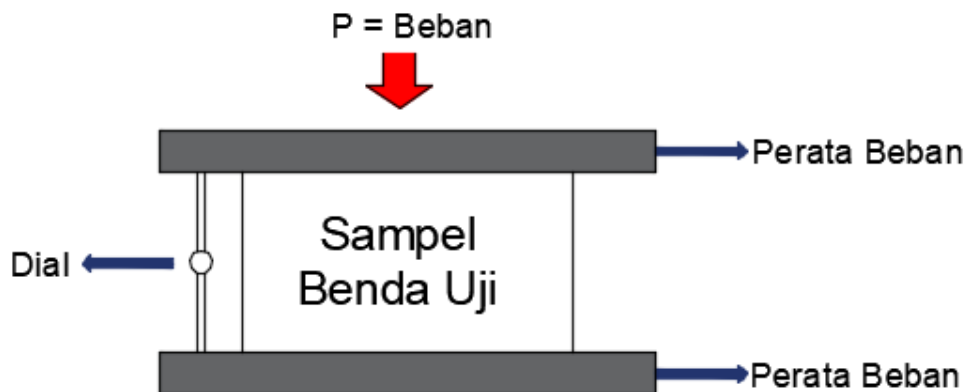
Keterangan :

σ = Kuat desak batako (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

Standar yang digunakan untuk memenuhi karakteristik kuat desak dan nilai porositas bata beton berdasarkan SNI 03-0349-1989. Skema pengujian kuat desak sampel batako dan bata ringan dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5 Skema Uji Desak Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan

3.3.2 Uji Penyerapan Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kadar air pada batako dalam kondisi keras. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam batako maka akan semakin besar pula penyerapan air sehingga ketahanannya akan berkurang. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-0349-1989 yang dirumuskan dalam Persamaan 3.2 berikut ini.

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{(A - B)}{B} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji dalam keadaan basah (gram)

B = Berat benda uji dalam keadaan kering oven (gram)

3.3.3 Uji Redaman Panas

Redaman panas atau insulasi panas adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas. Energi panas dapat mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang suhunya lebih rendah. Jumlah energi panas yang mengalir pada tiap bahan berbeda-beda, tergantung pada sifat material yang digunakan. Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator atau insulator (Wicaksono, 2017).

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bonggol jagung terhadap ketahanan panas pada batako. Redaman panas batako yang baik dapat dilihat dari angka penurunan suhunya. Semakin besar angka penurunan suhu maka batako semakin baik dalam menahan panas. Alat pengukuran yang digunakan pada pengujian ini adalah *thermocouple*. Pengujian redaman panas batako dilakukan dengan cara membandingkan temperatur pada batako bagian atas dan bagian bawah pada setiap variasi campurannya. Selanjutnya, hasil pengujian dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 3.3.

$$\text{Penurunan Suhu (}^{\circ}\text{C)} = T_1 - T_2 \quad (3.3)$$

Keterangan :

T_1 = Suhu batako terkena sinar matahari ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Suhu batako tidak terkena sinar matahari ($^{\circ}\text{C}$)

3.3.4 Uji SEM

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Topografi dan morfologi dapat diamati karena kedalaman area yang bisa mencapai orde puluhan mikrometer pada perbesaran 1000x dan orde mikrometer pada perbesaran 10000x (Sembiring, 2012).

Prinsip kerja SEM menggunakan prinsip *scanning*, yaitu dengan cara menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron dari titik ke titik pada objek. Gerakan dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca. Gerakan membaca ini disebut dengan *scanning*. Permukaan benda yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron sehingga detektor di dalam SEM akan mendeteksi elektron tersebut dan memberi informasi profil permukaan benda.

3.4 Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi sangat berpengaruh terhadap penetapan harga jual suatu produk, sekaligus penetapan keuntungan yang diinginkan. Perhitungan harga pokok produksi harus benar-benar diperhatikan, karena

kesalahan pada perhitungan dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan tersebut. Harga pokok produksi batako bonggol jagung akan mempengaruhi keuntungan dan kelayakan bersaing dengan batako atau produk sejenis yang beredar dipasaran.

Harga produksi adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh penghasilan (Mulyadi, 2007). Berdasarkan pengertian para ahli, biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk pada waktu tertentu terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya overhead pabrik. Terdapat beberapa unsur dari harga pokok produksi, yaitu sebagai berikut.

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku yaitu semua biaya yang dimasukkan langsung dalam perhitungan biaya produksi, seperti halnya biaya alat, biaya perawatan alat, biaya material, dan biaya papan alas.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung yaitu upah yang diperoleh oleh tenaga kerja yang melakukan pengolahan produk, baik menggunakan kemampuan fisik maupun dengan bantuan mesin yang dapat mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Misalnya, upah diberikan kepada pekerja perusahaan batako.

3. Biaya overhead pabrik

Biaya overhead pabrik bisa disebut dengan biaya tidak langsung. Maksud dari biaya tidak langsung adalah biaya yang mencakup semua biaya produksi, selain biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya overhead pabrik ditekankan pada istilah produksi, seperti biaya konsumsi, biaya THR, biaya pengiriman, dan keuntungan.

Mulyadi (2012) mendefinisikan manfaat dari harga pokok produksi sebagai berikut.

1. Sebagai penetapan harga jual produk

Harga pokok produksi sangat penting untuk diketahui oleh perusahaan, karena harga produksi dapat berpengaruh terhadap penentuan harga jual suatu produk.

2. Memantau realisasi biaya produksi

Manajemen memerlukan informasi biaya produksi yang sesungguhnya dikeluarkan dibandingkan dengan rencana produksi yang telah ditetapkan, oleh sebab itu harga pokok produksi dapat memantau apakah produksi mengkonsumsi total biaya produksi sesuai dengan yang diperhitungkan sebelumnya.

3. Sebagai dasar penetapan laba

Setelah perusahaan membuat perhitungan harga pokok produksi, maka perusahaan tersebut dapat menetapkan laba yang diharapkan. Laba tersebut akan mempengaruhi tingkat harga jual suatu produk.

4. Sebagai dasar penilaian efisiensi

Harga pokok produksi dapat dijadikan sebagai dasar pengontrol pemakaian bahan, upah, dan biaya tidak langsung. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menetapkan harga pokok standar terlebih dahulu, kemudian membandingkan dengan harga pokok aktual. Lalu diteliti apakah terdapat selisih pada perhitungan harga pokok tersebut. Jika terdapat selisih negatif, maka pelaksanaan proses produksi belum efisien dan perusahaan perlu mengetahui penyebabnya, sehingga kesalahan tersebut dapat dikoreksi lalu diperbaiki. Jika terdapat selisih positif, maka perlu ditelusuri lebih lanjut apakah karena perusahaan telah melaksanakan proses produksi secara efisien ataukah perhitungan harga pokok standar yang kurang tepat.

Dengan diketahuinya harga pokok produksi dan harga jual, maka dapat dianalisis kelayakan investasinya dengan menggunakan perhitungan nilai *Break Even Point* (BEP). BEP merupakan titik keseimbangan atau titik impas dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan. BEP memberikan petunjuk bahwa tingkat produksi telah menghasilkan pendapatan yang sama besarnya dengan biaya produksi yang dikeluarkan (Soeharto, 1997). Perhitungan nilai BEP

ditujukan untuk mengetahui berapa banyak batako pada titik BEP yang dihitung dari besarnya modal usaha dibagi dengan selisih harga jual dan harga pokok produksi yang disajikan pada Persamaan 3.4. Waktu BEP dapat dicari dengan membagi jumlah batako pada titik BEP dengan jumlah produksi batako per harinya.

$$\text{Jumlah batako pada titik BEP} = \frac{\text{Modal Awal}}{\text{Harga Jual} - \text{Harga Dasar}} \quad (3.4)$$

Manfaat BEP menurut Kasmir (2011) adalah sebagai berikut.

1. Mendesain spesifikasi produk.
2. Menentukan harga jual per satuan.
3. Menentukan jumlah penjualan minimal agar tidak mengalami kerugian.
4. Memaksimalkan jumlah produksi.
5. Merencanakan tujuan yang diinginkan dan tujuan yang lainnya.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian ialah langkah-langkah untuk melakukan penelitian terhadap suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII dan sampel di uji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Metode eksperimen ialah suatu penelitian untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam suatu kondisi yang terkontrol (Winarno, 2018). Dalam penelitian ini, terdapat variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas ialah penambahan bonggol jagung pada campuran batako tersebut, sedangkan variabel terikat ialah berupa kekuatan desak, serapan air, redaman panas, dan harga pokok produksinya.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

4.2.1 Tahap Persiapan Penelitian

Dalam penelitian ini perlu dipersiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan terlebih dahulu agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji sehingga dapat berjalan dengan lancar.

1. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Terpal yang digunakan sebagai alas dasar untuk mengeringkan bonggol jagung dan abu batu hingga kondisi jenuh dan kering permukaan (SSD).
- b. Saringan ukuran 2 mm untuk menyaring abu batu dari gumpalan-gumpalan.
- c. Sekop, berfungsi untuk meratakan bonggol jagung dan semen serta memindahkan abu batu dari satu tempat ke tempat lain.

- d. Ember digunakan sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
- e. Gelas ukur yang digunakan sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
- f. *Mixer Machine*, sebagai alat untuk mengaduk campuran. Alat *mixer machine* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Alat *Mixer Machine*

- g. *Press Machine*, sebagai alat untuk membuat batako press. Alat *press machine* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Alat *Press Machine*

- h. Cetakan batako dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm. Cetakan batako dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Cetakan Batako Ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm

- i. Minyak solar 1 liter untuk untuk melapisi cetakan batako agar batako yang selesai dicetak mudah dikeluarkan dari cetakannya dan tidak lengket.
- j. Papan kayu, ukuran 50 x 30 cm yang berfungsi sebagai media untuk alas batako segar yang telah dicetak dan kemudian dipindahkan ke tempat yang teduh.
- k. Kamera untuk medokumentasikan proses penelitian.
- l. Alat bantu: timbangan, cetok semen, kuas pembersih, kalkulator, penggaris, meteran, buku catatan, dan alat tulis.
2. Bahan-Bahan Penyusun
- Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :
- a. Semen: Semen Portland Tiga Roda
- b. Filler: Abu batu dari hasil limbah penggergajian batu andesit di sekitar Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman.
- c. Air: Air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.

- d. Bonggol jagung: Bonggol jagung dari areal persawahan Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman. Bonggol jagung sudah dicacah menjadi ukuran persegi sebesar 1-2 cm dengan mesin cacah.

4.2.2 Perencanaan Komposisi

Pembuatan bahan komposisi campuran batako diukur dalam satuan volume untuk memudahkan proses pencampuran. Digunakan lima (5) campuran dengan takaran komposisi masing-masing komponen yang berbeda.

Proses pencetakan dengan mesin press berpengetar ini sama dengan apa yang dilakukan pada penelitian Hesti (2014). Berikut komposisi campuran pada pembuatan batako bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 4.1. Benda uji yang digunakan dalam setiap variasi campuran masing-masing sebanyak delapan (8) buah, maka total sampel benda uji adalah sebanyak empat puluh (40) buah. Sebagai pembanding, terdapat 8 buah sampel bata ringan merek Focon yang akan diuji seperti uji batako bonggol jagung. Dari 8 benda uji batako pada setiap variasi, 5 batako diantaranya digunakan untuk pengujian kuat desak, 1 batako untuk pengujian penyerapan air, serta 1 batako untuk pengujian redaman panas.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako

Tipe	Komposisi dalam Volume			Jumlah Sampel
	PC	Filler	Bonggol Jagung	
I	1	1	3	8
II	1	1	5	8
III	1	1	7	8
IV	1	1	9	8
V	1	1	11	8

4.2.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini pembuatan dan perawatan benda uji untuk setiap pengujian. Langkah-langkah pembuatan batako dilakukan sebagai berikut.

1. Persiapan

- a. Pengambilan sampel bonggol jagung dan abu batu dari tempat asalnya.
- b. Bonggol jagung dan abu batu di angin-anginkan sehingga mencapai SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan menggunakan alas terpal.
- c. Abu batu disaring untuk menyingkirkan agregat yang berbentuk kerikil dengan ayakan 2 mm. Abu batu yang disaring dengan ayakan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Abu Batu yang Disaring dengan Ayakan

- d. Bonggol jagung dan abu batu yang sudah SSD diukur kadar airnya dan berat volumenya. Dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bahan Batako

- e. Mengukur berat volume semen.

2. Tahap Pencampuran Bahan Susun Batako
 - a. *Mixer Machine* dibersihkan dengan membasahi setiap sisi *Mixer Machine* menggunakan sedikit air agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi resapan air di sisi *Mixer Machine* yang mengakibatkan berkurangnya volume air pada bahan campuran.
 - b. Penimbangan terhadap komposisi bahan campuran seperti: bonggol jagung, abu batu, semen, dengan perbandingan volume yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Penimbangan komposisi bahan campuran dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Penimbangan Komposisi Bahan Campuran Batako

- c. Masukkan abu batu dan bonggol jagung bersamaan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam *Mixer Machine* sambil di aduk perlahan. Lalu masukkan semen perlahan lahan sampai semua bahan tercampur dengan rata dan homogen, kemudian tahap akhir ditambahkan air. Hasil campuran diuji dengan digenggam memakai telapak tangan untuk mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Penambahan air dihentikan jika campuran di dalam genggam tangan tidak pecah jika telapak tangan dibuka, atau sudah banyak air yang melekat di atas telapak tangan. Volume air yang

ditambahkan dicatat untuk menghitung fas nya. Pencampuran bahan di dalam alat *mixer machine* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pencampuran Bahan di dalam Alat *Mixer Machine*

- d. Proses pencampuran dilakukan hingga semua bahan yang dicampur dengan menggunakan *Mixer Machine* tercampur merata dan tampak homogen. Dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Bahan Batako yang Sudah Tercampur Rata

- e. Adonan batako segar yang sudah homogen dikeluarkan dari alat *mixer* dengan membuka penutup lubang bagian bawah, sehingga adonan batako

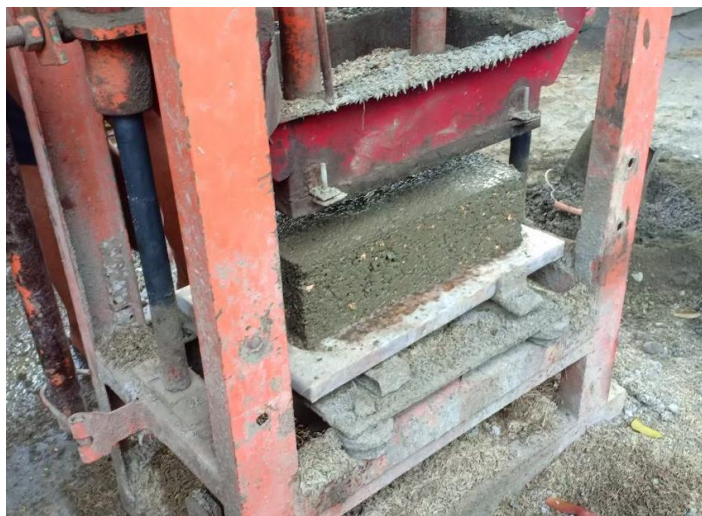
siap dicetak. Adonan batako segar yang siap dicetak dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Adonan Batako Segar yang Siap Dicitak

- f. Sebelum melakukan pencetakan, disiapkan adonan 1 semen dan 4 pasir untuk mengisi lapisan bagian atas batako agar permukaan batako menjadi rata dan rapi. Lapisan ini memiliki ketebalan 4-5 mm.
3. Tahap Pencetakan
 - a. Cetakan dilapisi minyak solar di bagian dalam agar batako tidak lengket ke cetakan dan mudah dilepaskan sehingga tidak terjadi cacat bentuk.
 - b. Cetakan batako yang dipakai adalah cetakan besi dan posisi batako pada saat dicetak ialah posisi tidur dengan tinggi batako yaitu 12 cm.
 - c. Papan kayu diletakkan sebagai alas cetakan besi di dalam mesin press berpenggetar. Papan kayu diberi lapisan yang tidak menyerap air, misalnya plastik tebal atau terpal.
 - d. Masukkan adonan batako bonggol jagung ke dalam cetakan sambil mesin digetarkan sekitar 10 detik agar adukan menjadi padat.
 - e. Penggetaran mesin tidak boleh terlalu lama, agar pasta semen (semen+filler+air) tidak bergerak atau mengalir ke bawah secara gravitasi sehingga mengisi lapisan bagian bawah.

- f. Berikutnya, campuran pasir+semen dihamparkan (tebal 4-5 mm) di bagian atas agar diperoleh permukaan atas batako yang rata dan rapi. Cetakan diisi penuh dan diratakan dengan kayu perata.
- g. Proses pengepresan dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako dan kemudian mesin digetarkan sekitar 10 detik.
- h. Setelah dipress, tuas beban dan cetakan diangkat bersamaan sehingga terbentuk batako press yang utuh dan tanpa cacat. Dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Batako Press yang Utuh

- i. Batako segar yang sudah dicetak segera diangkat beserta papan kayunya untuk dipindahkan dan ditata ke rak pengeringan di tempat yang teduh. Penataan batako setelah dicetak dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Penataan Batako Setelah Dicitak

- j. Keesokan harinya, batako yang sudah berumur 1 hari tersebut dilepaskan dari papan alasnya kemudian ditumpuk-tumpuk pada tempat yang teduh dan lembab sehingga proses hidrasi antara semen dan air dapat berlangsung dengan sempurna.

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi

Selama proses produksi, komposisi masing-masing bahan penyusun batako ditakar dengan teliti sebelum diaduk menjadi satu. Bahan penyusun terdiri dari semen, filler, bonggol jagung, dan air, serta hal-hal yang perlu dicatat seperti: berapa buah produksi batako per harinya, berapa volume bahan susun yang diperlukan untuk membuat satu unit batako, berapa lama waktu siklus dalam pembuatan batako mulai dari pencampuran, mengaduk, pencetakan, dan pemindahan ke tempat teduh.

4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian, yaitu pengujian bahan-bahan penyusunnya (kadar air, berat jenis, dan berat volume) dan pengujian sampel batako (penyerapan air, kekuatan desak, dan redaman panas).

1. Pengujian Bahan-Bahan Penyusun

Bahan-bahan penyusun ialah semen, filler (abu batu), dan bonggol jagung. Pengujian ini meliputi kadar air, berat jenis, dan berat volume. Pedoman pengujian mengikuti standar pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.

2. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji (*curing*) ini bertujuan agar permukaan beton segar selalu teduh dan lembab hingga beton dianggap cukup keras. Kelembaban dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Dalam penelitian ini benda uji hanya diteduhkan dan ditutup plastik agar lembab. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kelembaban batako bonggol jagung yang telah dicetak sampai dengan umur 1 bulan.

3. Pengujian Sampel Batako Bonggol jagung dan Bata Ringan

Sampel yang diuji adalah sampel batako bonggol jagung dan sampel bata ringan. Terdapat empat pengujian, yaitu berat volume sampel, kekuatan desak, serapan air, dan redaman panas. Pengujian ini dilakukan terhadap benda uji yang telah berumur 1 bulan atau lebih. Untuk pengujian kuat desak benda uji, dilakukan pengecekan agar batako tegak berdiri secara horizontal. Bila dirasa miring karena adanya semen yang tidak rata maka dilakukan perataan permukaan batako agar benda uji tegak horizontal lurus. Berikut terdapat empat pengujian pada batako bonggol jagung.

a. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan untuk masing-masing varian tipe batako sebanyak lima buah dengan menggunakan alat timbangan dan penggaris ukur panjang di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia.

Langkah-langkah pengujian berat volume adalah sebagai berikut.

- 1) Pemberian nama pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako kemudian batako ditimbang.
- 2) Pengukuran dimensinya yang meliputi panjang, tinggi, dan tebal. Pengukuran dimensi batako dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengukuran Dimensi Batako

- 3) Perhitungan volumenya berdasarkan dimensinya.
- 4) Benda uji diukur beratnya dengan timbangan. Pengukuran berat batako dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengukuran Berat Batako

- 5) Benda uji dihitung berat volumenya, dengan cara berat batako dibagi dengan volumenya.
- 6) Perhitungan rata-rata berat volume pada semua sampel.

b. Pengujian Kuat Desak

Pengujian kuat desak dilakukan untuk masing-masing varian campuran sebanyak lima buah dengan menggunakan alat uji desak di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia.

Langkah-langkah pengujian kuat desak adalah sebagai berikut :

- 1) Pemberian nama pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako.
- 2) Benda uji diletakkan pada alat desak. Dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Batako Diletakkan pada Alat Desak

- 3) Pemasangan dial pengukur penurunan selama pembebanan. Dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pemasangan Dial Pengukuran Penurunan

- 4) Pengaktifan mesin alat kuat desak dan pembebanan pada benda uji dimulai.
- 5) Pencatatan beban dan penurunan pada setiap interval pembebanan sebesar 100 kgf untuk sampel variasi 1 dan 25 kgf untuk sampel variasi 2 hingga variasi 5.
- 6) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap hingga sampel hancur.

c. Pengujian Serapan Air

Pengujian penyerapan air juga dilakukan pada masing-masing varian tipe sebanyak satu benda uji. Benda uji berupa kubus dengan dimensi 10 cm x 3 cm x 5,5 cm, yang diperoleh dari pemotongan sampel utuh sehingga diperoleh ukuran kubus yang dimaksud. Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Pemotongan batako 1 buah batako utuh di potong sehingga ada 4 sampel dalam 1 variasi. Dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Potongan Batako dalam 1 Sampel

- 2) Penimbangan benda uji dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi.
- 3) Perendaman benda uji dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 (dua puluh empat) jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji disekat dengan kain lembab, agar air berlebihan yang masih melekat dibidang permukaan benda uji terserap oleh kain lembab itu. Benda uji kemudian di timbang (A). Perendaman benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Perendaman Benda Uji

- 4) Pengeringan benda uji dalam oven pada suhu 105 ± 5 °C. Dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Pengeringan Benda Uji di dalam Oven

- 5) Penimbangan batako yang telah kering (B).
 - 6) Perhitungan penyerapan air dengan Persamaan 3.2
- d. Pengujian Redaman Panas

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Sampel pengujian ini berukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm. Uji redaman panas pada penelitian ini dilakukan menggunakan alat thermokopel. Setiap variasi terdapat satu sampel pengujian. Langkah-langkah yang

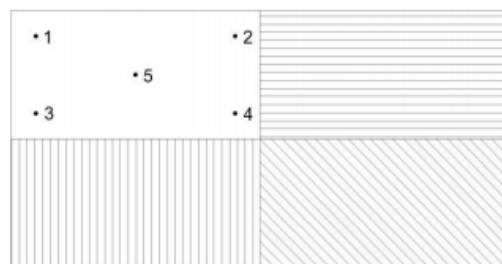
ditempuh dalam pengujian redaman panas menggunakan alat thermokopel adalah sebagai berikut:

- 1) Batako dijemur terlebih dahulu dengan jangka waktu penjemuran selama kurang lebih tiga jam dibawah sinar matahari. Penjemuran batako dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Batako Dijemur di bawah Sinar Matahari

- 2) Setelah dilakukannya penjemuran, kabel thermokopel ditempel pada bidang batako yang terkena panas matahari. Titik-titik thermokopel ditempelkan pada daerah yang dianggap mewakili semua bidang uji dari benda tersebut. Dalam penelitian ini terdapat 5 titik seperti yang terlihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Titik Pemasangan Kabel Thermokopel

- 3) Penempelan juga kabel thermokopel pada sisi sebaliknya yaitu sisi yang tidak terkena panas dengan kedudukan posisi angka yang sama.
- 4) Peletakan benda uji yang telah di pasang kabel thermokopel pada alat uji konduktivitas termal, seperti disajikan dalam Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Pengujian Redaman Panas

- 5) Pengukuran suhu menggunakan alat thermokopel dilakukan per 5 menit untuk satu batako.
- 6) Pencatatan suhu hasil pengujian pada daerah yang terkena panas (T_1) dan juga pada daerah yang tidak terkena panas (T_2).
- 7) Perhitungan nilai redaman panas berdasarkan Persamaan 3.3.

4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Pokok Produksi

Untuk pengumpulan data melalui analisis harga pokok produksi tidak hanya dilakukan dengan perhitungan harga produksi batako, survei harga bahan penyusun batako juga perlu dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan. Survei harga batako dilakukan dengan wawancara dengan pihak yang berkompeten sesuai dengan data yang dicari.

1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah harga pokok produksi batako dan harga jual batako dengan bonggol jagung.

2. Data yang diperlukan

Data yang diperlukan untuk menghitung harga pokok produksi ialah :

- a. Biaya alat
- b. Biaya bangunan
- c. Biaya operasional

- d. Biaya papan alas
 - e. Biaya upah kerja
 - f. Biaya material batako
 - g. Biaya makan
 - h. Biaya tunjangan hari raya
3. Metode Pengumpulan Data
- a. Wawancara
 - b. Dokumentasi
 - c. Studi Pustaka

4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

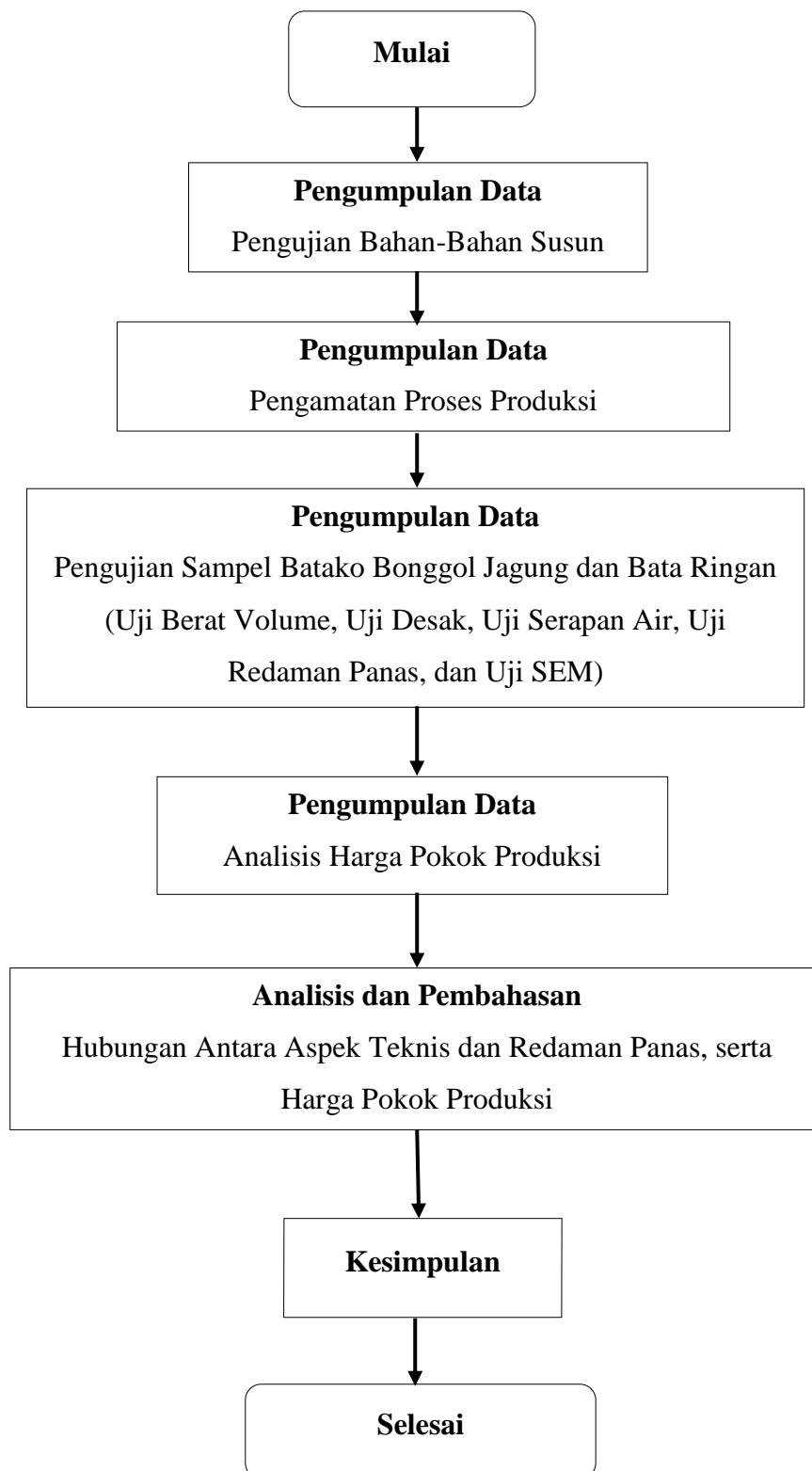
Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan varian batako bonggol jagung mana yang paling baik. Kriteria baik dari sisi mutu adalah tipe-tipe batako yang memenuhi standar SNI. Semakin bermutu baik, pada umumnya harga pokok produksinya juga semakin mahal. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi sedemikian rupa sehingga diperoleh batako yang memenuhi standar SNI dan memiliki harga yang paling murah.

4.3.5 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini didapatkan suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian berdasarkan hasil data dan pembahasan yang telah dilakukan.

4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Uraian-uraian di atas menggambarkan proses penelitian yang akan dilakukan. Adapun secara sederhana, bagan alir penelitian disajikan dalam Gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen penelitian batako bonggol jagung yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia dan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia. Batako bonggol jagung tersebut dianalisis dengan hasil pengujian mengenai kuat desak, penyerapan air, redaman panas, dan harga pokok produksi. Adapun hasil pengujian yang telah dilakukan selanjutnya dibandingkan dengan bata ringan atau hebel yang bermerek Focon. Berikut hasil penelitian ini dilampirkan dalam bentuk tabel dan grafik.

5.2 Hasil Penelitian Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen, bonggol jagung, dan abu batu. Benda uji tersebut akan diuji pada Laboratorium Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII untuk mendapatkan hasil berat volume tiap jenis bahan dalam kondisi SSD. Hasil berat volume setiap jenis bahan yang diuji dalam keadaan SSD dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Berat Volume Bahan Batako Bonggol Jagung

No	BV Semen (gr/cm³)	BV Abu Batu (gr/cm³)	BV Bonggol Jagung (gr/cm³)
1	1,061	0,981	0,077
2	1,049	0,975	0,078
3	1,054	0,977	0,082
4	1,047	0,973	0,078
5	1,053	0,981	0,080
Rata-rata	1,053	0,978	0,079

Berikut ini adalah analisis perhitungan berat volume bahan batako bonggol jagung yang meliputi berat bahan, volume batako, volume ember ukur, berat volume bahan batako, dan berat volume batako.

1. Berat Bahan

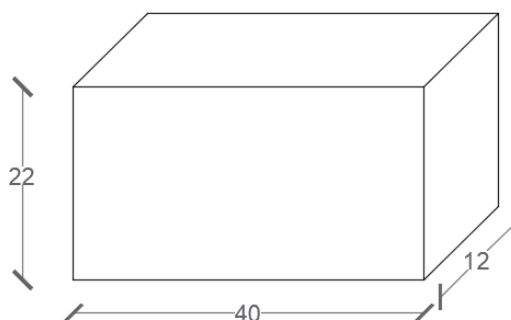
Perhitungan berat bahan dibutuhkan untuk memperoleh berat volume. Hasil pengujian berat bahan dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Berat Bahan Batako Bonggol Jagung

No	Berat Semen (gr)	Berat Abu Batu (gr)	Berat Bonggol Jagung (gr)
1	16500	15260	1200
2	16320	15170	1210
3	16390	15190	1280
4	16280	15140	1215
5	16380	15260	1250
Rata-rata	16374	15204	1231

2. Volume Batako

Berikut ini adalah perhitungan dimensi dan volume batako sebelum pengujian kuat desak dilakukan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Batako Pejal

Berdasarkan Gambar 5.1 di atas, volume batako pejal dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Batako Pejal} &= P \times L \times T \\
 &= 40 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \\
 &= 10560 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

3. Volume Ember Ukur

Berikut ini adalah perhitungan dimensi dan volume ember yang akan digunakan untuk perbandingan skala ukur setiap bahan pembuatan batako bonggol jagung. Volume ember ukur dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Volume Ember Ukur

$$\begin{aligned}
 \text{Volume ember} &= P \times L \times T \\
 &= 39,5 \times 31,5 \times 12,5 \\
 &= 15553,12 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

4. Berat Volume Bahan Batako

Berat volume bahan batako dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. BV semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Volume ember}} \\
 &= \frac{16374}{15553,12} \\
 &= 1,053 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. BV abu batu} &= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{Volume ember}} \\
 &= \frac{15204}{15553,12} \\
 &= 0,978 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. BV bonggol jagung} &= \frac{\text{Berat bonggol jagung}}{\text{Volume ember}} \\
 &= \frac{1231}{15553,12} \\
 &= 0,079 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

5. Berat Volume Batako

Berat volume batako bonggol jagung dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut dengan mengambil contoh sampel 1 variasi 1 : 1 : 3.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kering batako bonggol jagung (W)} &= 13,2 \text{ kg} \\
 \text{Volume batako bonggol jagung (v)} &= 0,01056 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat volume batako (d)} &= \frac{\text{Berat kering batako (W)}}{\text{Volume batako (v)}} \\
 &= \frac{13,2}{0,01056} \\
 &= 1250 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan mencari berat volume batako bonggol jagung dan hebel yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Berat Volume Batako

Komposisi Campuran	Berat Batako Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
Batako Bonggol Jagung 1:1:3	13,2	40	12	22	0,01056	1250,000	1234,848
	13,2	40	12	22	0,01056	1250,000	
	13,2	40	12	22	0,01056	1250,000	
	13,2	40	12	22	0,01056	1250,000	
	12,4	40	12	22	0,01056	1174,242	
Batako Bonggol Jagung 1:1:5	9,5	40	12	22	0,01056	899,621	950,758
	10,3	40	12	22	0,01056	975,379	
	10,5	40	12	22	0,01056	994,318	
	10,2	40	12	22	0,01056	965,909	
	9,7	40	12	22	0,01056	918,561	

Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Berat Volume Batako

Komposisi Campuran	Berat Batako Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
Batako Bonggol Jagung 1:1:7	8,5	40	12	22	0,01056	804,924	820,076
	8,6	40	12	22	0,01056	814,394	
	9,1	40	12	22	0,01056	861,742	
	8,8	40	12	22	0,01056	833,333	
	8,3	40	12	22	0,01056	785,985	
Batako Bonggol Jagung 1:1:9	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	787,879
	8,4	40	12	22	0,01056	795,455	
	9,6	40	12	22	0,01056	909,091	
	7,6	40	12	22	0,01056	719,697	
	8,1	40	12	22	0,01056	767,045	
Batako Bonggol Jagung 1:1:11	7	40	12	22	0,01056	662,879	689,394
	7,2	40	12	22	0,01056	681,818	
	7,6	40	12	22	0,01056	719,697	
	6,8	40	12	22	0,01056	643,939	
	7,8	40	12	22	0,01056	738,636	
Bata Ringan Merek Focon	8	60	10	20	0,01200	666,667	675,000
	7,8	60	10	20	0,01200	650,000	
	8,5	60	10	20	0,01200	708,333	
	8,5	60	10	20	0,01200	708,333	
	7,7	60	10	20	0,01200	641,667	

Dari hasil yang didapatkan pada Tabel 5.3 di atas, dapat dilihat bahwa batako bonggol jagung yang memiliki berat volume rata-rata tertinggi adalah batako bonggol jagung dengan variasi 1:1:3 sebesar 1234,848 kg/m³ sedangkan berat volume rata-rata hebel sebesar 689,394 kg/m³. Semakin bertambah

komposisi bonggol jagung pada batako, maka berat volume batako tersebut akan semakin rendah. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa keseluruhan variasi batako bonggol jagung masuk ke dalam kategori batako ringan yaitu berat volume kurang dari 1400 kg/m^3 .

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Dalam perhitungan kebutuhan campuran diperlukan adanya perbandingan campuran. Perbandingan campuran pada batako bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Perbandingan Campuran pada Batako Bonggol Jagung

No	Semen	Abu Batu	Bonggol Jagung	Jumlah Perbandingan	Jumlah Sampel
1	1	1	3	5	8
2	1	1	5	7	8
3	1	1	7	9	8
4	1	1	9	11	8
5	1	1	11	13	8

Air yang dibutuhkan dalam campuran batako bonggol jagung ini bervariasi disesuaikan dengan tingkat kelecakan serta kemudahan dalam pencampuran dan pematatannya. Berikut ini adalah analisis perhitungan kebutuhan campuran batako bonggol jagung sampel 1 variasi 1 : 1 : 3.

- Volume 1 benda uji $= 40 \times 22 \times 12 = 10560 \text{ cm}^3$
- Kebutuhan semen untuk 1 batako $= \frac{1}{5} \times V \text{ batako} \times BV \text{ semen}$
 $= \frac{1}{5} \times 10560 \times 1,053$
 $= 2223,469 \text{ gram}$
- Kebutuhan semen untuk 8 batako $= 8 \times 2223,469 \text{ gram}$
 $= 17787,750 \text{ gram}$
- Kebutuhan abu batu untuk 1 batako $= \frac{1}{5} \times V \text{ batako} \times BV \text{ abu batu}$
 $= \frac{1}{5} \times 10560 \times 0,978$

- = 2064,591 gram
5. Kebutuhan abu batu untuk 8 batako = 8 x 2064,591 gram
= 16516,731 gram
6. Kebutuhan bonggol jagung untuk 1 batako = $\frac{3}{5} \times V \text{ batako} \times BV \text{ bonggol}$
jagung
= $\frac{3}{5} \times 10560 \times 0,079$
= 501,482 gram
7. Kebutuhan bonggol jagung untuk 8 batako = 8 x 501,482 gram
= 4011,858 gram

Berdasarkan hasil analisis perhitungan di atas, maka didapatkan kebutuhan bahan batako bonggol jagung dengan jumlah sampel sebanyak 8 pada setiap variasinya dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Bonggol Jagung

No	Variasi Campuran	Semen (kg)	Abu Batu (kg)	Bonggol Jagung (kg)	Jumlah Sampel
1	1 : 1 : 3	17,788	16,517	4,012	8
2	1 : 1 : 5	12,706	11,798	4,776	8
3	1 : 1 : 7	9,882	9,176	5,201	8
4	1 : 1 : 9	8,085	7,508	5,471	8
5	1 : 1 : 11	6,841	6,353	5,658	8
Total Benda Uji					40

Dari 8 benda uji batako pada setiap variasi, 5 batako diantaranya digunakan untuk pengujian kuat desak, 1 batako untuk pengujian penyerapan air, serta 1 batako untuk pengujian redaman panas.

5.4 Pengamatan Proses Produksi

Pada penelitian ini, pembuatan batako bonggol jagung menggunakan bantuan *mixer machine* dan dicetak menggunakan mesin penggetar atau yang biasa disebut dengan mesin *press*. Proses pembuatan batako bonggol terdiri atas 2

proses. Proses pertama yaitu pengambilan bahan baku pembuat batako yang terdiri dari semen, abu batu, bonggol jagung menggunakan ember ukur. Bahan baku diambil sesuai dengan takaran variasi yang telah direncanakan. Bahan baku tersebut kemudian dituangkan ke dalam *mixer machine* untuk proses pencampuran. Air ditambahkan ke dalam campuran sesuai kebutuhan. Kebutuhan air ditentukan dengan uji coba, yaitu dengan cara hasil campuran digenggam memakai telapak tangan untuk mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Penambahan air dihentikan jika campuran di dalam genggam telapak tangan tidak pecah jika telapak tangan dibuka, atau sudah banyak air yang melekat di atas telapak tangan. *Mixer machine* akan mengaduk seluruh bahan baku hingga merata dan komposisinya sesuai dengan yang telah ditentukan. Setelah bahan baku tercampur di *mixer machine*, pekerja akan membuka pintu yang terdapat pada bagian bawah *mixer machine* sehingga campuran akan keluar dari mesin pengaduk.

Proses kedua yaitu pemindahan campuran bahan baku oleh pekerja ke mesin press. Proses pencetakan dilakukan dengan posisi tidur dan diletakkan pada alas papan untuk proses pematannya. Proses pencetakan ini akan menjamin campuran batako segar tetap homogen dan dapat diproduksi secara presisi dan tanpa cacat. Selain itu, proses pencetakan dengan menggunakan mesin press dapat menghasilkan batako lebih banyak per harinya dibandingkan menggunakan pencetakan manual.

5.5 Data Hasil Pengujian Sampel Batako

5.5.1 Pengujian Kuat Desak Batako

Pada pengujian kuat desak digunakan 5 sampel batako dari setiap variasi campuran batako bonggol jagung yang sebelumnya telah dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Terdapat 5 variasi campuran batako bonggol jagung yang akan dilakukan pengujian kuat desak sehingga jumlah sampel yang diuji sebanyak 25 buah batako bonggol jagung dan 5 buah hebel sebagai pembanding. Sampel tersebut kemudian dibawa ke Laboratorium Bahan

Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan pengujian kuat desak dan kesesuaiannya terhadap SNI 03-0349-1989.

Pengujian kuat desak batako dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan batako dari pemberian beban oleh alat tekan. Beban harus diterapkan secara bertahap dengan laju berbeda-beda sesuai dengan variasi hingga mencapai kekuatan maksimum. Kekuatan yang dicapai tergantung pada banyak faktor seperti faktor air semen, kualitas, metode produksi, dan proporsi campuran bahan benda uji. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan minimum rata-rata untuk bata beton pejal yaitu sebesar 25 kg/cm^2 .

Berikut ini adalah analisis perhitungan kuat desak batako bonggol jagung dengan komposisi campuran 1 : 1 : 3. Pada analisis perhitungan ini diambil 3 sampel batako dengan hasil pengujian kuat desak terbaik dari setiap variasinya.

1. Sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 40 \text{ cm} \\
 \text{Lebar} &= 22 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi} &= 12 \text{ cm} \\
 \text{Beban Maks} &= 4940 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma &= \frac{\text{Beban maks}}{\text{Luas}} \\
 &= \frac{4940}{480} \\
 &= 10,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

2. Sampel 2

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 40 \text{ cm} \\
 \text{Lebar} &= 22 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi} &= 12 \text{ cm} \\
 \text{Beban Maks} &= 4310 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma &= \frac{\text{Beban maks}}{\text{Luas}} \\
 &= \frac{4310}{480} \\
 &= 8,98 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

3. Sampel 3

$$\text{Panjang} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Beban Maks} = 3950 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{\text{Beban maks}}{\text{Luas}}$$

$$= \frac{3950}{480}$$

$$= 8,23 \text{ kg/cm}^2$$

4. Kuat desak rata-rata

$$\sigma \text{ rata-rata} = \frac{10,29 + 8,98 + 8,23}{3}$$

$$= 9,17 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan kuat desak pada variasi campuran yang lainnya dilakukan sama seperti perhitungan pada variasi campuran 1 : 1 : 3. Hasil pengujian kuat desak batako bonggol jagung dan hebel dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

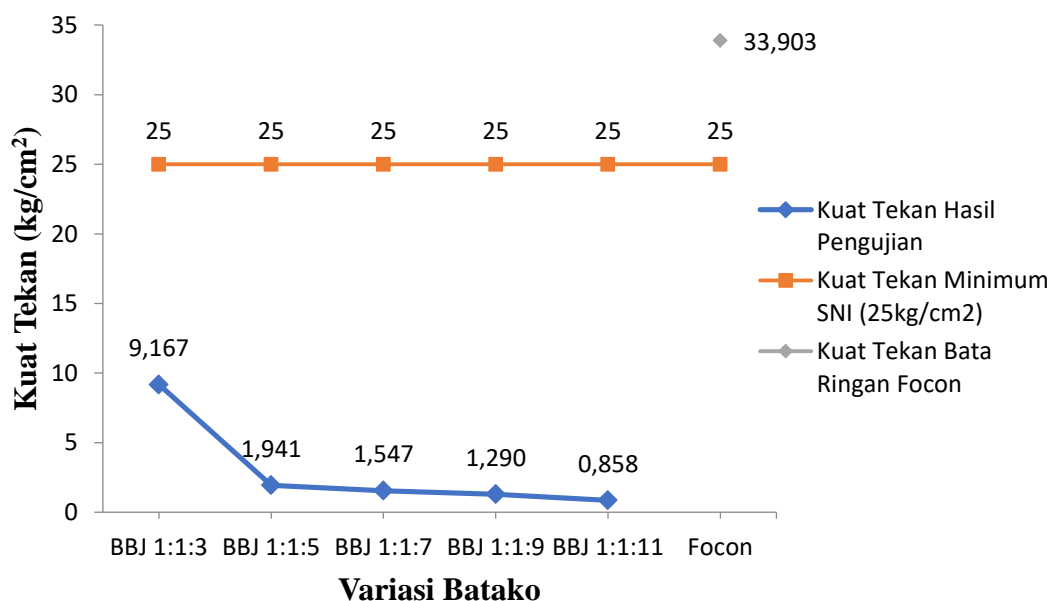
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume

Jenis Batako	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	A (cm ²)	σ (kg/cm ²)	σ Rata-Rata	Berat Volume Rata-Rata (kg/cm ³)
Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 3	1	13,2	4940	480	10,29	9,17	1224,75
	2	13,2	4310	480	8,98		
	3	12,4	3950	480	8,23		
Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 5	1	10,3	675	480	1,41	1,94	978,54
	2	10,5	1132,5	480	2,36		
	3	10,2	987,5	480	2,06		
Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 7	1	9,1	880	480	1,83	1,55	827,02
	2	8,8	715	480	1,49		
	3	8,3	632,5	480	1,32		
Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 9	1	7,9	550	480	1,15	1,29	808,08
	2	9,6	540	480	1,13		
	3	8,1	767,5	480	1,60		

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume

Jenis Batako	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	A (cm ²)	σ (kg/cm ²)	σ Rata-Rata	Berat Volume Rata-Rata (kg/cm ³)
Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 11	1	7,6	460	480	0,96	0,86	700,76
	2	6,8	240	480	0,50		
	3	7,8	535	480	1,11		
Bata Ringan Focon	1	8	19950	600	33,25	33,90	675,00
	2	7,8	19625	600	32,71		
	3	8,5	21450	600	35,75		

Hasil pengujian kuat desak dapat dibuat grafik berdasarkan hasil kuat desak rata-rata setiap variasi campuran seperti pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Kurva Kuat Tekan Batako dan Focon

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas, kuat desak batako bonggol jagung maksimum adalah batako dengan variasi 1 : 1 : 3 yaitu sebesar 9,17 kg/cm² sedangkan bata ringan merek Focon memiliki kuat desak rata-rata sebesar 33,90 kg/cm². Standar minimum nilai kuat desak rata-rata batako pejal menurut SNI yaitu sebesar 25 kg/cm². Nilai kuat desak pada semua variasi campuran batako bonggol jagung tidak memenuhi standar kuat desak rata-rata SNI. Hal ini

disebabkan karena komposisi semen dan abu batu tidak dapat mengisi rongga-rongga yang terdapat pada batako bonggol jagung. Semakin banyak penambahan jumlah bonggol jagung yang digunakan, maka batako akan semakin berongga sehingga menyebabkan penurunan terhadap kuat desak batako.

5.5.2 Pengujian Penyerapan Air Batako

Daya serap air merupakan persentase berat air yang dapat diserap oleh suatu agregat jika direndam air. Dalam penelitian ini benda uji direndam pada air dalam kurun waktu 24 jam. Perendaman tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil penyerapan air maksimal mutu I sesuai dengan SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%. Setelah dilakukan perendaman, benda uji akan dikeringkan di oven dalam rentang waktu 24 jam untuk mendapatkan hasil nilai penyerapan air batako bonggol jagung tersebut.

Pengujian penyerapan air menggunakan 1 buah sampel dari masing-masing variasi batako bonggol jagung dan 1 buah sampel bata ringan merek Focon. Sampel tersebut dipotong 4 bagian sama rata terlebih dahulu sebelum dilakukan perendaman. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII.

Contoh perhitungan pengujian penyerapan air batako bonggol jagung diambil dari hasil pengujian dengan komposisi 1 : 1 : 3 sebagai berikut.

1. Sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat basah (A)} &= 3477 \text{ gram} \\ \text{Berat kering (B)} &= 2953 \text{ gram} \\ \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{3477-2953}{2953} \times 100\% \\ &= 17,745\% \end{aligned}$$

2. Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat basah (A)} &= 3512 \text{ gram} \\ \text{Berat kering (B)} &= 2924 \text{ gram} \\ \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{3512-2924}{2924} \times 100\% \\ &= 20,109\% \end{aligned}$$

3. Sampel 3

$$\begin{aligned} \text{Berat basah (A)} &= 3594 \text{ gram} \\ \text{Berat kering (B)} &= 3037 \text{ gram} \\ \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{3594-3037}{3037} \times 100\% \\ &= 18,340\% \end{aligned}$$

4. Sampel 4

$$\begin{aligned} \text{Berat basah (A)} &= 3556 \text{ gram} \\ \text{Berat kering (B)} &= 3393 \text{ gram} \\ \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{3556-3393}{3393} \times 100\% \\ &= 4,804\% \end{aligned}$$

5. Penyerapan air rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air rata-rata (\%)} &= \frac{17,45 + 20,109 + 18,340 + 4,804}{4} \\ &= 15,250\% \end{aligned}$$

Perhitungan penyerapan air pada variasi campuran yang lainnya dilakukan sama seperti perhitungan pada variasi campuran 1 : 1 : 3. Hasil pengujian penyerapan air batako bonggol jagung dan hebel dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Jenis Batako	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Persentase Penyerapan Air Rata-rata (%)
Batako Bonggol Jagung 1:1:3	1	3477	2953	17,745	15,250
	2	3512	2924	20,109	
	3	3594	3037	18,340	
	4	3556	3393	4,804	
Batako Bonggol Jagung 1:1:5	1	3150	2510	25,498	30,050
	2	3147	2589	21,553	
	3	3114	2249	38,462	
	4	3510	2606	34,689	

Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Jenis Batako	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Persentase Penyerapan Air Rata-rata (%)
Batako Bonggol Jagung 1:1:7	1	2823	2187	29,081	41,690
	2	2706	1993	35,775	
	3	3093	2045	51,247	
	4	2977	1976	50,658	
Batako Bonggol Jagung 1:1:9	1	2763	1818	51,980	45,506
	2	2499	2210	13,077	
	3	2680	1642	63,216	
	4	2786	1812	53,753	
Batako Bonggol Jagung 1:1:11	1	838	534	56,929	48,52
	2	513	342	50,000	
	3	1846	1415	30,459	
	4	539	344	56,686	
Bata Ringan Focon	1	2530	1885	34,218	34,081
	2	2426	1852	30,994	
	3	2585	1915	34,987	
	4	2517	1849	36,128	

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air seluruh variasi campuran pada Tabel 5.7, maka setiap variasi campuran tersebut dapat dilakukan penggolongan mutu batako bonggol jagung berdasarkan SNI 03-0349-1989 yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

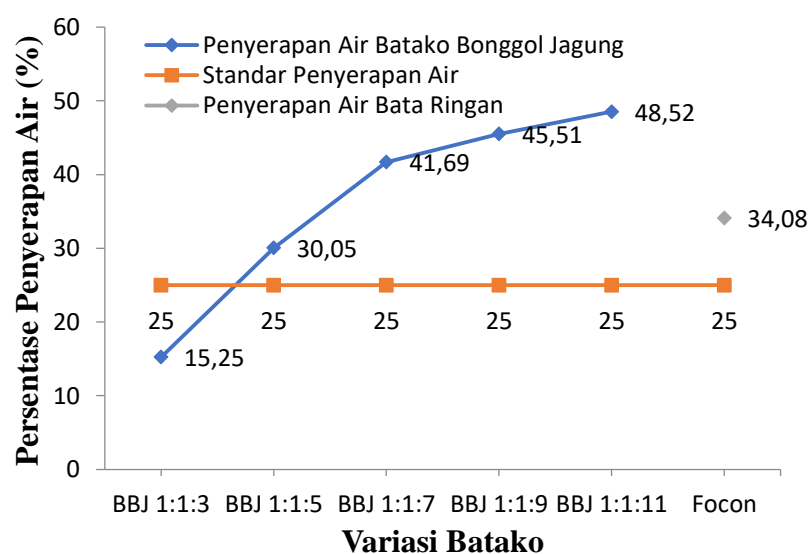
Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Bonggol Jagung

No	Jenis Batako	Persentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako	Fungsi Batako
1	Batako Bonggol Jagung 1:1:3	15,250	I	Di luar atap
2	Batako Bonggol Jagung 1:1:5	30,050	II	Di bawah atap
3	Batako Bonggol Jagung 1:1:7	41,690	-	-

Lanjutan Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Bonggol Jagung

No	Jenis Batako	Persentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako	Fungsi Batako
4	Batako Bonggol Jagung 1:1:9	45,506	-	-
5	Batako Bonggol Jagung 1:1:11	48,519	-	-
6	Bata Ringan Focon	34,081	II	Di bawah atap

Hasil pengujian penyerapan air pada Tabel 5.8 di atas dapat disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Kurva Penyerapan Air Batako

Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa nilai penyerapan air batako bonggol jagung yang paling baik yaitu pada batako dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 dengan nilai sebesar 15,25% sedangkan bata ringan Focon memiliki penyerapan air yang cukup besar, yaitu sebesar 34,08%. Batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 memiliki nilai penyerapan air yang lebih baik sebesar 55,26% dibandingkan bata ringan Focon. Nilai penyerapan air cenderung meningkat seiring dengan

bertambahnya penambahan bahan bonggol jagung pada komposisi campuran batako yang menyebabkan mutu batako semakin rendah. Hal ini disebabkan karena sifat bonggol jagung yang menyerap air sehingga nilai daya serap air batako akan semakin besar.

Menurut SNI 03-0349-1989, batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 masuk ke dalam kategori mutu I yang artinya dapat digunakan pada konstruksi yang tidak terlindungi (di luar atap) sedangkan variasi campuran 1 : 1 : 5 dan bata ringan Focon masuk ke dalam kategori mutu II yang artinya dapat digunakan pada konstruksi yang memikul beban dan terlindung dari cuaca luar (di bawah atap). Batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 7, variasi campuran 1 : 1 : 9, dan variasi campuran 1 : 1 : 11 tidak masuk dalam kriteria SNI 03-0349-1989.

5.5.3 Pengujian Redaman Panas Batako

Pengujian redaman panas ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai redaman panas yang dihasilkan pada batako bonggol jagung dan bata ringan merek Focon. Pengujian ini menggunakan 1 sampel batako bonggol jagung dari setiap variasi campuran yang berumur lebih dari 28 hari dan 1 sampel batako dari bata ringan merek Focon. Alat yang digunakan pada pengujian redaman panas ini adalah *thermocouple* dan pengujiannya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII.

Parameter terukur dalam penelitian ini yaitu T_1 sebagai suhu batako yang terkena matahari dan T_2 sebagai suhu batako yang tidak terkena matahari. Berikut ini hasil pembacaan suhu batako bonggol jagung dan bata ringan merek Focon dengan menggunakan alat *thermocouple* yang dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako Bonggol Jagung dan Focon

No	Jenis Batako		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4
1	Batako Bonggol Jagung 1:1:3	T ₁ (°C)	34,8	34,96	36,36	35,86
		T ₂ (°C)	31,3	32,1	33,82	33,62
2	Batako Bonggol Jagung 1:1:5	T ₁ (°C)	37,92	36,92	35,38	36,04
		T ₂ (°C)	33,02	33,36	32,72	33,46
3	Batako Bonggol Jagung 1:1:7	T ₁ (°C)	37,04	35,88	37,08	36,08
		T ₂ (°C)	31,76	32,08	33,8	33,4
4	Batako Bonggol Jagung 1:1:9	T ₁ (°C)	37,24	37,16	37,46	35,86
		T ₂ (°C)	31,34	33,06	33,58	33,1
5	Batako Bonggol Jagung 1:1:11	T ₁ (°C)	38,44	34,1	38,7	35,78
		T ₂ (°C)	31,22	29,84	33,06	32,76
6	Bata Ringan Focon	T ₁ (°C)	32,52	29,32	34,9	30,88
		T ₂ (°C)	31,24	26,66	32,44	29,86

Dari pembacaan suhu di atas, nilai redaman panas didapatkan dengan mencari besarnya penurunan suhu pada batako. Berikut ini adalah analisis perhitungan redaman panas pada batako bonggol jagung dan bata ringan Focon.

1. Batako bonggol jagung komposisi 1 : 1 : 3

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{34,8 + 34,96 + 36,36 + 35,86}{4}$$

$$= 35,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{31,3 + 32,1 + 33,82 + 33,62}{4}$$

$$= 32,71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 35,50 - 32,71$$

$$= 2,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Batako bonggol jagung komposisi 1 : 1 : 5

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{37,92 + 36,92 + 35,38 + 36,04}{4}$$

$$= 36,57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{33,02 + 33,36 + 32,72 + 33,46}{4}$$

$$= 33,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 36,57 - 33,14$$

$$= 3,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Batako bonggol jagung komposisi 1 : 1 : 7

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{37,92 + 36,92 + 35,38 + 36,04}{4}$$

$$= 36,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{33,02 + 33,36 + 32,72 + 33,46}{4}$$

$$= 32,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 36,52 - 32,76$$

$$= 3,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Batako bonggol jagung komposisi 1 : 1 : 9

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{37,24 + 37,16 + 37,46 + 35,86}{4}$$

$$= 36,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{31,34 + 33,06 + 33,58 + 33,1}{4}$$

$$= 32,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 36,93 - 32,77$$

$$= 4,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Batako bonggol jagung komposisi 1 : 1 : 11

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{38,44 + 34,1 + 38,7 + 35,78}{4}$$

$$= 36,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{31,22 + 29,84 + 33,06 + 32,76}{4}$$

$$= 31,72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 36,76 - 31,72$$

$$= 5,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6. Bata ringan merek Focon

$$T_1 \text{ rata-rata} = \frac{32,52 + 29,32 + 34,9 + 30,88}{4}$$

$$= 31,91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 \text{ rata-rata} = \frac{31,24 + 26,66 + 32,44 + 29,86}{4}$$

$$= 30,05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Redaman panas } (\Delta T) = T_1 - T_2$$

$$= 31,91 - 30,05$$

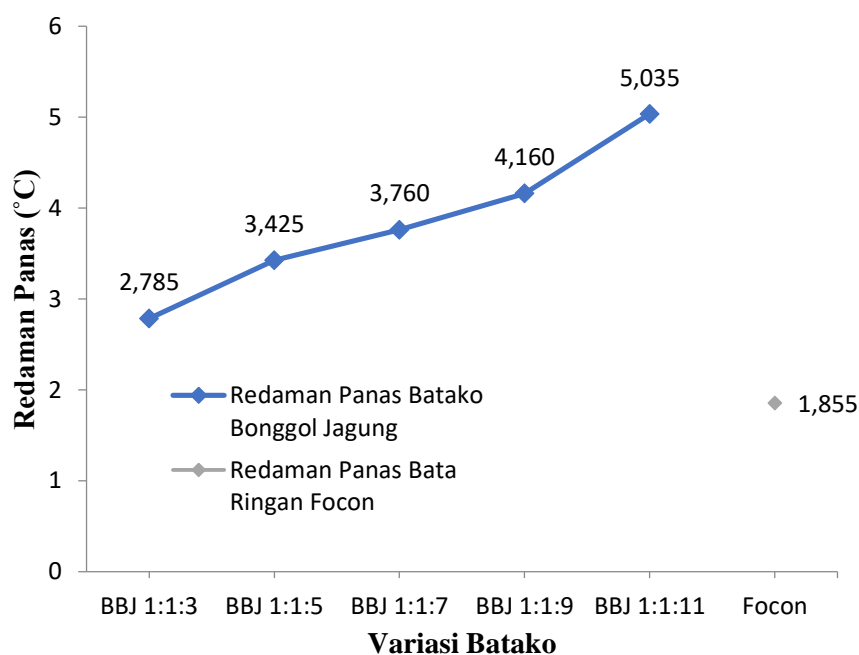
$$= 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Berdasarkan hasil perhitungan redaman panas pada batako bonggol jagung dan bata ringan Focon, maka dapat dibuat tabel hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Redaman Panas Batako

No	Jenis Batako	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT (°C)
1	Batako Bonggol Jagung 1:1:3	35,50	32,71	2,79
2	Batako Bonggol Jagung 1:1:5	36,57	33,14	3,43
3	Batako Bonggol Jagung 1:1:7	36,52	32,76	3,76
4	Batako Bonggol Jagung 1:1:9	36,93	32,77	4,16
5	Batako Bonggol Jagung 1:1:11	36,76	31,72	5,04
6	Bata Ringan Focon	31,91	30,05	1,86

Hasil pengujian redaman panas pada Tabel 5.10 di atas kemudian disajikan dalam bentuk kurva yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Kurva Redaman Panas Batako

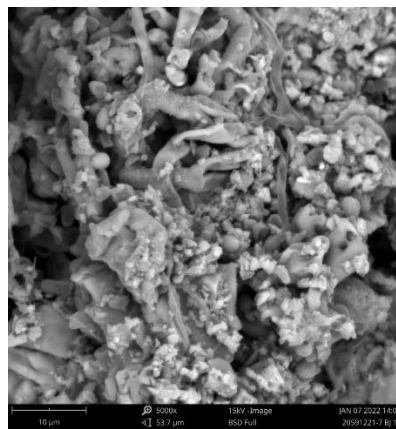
Berdasarkan kurva redaman panas pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai redaman panas yang paling baik dari semua variasi adalah batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 11 dengan nilai redaman panas sebesar 5,04 °C sedangkan nilai redaman panas batako bonggol jagung terendah dengan nilai sebesar 2,79 °C yaitu campuran dengan variasi 1 : 1 : 3. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya komposisi bonggol jagung di dalam batako, maka nilai redaman yang dihasilkan batako akan semakin baik. Bahan bonggol jagung yang terdapat di dalam batako akan meredam panas dengan baik. Nilai redaman panas pada Focon sebesar 1,86 °C yang jika dibandingkan dengan batako bonggol jagung dengan nilai redaman panas terendah, maka dapat disimpulkan bahwa batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 memiliki nilai redaman panas lebih baik sebesar 50,1% daripada bata ringan Focon.

5.5.4 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

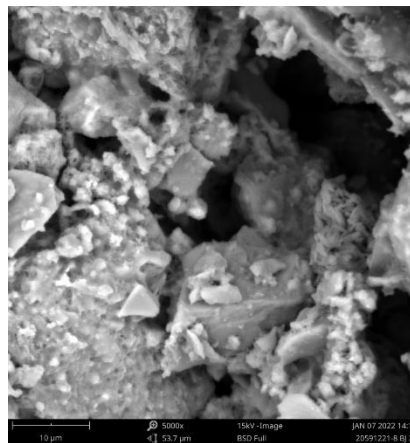
Pengujian SEM dilakukan untuk melihat morfologi permukaan material batako. Sampel yang digunakan pada pengujian ini berjumlah 1 sampel dari setiap variasi batako bonggol jagung dan 1 sampel bata ringan Focon sebagai

pembandingan. Sampel yang digunakan berupa butiran halus karena pada alat SEM sampel hanya bisa terbaca pada ukuran 1 cm. Setelah itu, sampel diserahkan ke Laboratorium Instrumentasi, Fisika Dasar, dan Kimia Dasar UII untuk dilakukan uji SEM. foto morfologi material batako dilakukan dengan perbesaran 350 kali, 1000 kali, 3000 kali, dan 5000 kali.

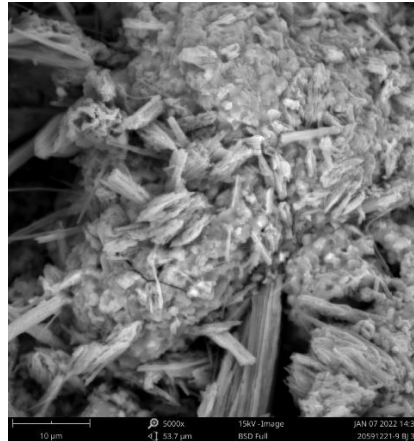
Berikut ini adalah hasil dari uji SEM untuk batako pembesaran 5000x yang disajikan pada Gambar 5.6, Gambar 5.7, Gambar 5.8, Gambar 5.9, Gambar 5.10, dan Gambar 5.11 sebagai berikut.



Gambar 5.6 Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 3 5000x



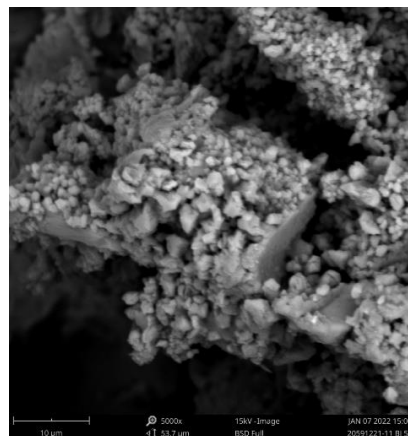
Gambar 5.7 Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 5 5000x



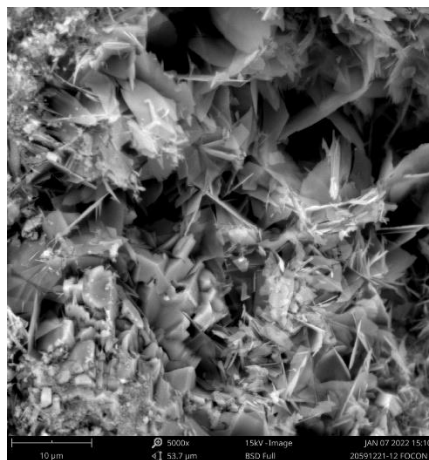
Gambar 5.8 Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 7 5000x



Gambar 5.9 Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 9 5000x



Gambar 5.10 Uji SEM Batako Bonggol Jagung 1 : 1 : 11 5000x



Gambar 5.11 Uji SEM Bata Ringan Focon 5000x

Pada gambar morfologi batako bonggol jagung dan bata ringan Focon dengan perbesaran 5000x di atas, dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi bahan bonggol jagung di dalam batako, maka pori-pori yang dihasilkan pada permukaan batako menjadi lebih besar dan tidak merata sehingga besarnya pori-pori tersebut menyebabkan kekuatan batako menurun dan daya serap air meningkat. Penambahan komposisi bahan bonggol jagung yang terlalu besar seperti pada variasi campuran 1 : 1 : 11 yang terlihat pada Gambar 5.10 mengakibatkan batako menjadi tidak homogen atau tidak padat jika dibandingkan dengan bata ringan Focon pada Gambar 5.11 yang terlihat lebih homogen dengan ukuran pori yang lebih kecil. Semakin banyaknya rongga-rongga udara yang terdapat pada batako bonggol jagung, maka daya redam panas yang dihasilkan akan semakin baik sehingga dapat memberikan kenyamanan termal jika diaplikasikan pada struktur dinding.

5.6 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi dilakukan dengan menganalisis perhitungan kelayakan ekonomi. Harga yang dipakai dalam perhitungan ini merupakan harga yang tercantum pada SHBJ (Standar Harga Barang dan Jasa) Sleman Tahun 2022, harga survey di pasaran kawasan Sleman, dan harga yang tercantum pada penelitian sebelumnya. Harga bonggol jagung yang digunakan pada penelitian ini sudah termasuk biaya pencacahan dan biaya pengiriman.

Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya untuk mengetahui harga pokok produksi batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3.

1. Menghitung biaya alat

a. Alat utama

1) Harga alat <i>press</i> dan <i>mixer</i>	= Rp25.000.000,-
2) Umur alat	= 5 tahun
3) Nilai sisa alat	= Rp5.000.000,-
4) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
5) Penyusutan	= $\frac{\text{Harga cetakan} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja/th}}$
	= $\frac{25.000.000 - 5.000.000}{5 \times 300}$
	= Rp13.333,- /hari

b. Alat bantu

1) Cangkul@1	= Rp228.000,-
2) Ember@3	= Rp54.600,-
3) Sekop@1	= Rp80.100,-
4) Cetok@1	= Rp39.000,-
5) Ayakan@1	= Rp52.000,-
6) Selang@1	= Rp10.000,-
7) Harga total alat bantu	= Rp463.700,-
8) Umur alat	= 3 tahun
9) Nilai sisa alat	= Rp0,-
10) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
11) Penyusutan	= $\frac{\text{Harga alat bantu} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja/th}}$
	= $\frac{463.700 - 0}{3 \times 300}$
	= Rp515,- /hari

c. Papan alas

1) Total pengerasan batako	= 1 hari
2) Kebutuhan batako/hari	= 200 batako bonggol jagung
3) Kebutuhan papan	= 200 papan

4) Harga satuan papan	= Rp10.000,-
5) Harga total papan	= Rp2.000.000,-
6) Umur papan	= 12 bulan
7) Nilai sisa papan	= Rp0,-
8) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
9) Penyusutan	= $\frac{\text{Harga papan alas} - \text{Nilai sisa papan}}{\text{Umur papan} \times \text{Jumlah hari kerja/th}}$
	= $\frac{2.000.000 - 0}{1 \times 300}$
	= Rp6.667,- /hari

2. Menghitung biaya bangunan

a. Harga bangunan	= Rp10.000.000,-
b. Umur bangunan	= 5 tahun
c. Nilai sisa bangunan	= Rp0,-
d. Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
e. Penyusutan	= $\frac{\text{Harga bangunan} - \text{Nilai sisa bangunan}}{\text{Umur bangunan} \times \text{Jumlah hari kerja/th}}$
	= $\frac{10.000.000 - 0}{5 \times 300}$
	= Rp6.667,- /hari

3. Menghitung biaya material

Berat masing-masing material untuk menghasilkan 1 buah batako bonggol jagung pada variasi campuran 1 : 1 : 3 adalah sebagai berikut.

Semen	= 2,223 kg
Abu batu	= 2,064 kg
Bonggol jagung	= 0,501 kg
Total berat	= 4,789 kg

Berikut ini adalah kebutuhan material 1 buah batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3.

1 PC : 1 AB : 1 Bonggol jagung	= 4,789 kg
Kebutuhan material 1 batako	= 0,005 m ³
Kebutuhan material 200 batako	= 0,958 m ³

a. Kebutuhan semen (PC) per hari

- 1) Kebutuhan semen 1 batako = 2,223 kg x 200 batako
= 444,694 kg
 - 2) Harga semen per sak = Rp43.300,-
 - 3) Harga semen per kg = $\frac{43300}{40 \text{ kg}}$
= Rp1.082,5,-
 - 4) Biaya semen per hari = 444,694 kg x Rp1.082,5,-
= Rp481.381,- /hari
- b. Kebutuhan abu batu per hari
- 1) Kebutuhan abu batu 1 batako = 0,002 m³
 - 2) Kebutuhan abu batu per hari = $\frac{0,002 \text{ m}^3}{0,005 \text{ m}^3} \times 0,958 \text{ m}^3$
= 0,413 m³
 - 3) Harga abu batu/m³ = Rp150.000,-
 - 4) Biaya abu batu per hari = 0,413 m³ x Rp150.000,-
= Rp61.938,- /hari
- c. Kebutuhan bonggol jagung per hari
- 1) Kebutuhan bonggol jagung 1 batako = 0,001 m³
 - 2) Kebutuhan bonggol jagung per hari = $\frac{0,001 \text{ m}^3}{0,005 \text{ m}^3} \times 0,958 \text{ m}^3$
= 0,100 m³
 - 3) Harga bonggol jagung/m³ = Rp10.000,-
 - 4) Biaya bonggol jagung per hari = 0,100 m³ x Rp10.000,-
= Rp1.003,- /hari
- d. Total biaya material = Rp544.322,- /hari
4. Menghitung biaya operasional
- a. Listrik dan air per bulan = Rp200.000,-
 - b. Jumlah hari kerja = 25 hari/bulan
 - c. Listrik dan air per hari = $\frac{200.000}{25}$
= Rp8.000,- /hari
5. Menghitung biaya upah tenaga kerja
- a. Jumlah pekerja = 2 pekerja

- b. Upah pekerja = Rp100.000,-
- c. Total upah pekerja = 2 x Rp100.000,-
= Rp200.000,-
6. Menghitung biaya konsumsi
- a. Jumlah pekerja = 2 pekerja
- b. Uang makan = Rp20.000,-
- c. Total uang makan = 2 x Rp20.000,-
= Rp40.000,-
7. Menghitung biaya tunjangan hari raya (THR)
- a. Jumlah pekerja = 2 pekerja
- b. THR per pekerja = Rp250.000,-
- c. Total THR = 2 x Rp250.000,-
= Rp500.000,-
- d. Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
- e. Tabungan THR per hari = $\frac{500.000}{300}$
= Rp1.667,- /hari
8. Rekapitulasi pengeluaran per hari
- a. Biaya alat utama = Rp13.333,- /hari
- b. Biaya alat bantu = Rp515,- /hari
- c. Biaya papan alas = Rp6.667,- /hari
- d. Biaya bangunan = Rp6.667,- /hari
- e. Biaya material = Rp544.322,- /hari
- f. Biaya operasional = Rp8.000,- /hari
- g. Biaya upah tenaga kerja = Rp200.000,- /hari
- h. Biaya konsumsi = Rp40.000,- /hari
- i. Biaya tunjangan hari raya (THR) = Rp1.667,- /hari
- j. Total pengeluaran per hari = Rp821.170,- /hari
9. Menghitung harga pokok produksi lapangan
- Produksi batako bonggol jagung diasumsikan sebanyak 200 batako/hari dan habis terjual sebanyak 200 batako/hari.
- a. Produksi batako per hari = 200 batako/hari

- b. Total biaya pengeluaran = Rp821.170,- /hari
- c. HPP lapangan = $\frac{821.170}{200}$
= Rp4.106,-
- d. PPN 10% = Rp4.106,- x 10%
= Rp411,-
- e. Harga dasar batako = Rp4.106,- + Rp411,-
= Rp4.516,- /buah
- f. Margin perusahaan 20% = Rp4.516,- x 20%
= Rp903,-
- g. Harga jual batako = Rp4.516,- + Rp903,-
= Rp5.420,- /buah
10. Menghitung penghasilan produksi per hari
- a. Produksi batako bonggol jagung per hari = 200 batako/hari
- b. Harga jual batako bonggol jagung = Rp5.420,- /buah
- c. Total pemasukan per hari = 200 x Rp5.420,-
= Rp1.083.945,- /hari
11. Menghitung keuntungan per batako
- a. Persentase keuntungan per buah = $\frac{5.420 - 4.516}{4.516} \times 100\%$
= 20%
- b. Keuntungan per buah = Harga jual – Harga pokok
= Rp5.420,- – Rp4.516,-
= Rp903,- /buah
- c. Keuntungan per hari = Total pemasukan – (Harga dasar x 200)
= Rp1.083.945,-
– (Rp4.516,- x 200)
= Rp262.774,- /hari
- d. Keuntungan per bulan
- 1) Jumlah hari kerja = 25 hari/bulan
- 2) Keuntungan per bulan = 25 x Rp262.774,-

- = Rp6.569.362,- /bulan
- e. Keuntungan per tahun
- 1) Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
 - 2) Keuntungan per tahun = 300 x Rp262.774,-
= Rp78.832.344,- /tahun
12. Menghitung Break Even Point (BEP)
- a. Modal awal
- 1) Harga alat *press* dan *mixer* = Rp25.000.000,-
 - 2) Cangkul@1 = Rp228.000,-
 - 3) Ember@3 = Rp54.600,-
 - 4) Sekop@1 = Rp80.100,-
 - 5) Cetok@1 = Rp39.000,-
 - 6) Ayakan@1 = Rp52.000,-
 - 7) Selang@1 = Rp10.000,-
 - 8) Harga bangunan = Rp10.000.000,-
 - 9) Kebutuhan papan @200 buah = Rp2.000.000,-
 - 10) Total modal awal = Rp37.463.700
- b. BEP
- 1) Jumlah batako pada titik BEP = $\frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}}$
= $\frac{37.463.700}{5.420 - 4.516}$
- BEP per buah jika diasumsikan laku terjual = 41475 batako
- 2) BEP per hari = $\frac{41475 \text{ buah}}{200 \text{ batako/hari}}$
= 207 hari
 - 3) BEP per bulan = $\frac{207 \text{ hari}}{25 \text{ hari}}$
= 8,3 bulan
 - 4) BEP per tahun = $\frac{8,3 \text{ bulan}}{12 \text{ bulan}}$
= 0,7 tahun

Berdasarkan perhitungan harga pokok produksi yang telah dilakukan, batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 membutuhkan biaya

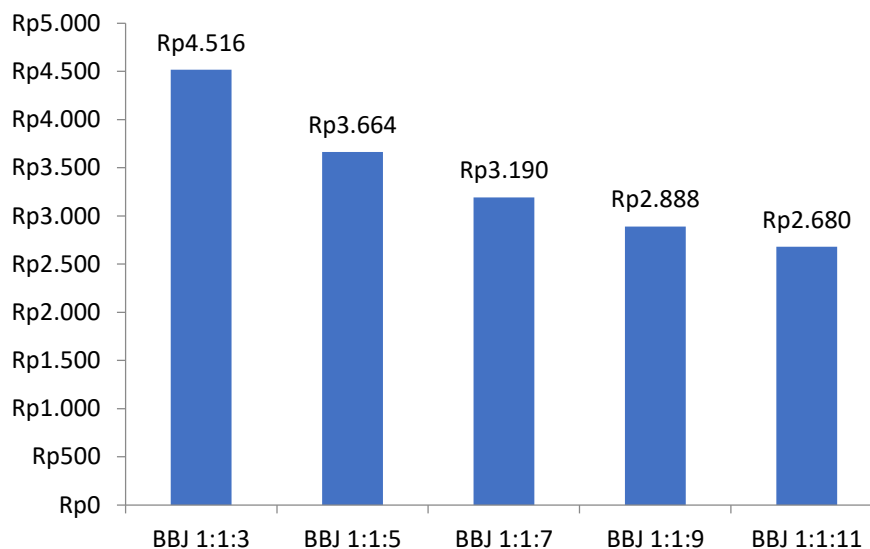
pengeluaran sebesar Rp821.170,- dengan produksi batako sebanyak 200 batako/hari. Harga dasar batako yang didapatkan sebesar Rp4.516,- per batako sedangkan harga jual batako sebesar Rp5.420,- dengan keuntungan sebesar Rp903,- per batako. Keuntungan bersih per hari yang didapatkan dari harga jual tersebut sebesar Rp262.774,- sedangkan keuntungan batako per tahun sebesar Rp78.832.344,-. Dari hasil perhitungan BEP didapatkan per tahun selama 0,7 tahun, maka dengan masa investasi 5 tahun analisis investasi BEP dinyatakan LAYAK.

Perhitungan harga pokok produksi pada batako bonggol jagung dengan variasi campuran lainnya dilakukan sama seperti perhitungan batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3. Perbedaannya hanya terletak pada perbandingan volume di setiap variasi batako yang menyebabkan perbedaan harga material pada setiap variasi.

Berikut ini adalah detail harga pokok produksi batako bonggol jagung.

1. Komposisi 1 : 1 : 3 = Rp4.516,- /buah
2. Komposisi 1 : 1 : 5 = Rp3.664,- /buah
3. Komposisi 1 : 1 : 7 = Rp3.190,- /buah
4. Komposisi 1 : 1 : 9 = Rp2.888,- /buah
5. Komposisi 1 : 1 : 11 = Rp2.680,- /buah

Berikut ini adalah grafik detail harga pokok produksi batako bonggol jagung yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 di bawah ini.



Gambar 5.12 Grafik Harga Pokok Produksi Batako

Berdasarkan harga pokok produksi batako bonggol jagung yang didapatkan dapat diketahui bahwa semakin rendah harga pokok produksi, maka batako yang dihasilkan akan semakin berongga sehingga kuat desak batako yang dihasilkan semakin menurun dan penyerapan air batako akan semakin tinggi. Harga pokok produksi yang paling optimal yaitu harga pokok produksi pada batako dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 sebesar Rp4.516,- per buah dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm dan keuntungan yang didapatkan sebesar Rp78.832.344,-. per tahun.

5.7 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Tujuan dari usaha batako bonggol jagung yang paling utama yaitu untuk menghasilkan keuntungan yang besar dengan sumber daya manusia, material, peralatan, dan modal/biaya yang terbatas. Produksi batako bonggol jagung per hari dengan jumlah yang banyak akan menghasilkan keuntungan yang besar.

Setelah dilakukan analisis kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas pada batako, rekapitulasi mutu dan biaya batako bonggol jagung dan bata ringan Focon dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Bonggol Jagung dan Focon

Komposisi Campuran	Nilai Kuat Desak (kg/cm²)	Persentase Penyerapan Air (%)	Redaman Panas (°C)	Volume Rata-rata (kg/m³)	Harga Jual /Batako
Batako Bonggol Jagung 1:1:3	9,17	15,250	2,79	1224,75	Rp5.420,-
Batako Bonggol Jagung 1:1:5	1,94	30,050	3,43	978,54	Rp4.369,-
Batako Bonggol Jagung 1:1:7	1,55	41,690	3,76	827,02	Rp3.828,-
Batako Bonggol Jagung 1:1:9	1,29	45,506	4,16	808,08	Rp3.466,-
Batako Bonggol Jagung 1:1:11	0,86	48,519	5,04	700,76	Rp3.216,-
Bata Ringan Focon	33,90	34,081	1,86	675,00	Rp12.500,-

Berdasarkan Tabel 5.11 di atas, semua variasi campuran batako bonggol jagung tidak memenuhi syarat kuat desak rata-rata standar SNI yaitu sebesar 25 kg/cm² sedangkan bata ringan Focon dengan nilai kuat desak sebesar 33,90 kg/cm² masuk ke dalam syarat kuat desak rata-rata standar SNI dengan berat volume Focon sebesar 675 kg/m³. Kuat desak rata-rata batako bonggol tertinggi terdapat pada variasi campuran 1 : 1 : 3 dengan nilai sebesar 9,17 kg/cm² dan berat volume sebesar 1224,75 kg/m³. Dapat disimpulkan bahwa nilai kuat desak batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3 lebih kecil 72,96%

dibandingkan kuat desak bata ringan Focon serta berat volumenya lebih berat 81,44% dibandingkan bata ringan Focon.

Dilihat dari aspek ekonomi harga dan teknis kelayakan, batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 dinilai terbaik dengan nilai kuat desak rata-rata sebesar $9,17 \text{ kg/cm}^2$, berat volume batako kurang dari 1400 kg/m^3 yaitu sebesar $1224,75 \text{ kg/m}^3$ sehingga dapat dikategorikan sebagai batako ringan, penyerapan air masuk ke dalam mutu I dengan nilai sebesar 15,25%, nilai redaman panas didapatkan sebesar $2,79^\circ\text{C}$ yang mana lebih baik 50,1% dibanding bata ringan Focon, harga jual batako didapatkan sebesar Rp5.420,- per batako dengan keuntungan yang didapat sebesar Rp6.569.362,- per bulan.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin rendah harga jual, maka batako bonggol jagung yang dihasilkan akan semakin *porous* atau berongga yang mengakibatkan nilai kuat desak menjadi turun dan penyerapan airnya menjadi tinggi.

5.8 Analisis Perbandingan

Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan pada 3 jenis batako, yaitu batako bonggol jagung, bata ringan merek Focon, dan batako konvensional yang dijual di pasaran. Batako bonggol jagung yang dianalisis merupakan batako dengan variasi campuran 1 : 1 : 3. Batako bonggol jagung hasil penelitian memiliki ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm dengan nilai kuat desak sebesar $9,17 \text{ kg/cm}^2$, nilai penyerapan air sebesar 15,25%, nilai redaman panas sebesar $2,79^\circ\text{C}$, dan harga jual Rp5.420,- per batako. Bata ringan merek Focon yang dijual di Toko Bangunan Dadi Makmur yang berada di kawasan Degolan, Sleman memiliki ukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm dengan nilai kuat desak sebesar $33,90 \text{ kg/cm}^2$, nilai penyerapan air sebesar 34,08%, nilai redaman panas sebesar $1,86^\circ\text{C}$, dan harga jual Rp12.500,- per batako. Sementara itu, batako di pasaran memiliki ukuran 36 cm x 10 cm x 19 cm dengan harga jual batako sebesar Rp4.000,-/buah.

Agar harga ketiga batako di atas dapat dibandingkan, ukuran bata ringan Focon dan batako konvensional yang ada di pasaran dikonversikan menjadi ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm yang kemudian harga jualnya dihitung secara

linier. Volume bata ringan Focon adalah $60 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 12000 \text{ cm}^3$ dengan harga sebesar Rp12.500,-/buah, sehingga jika dikonversikan menjadi ukuran $40 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} = 10560 \text{ cm}^3$ akan diperoleh harga bata ringan Focon sebesar $= (10560/12000) \times \text{Rp}12.500,- = \text{Rp}11.000,-/\text{buah}$. Selanjutnya volume batako konvensional yang ada di pasaran yaitu sebesar $36 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 6840 \text{ cm}^3$ dengan harga Rp4.000,-/buah juga dikonversikan ukurannya menjadi $40 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} = 10560 \text{ cm}^3$ sehingga diperoleh harga batako konvensional sebesar $= (10560/6840) \times \text{Rp}4.000,- = \text{Rp}6.175,-/\text{buah}$.

Dapat dilihat dari perhitungan konversi di atas, bata ringan merek Focon harganya mencapai Rp11.000,-/buah dan batako konvensional yang ada di pasaran harga per batakonya sebesar Rp6.175,- sedangkan harga jual batako bonggol jagung sebesar Rp5.420,-/buah. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa harga batako bonggol jagung hasil penelitian masih lebih murah 50,73% dibandingkan bata ringan merek Focon sedangkan perbandingan harga batako bonggol jagung dengan batako konvensional memiliki selisih yang lebih sedikit yaitu sebesar 12,23% lebih murah batako bonggol jagung.

Berikut ini adalah perbandingan penelitian batako yang harga jualnya telah dikonversikan terlebih dahulu yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Hasil Perbandingan Penelitian Batako

Variasi Batako	Bata ringan merek Focon	Batako konvensional di pasaran	Batako bonggol jagung
Metode Pencetakan	Di cetak menggunakan alat modern di pabrik	Di cetak menggunakan mesin <i>press</i>	Di cetak menggunakan mesin <i>press</i>
Hasil Produksi	>1000	500	200
Pekerja	<50	2	2
Harga Jual/Batako	Rp11.000,-	Rp6.175,-	Rp5.420,-

Dari tabel hasil analisis perbandingan tiga batako di atas, dapat disimpulkan bahwa batako bonggol jagung memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan batako konvensional yang ada di pasaran karena batako bonggol jagung menggunakan bahan yang murah disebabkan adanya pemanfaatan limbah bahan bonggol jagung yang harganya relatif murah di pasaran. Harga batako bonggol jagung jika dibandingkan dengan bata ringan merek Focon juga relatif lebih murah karena proses produksi batako bonggol jagung hanya menggunakan alat press yang sederhana sedangkan bata ringan merek Focon menggunakan bahan yang mahal dan produksinya diproses secara modern dengan menggunakan alat yang mahal, seperti mesin pengaduk khusus, oven, alat pemotong, dan alat pencetak. Akan tetapi dari penggunaan alat yang mahal tersebut, bata ringan Focon yang dihasilkan lebih rapi dan tampilan fisiknya lebih menarik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Bab V, maka dapat disimpulkan menjadi beberapa hal sebagai berikut.

1. Batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 semen : 1 abu batu : 3 bonggol jagung memiliki kuat desak tertinggi yaitu sebesar $9,17 \text{ kg/cm}^2$ dengan berat volume rata-rata sebesar $1224,75 \text{ kg/m}^3$. Batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 semen : 1 abu batu : 11 bonggol jagung memiliki kuat desak terendah yaitu sebesar $0,86 \text{ kg/cm}^2$ dengan berat volume rata-rata sebesar $700,76 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan pada pengujian penyerapan air, batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3 memiliki nilai sebesar 15,25% dan sesuai yang disyaratkan SNI masuk ke dalam kategori mutu I yaitu dapat digunakan pada konstruksi di luar atap. Batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 5 dengan nilai penyerapan air sebesar 30,05% masuk ke dalam kategori mutu II yaitu dapat digunakan pada konstruksi di bawah atap. Batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 7, variasi campuran 1 : 1 : 9, dan variasi campuran 1 : 1 : 11 tidak masuk dalam kriteria SNI 03-0349-1989.
2. Nilai redaman panas pada batako bonggol jagung yang paling baik dari semua variasi campuran batako bonggol jagung terdapat pada variasi campuran 1 : 1 : 11 dengan nilai redaman panas sebesar $5,04 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Nilai aspek teknis yang optimal terdapat pada batako bonggol dengan variasi campuran 1 : 1 : 3 sedangkan nilai redaman panas yang baik terdapat pada batako bonggol jagung dengan variasi campuran 1 : 1 : 11. Nilai aspek teknis pada batako bonggol jagung berbanding terbalik dengan nilai redaman panasnya.

4. Harga jual batako bonggol jagung yang optimal yaitu pada variasi campuran 1 : 1 : 3 didapatkan sebesar Rp5.420,- per batako. Harga batako bonggol jagung tersebut lebih murah 12,23% dibandingkan batako konvensional di pasaran dan 50,73% lebih murah dibandingkan bata ringan Focon.
5. Bata ringan Focon memiliki kuat desak sebesar 33,90 kg/cm² dengan berat volume rata-rata sebesar 675 kg/m³. Bata ringan Focon masuk ke dalam syarat kuat desak rata-rata SNI yaitu 25 kg/cm² dan lebih baik 72,96% daripada batako bonggol jagung variasi campuran 1 : 1 : 3. Penyerapan air bata ringan Focon dengan nilai sebesar 34,08% masuk ke dalam kategori mutu II yaitu dapat digunakan pada konstruksi yang memikul beban dan terlindung dari cuaca luar (di bawah atap). Nilai redaman panas pada bata ringan Focon yaitu sebesar 1,86 °C. Harga jual bata ringan Focon yang telah dikonversikan dengan ukuran batako penelitian memiliki harga sebesar Rp11.000,- /buah.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut.

1. Proses pengadukan campuran batako harus lebih teliti agar adukan batako menjadi homogen sehingga tercampur dengan baik dan merata.
2. Komposisi penambahan bahan bonggol jagung pada batako penelitian sebaiknya dikurangi agar menghasilkan nilai kuat desak, penyerapan air yang lebih baik.
3. Penambahan variasi batako tanpa penambahan bahan bonggol jagung dengan menggunakan material bahan penyusun yang sama untuk dijadikan pembanding selain bata ringan.
4. Penimbangan benda uji sebaiknya dilakukan sebelum benda uji diberi plesteran.
5. Selain menghitung komposisi campuran material bahan batako, pada penelitian selanjutnya diharapkan juga menghitung analisis sensitivitas

untuk mengetahui akibat perubahan parameter-parameter produksi terhadap perubahan kinerja sistem produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R.. 2019. *Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. SNI 03-0349-1989. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *Semen Portland*. SNI 15-2049-2004. Jakarta.
- Databooks Katadata. 2018. *Produksi Jagung Diprediksi Surplus Hingga 2021*. https://databoks.katadata.co.id/datapublishembed_en/111523/produksi-jagung-diprediksi-surplus-hingga-2021.html (diakses tanggal 30 September 2021).
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBI-1982, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fahri, B. 2020. *Pemanfaatan dengan Cacahan Bonggol Jagung sebagai Bahan Susun Batako*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Frick, Heinz, dan Koesmartadi Ch. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan. Eskplotasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hesti, S, I. 2014. *Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu sebagai Pengganti Pasir*. Tugas Akhir. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kasmir. 2011. *Analisis Laporan Keuangan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Koswara, J. 1991. *Budidaya Jagung*. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Memon, S.A., Javed, U., Khushnood, R.A., 2019. *Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete*. *Construct. Build. Mater.* 195, 165 - 177.

- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. Erlangga. Jakarta.
- Pinto, J., Barbosa, V., Helder, P., Carlos, J., Paulo, V., Anabela, P., Sandra, P., Vitor, M,C,F,C,. Humberto, V. 2012. *Corn cob lightweight concrete for non-structural applications*. *Construction and Building Materials*, 34, 346-351.
- Saha, B.C. 2003. *Hemicellulose bioconversion*. *J. Ind Microbiol Biotechnol* 30 : 279-291.
- Sembiring, S. 2012. *Mikroskopi Elektron (SEM)*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Simbolon, T. 2009. *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan Yang Terbuat dari Styofom-Semen*. Thesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Wicaksono, A.D., Suwandi., dan Ajiwiguna, T.A. 2017. *Pengaruh Bahan Insulasi Terhadap Perpindahan Kalor Pada Tangki Penyimpanan Air Untuk Sistem Pemanas Air Berbasis Surya*. *e-Proceeding of Engineering*. Vol.4 No.3: 3845-3852. Universitas Telkom.
- Winarno, S. 2019. *Comparative Strength and Cost of Rice Husk Concrete Block*. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 280, p. 04002). EDP Sciences.
- Winarno, S., Pramono, W. A. 2019. *Batako Sekam Padi: Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi*. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium

Nomor : 92/Ka. Prodi/20/PSTS/X/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan
Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada Yth:

Koordinator Laboratorium
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Noor Fadhila
NIM : 18511235
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Bonggol Jagung Sebagai Agregat Pada
Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan
Konduktivitas Panas

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan permohonan untuk meminjam peralatan beserta fasilitas Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

Dr. Sri Amiri Yuni Astuti, M.T.

Yogyakarta, 16 Oktober 2021
Pemohon



Annisa Noor Fadhila
NIM: 18511235

Menyetujui
Koordinator Laboratorium



Ir. Bambang Sulistiono,
MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.

Menyetujui
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi
Teknik (BKT)



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Catatan:

Kepala laboratorium Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada tanggal 1 sampai tanggal **21 November 2021**

)* Kepala laboratorium mengisi tanggal pengujian yang disetujui untuk melakukan pengujian.

Lampiran 2 Gambar Benda Uji



Gambar L-2.1 Benda Uji Setelah Pencetakan



Gambar L-2.1 Benda Uji Umur Setelah 28 Hari

Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak



Gambar L-3.1 Perataan Permukaan Benda Uji Sebelum Diuji Tekan



Gambar L-3.2 Penimbangan Benda Uji



Gambar L-3.3 Pengukuran Benda Uji



Gambar L-3.4 Pengujian Kuat Desak

Lampiran 4 Pengujian Penyerapan Air



Gambar L-4.1 Pemotongan Benda Uji Menjadi 4 Bagian



Gambar L-4.2 Benda Uji Setelah Dipotong



Gambar L-4.3 Perendaman Benda Uji



Gambar L-4.4 Penimbangan Benda Uji Setelah Perendaman



Gambar L-4.5 Benda Uji Dikeringkan di Oven

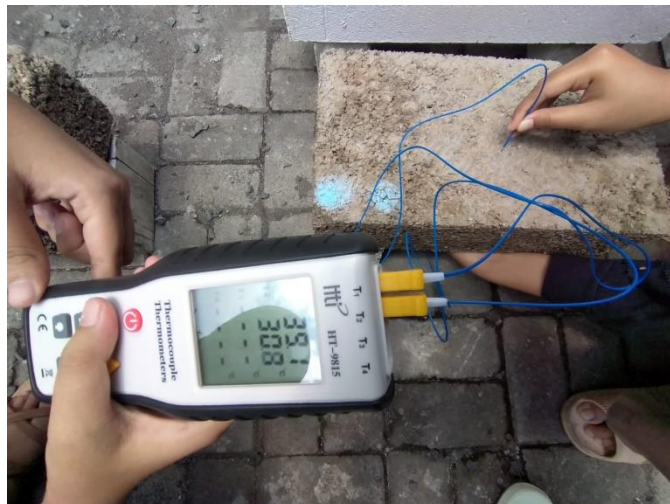


Gambar L-4.6 Penimbangan Benda Uji Setelah Kering

Lampiran 5 Pengujian Redaman Panas

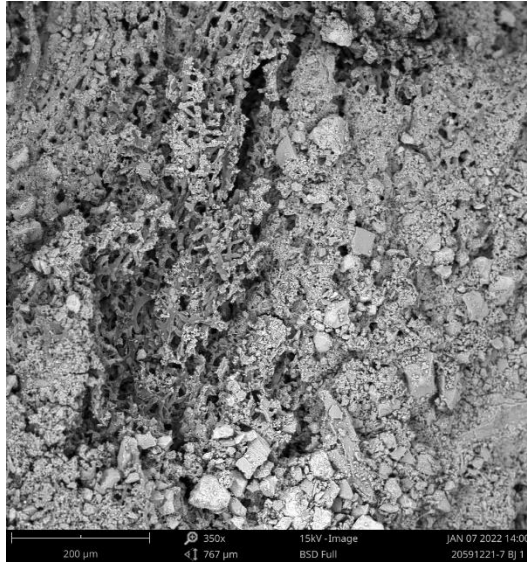


Gambar L-5.1 Penjemuran Benda Uji

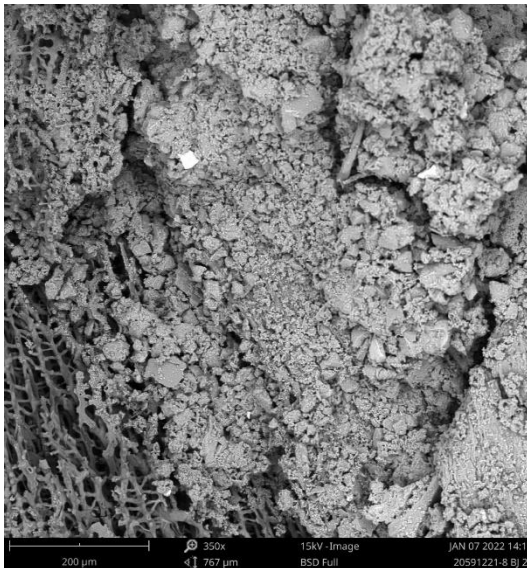


Gambar L-5.2 Pengecekan Suhu Menggunakan Thermocouple

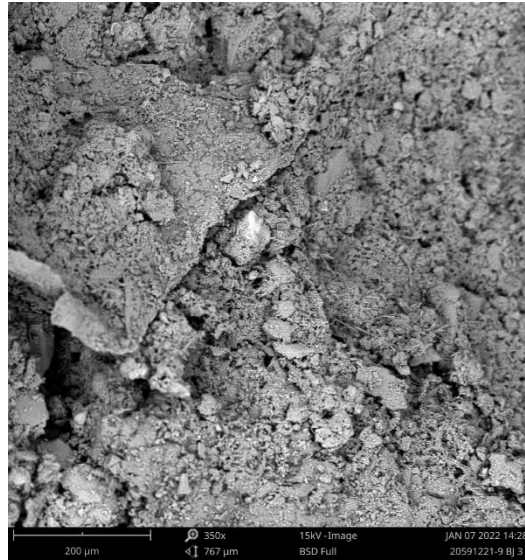
Lampiran 6 Pengujian SEM Perbesaran 350x



Gambar L-6.1 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 3



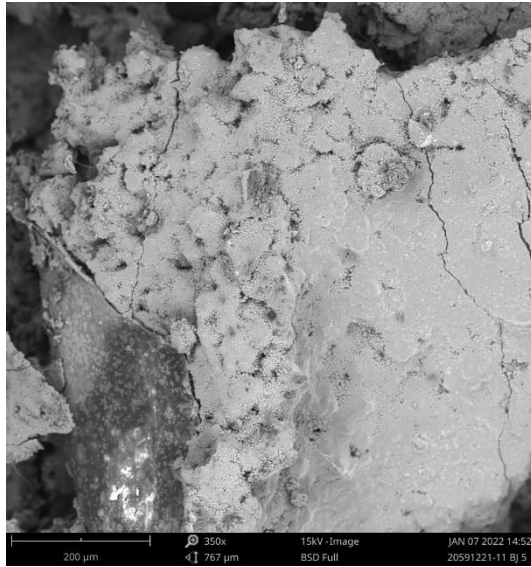
Gambar L-6.2 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 5



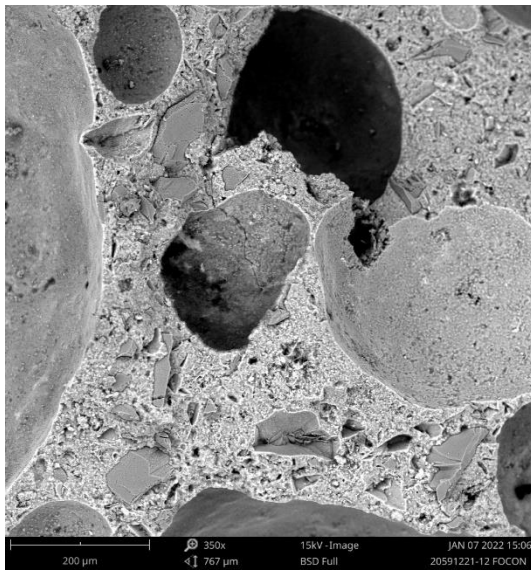
Gambar L-6.3 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 7



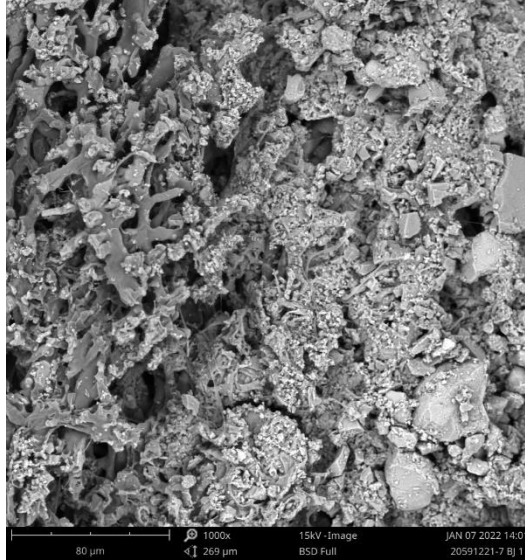
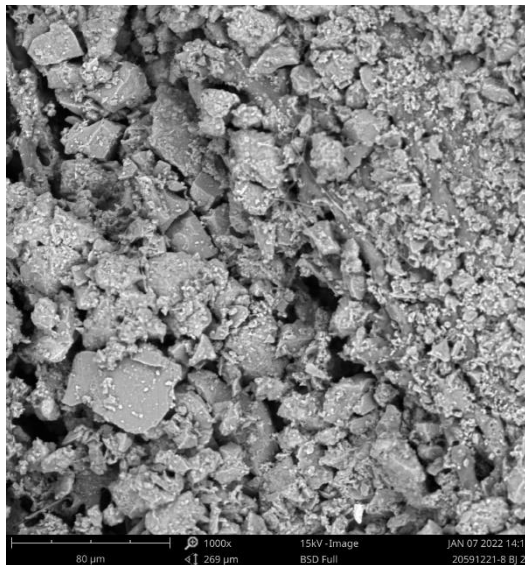
Gambar L-6.4 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 9

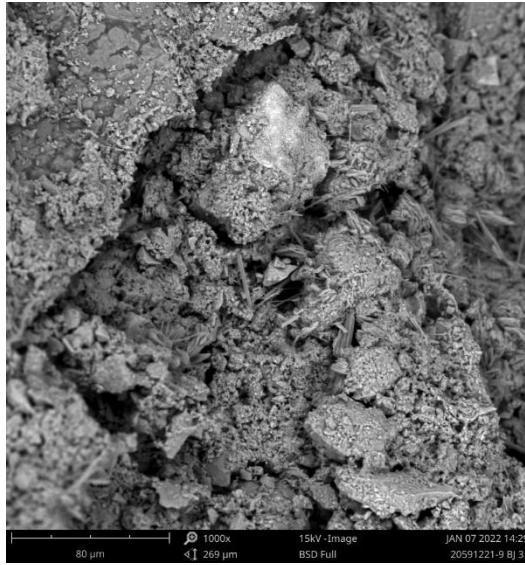


Gambar L-6.5 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 11

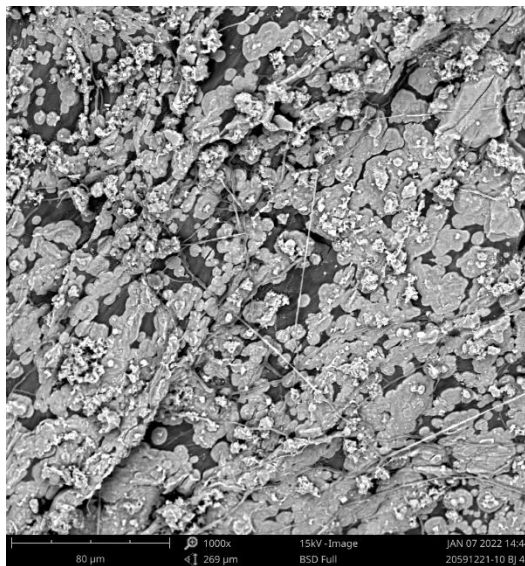


Gambar L-6.6 Bata Ringan Focon

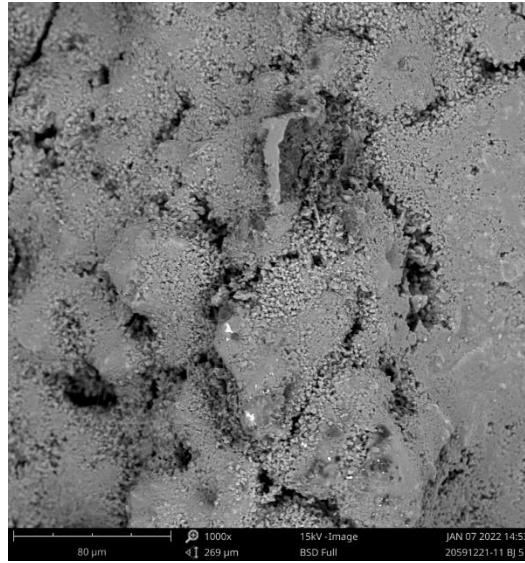
Lampiran 7 Pengujian SEM Perbesaran 1000x**Gambar L-7.1 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 3****Gambar L-7.2 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 5**



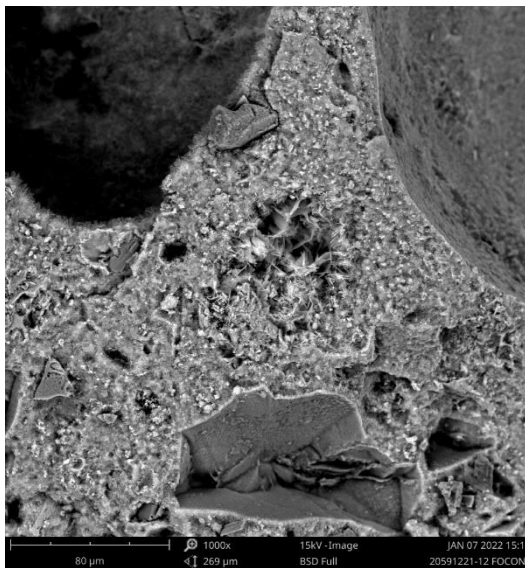
Gambar L-7.3 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 7



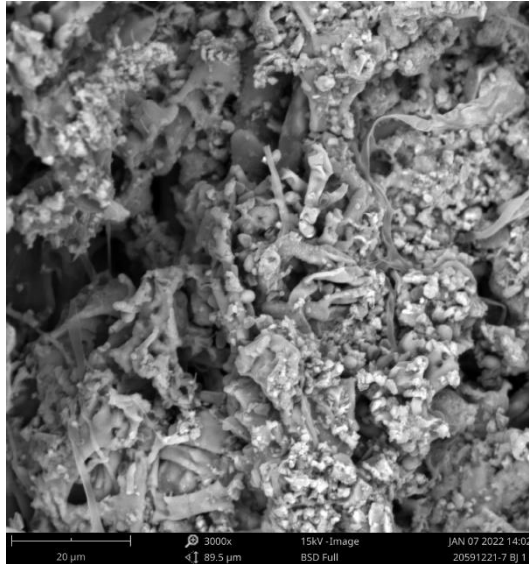
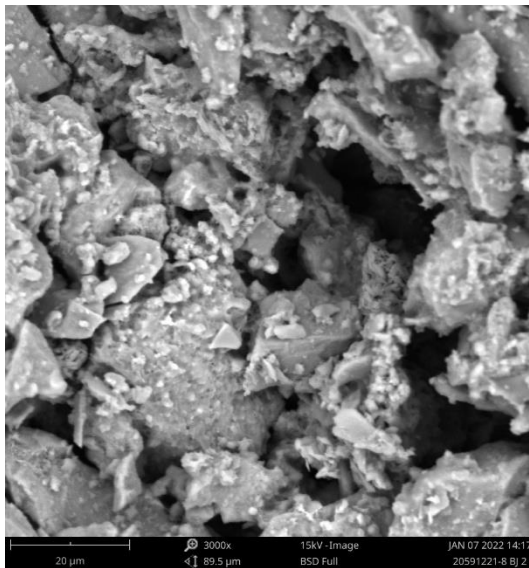
Gambar L-7.4 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 9

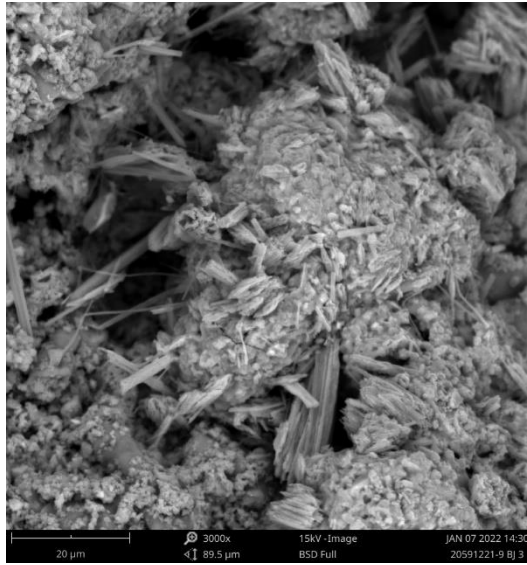


Gambar L-7.5 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 11

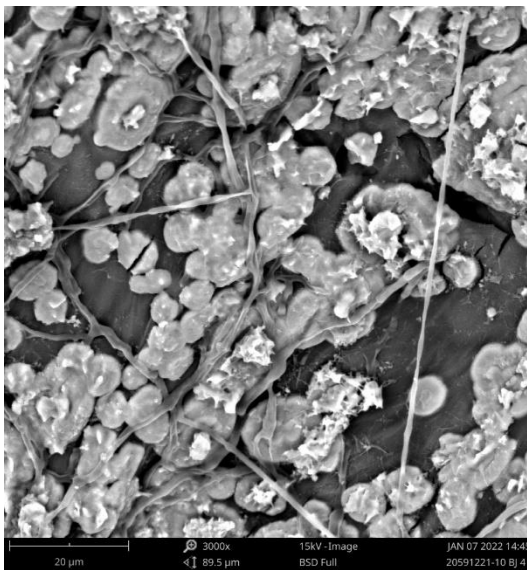


Gambar L-7.6 Bata Ringan Focon

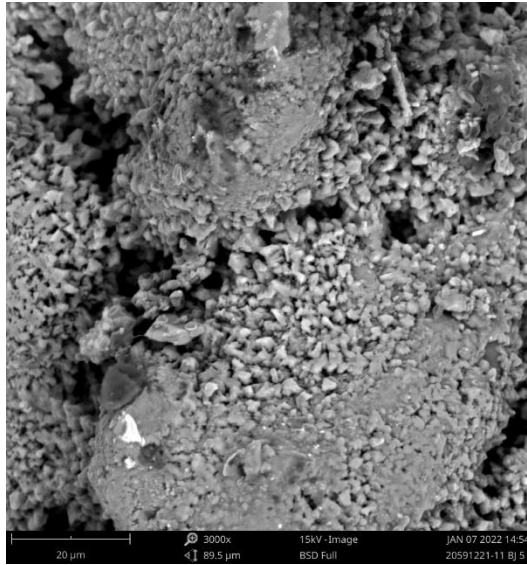
Lampiran 8 Pengujian SEM Perbesaran 3000x**Gambar L-8.1 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 3****Gambar L-8.2 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 5**



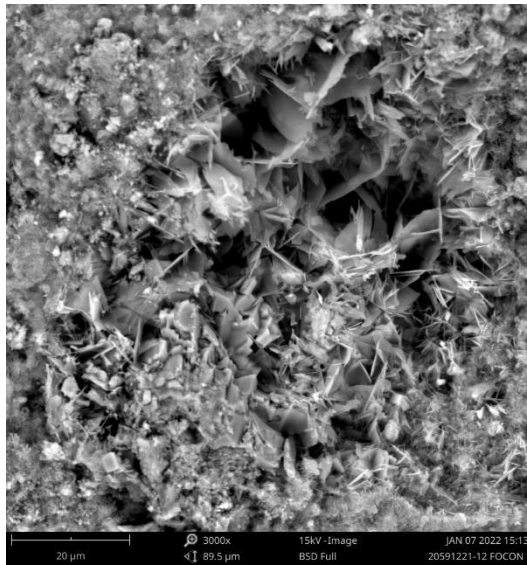
Gambar L-8.3 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 7



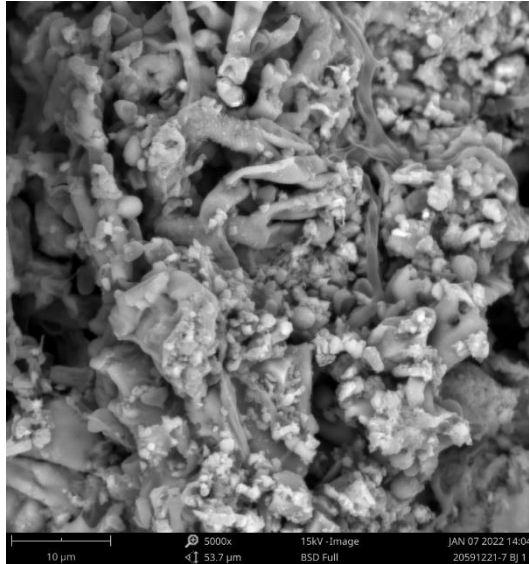
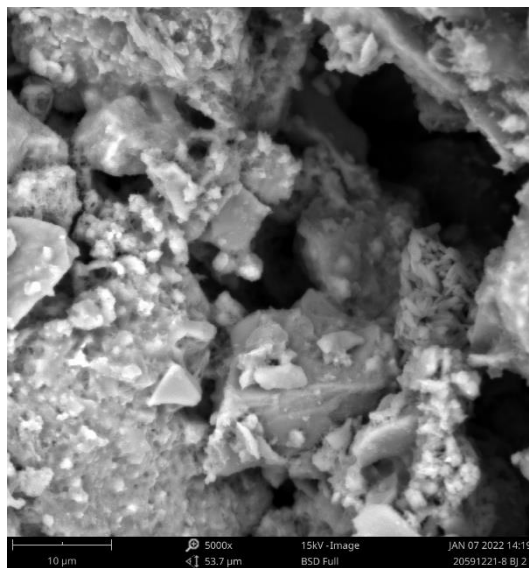
Gambar L-8.4 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 9

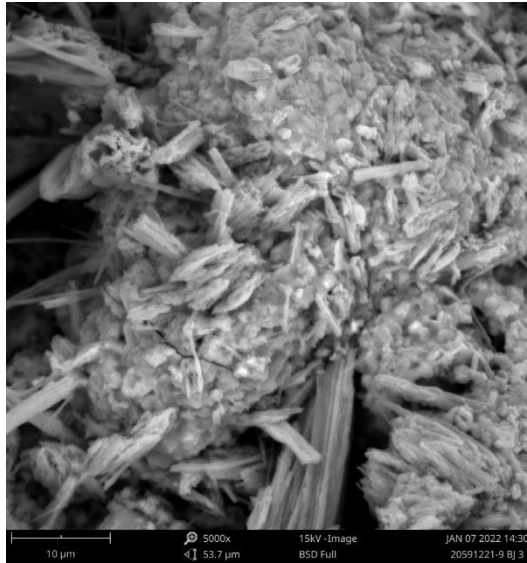


Gambar L-8.5 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 11



Gambar L-8.6 Bata Ringan Focon

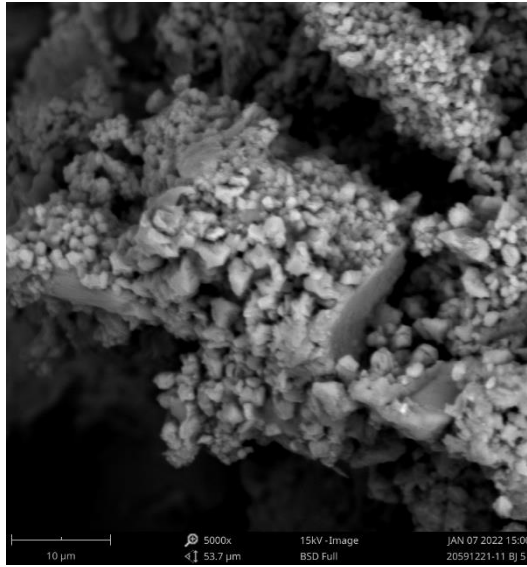
Lampiran 9 Pengujian SEM Perbesaran 5000x**Gambar L-8.1 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 3****Gambar L-8.2 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 5**



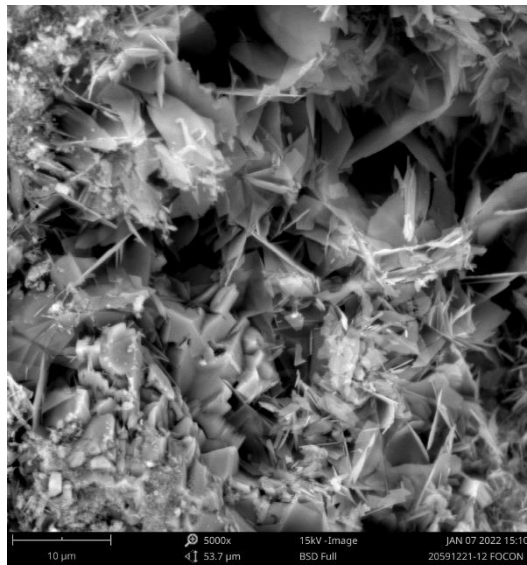
Gambar L-8.3 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 7



Gambar L-8.4 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 9



Gambar L-8.5 Batako Bonggol Jagung Komposisi 1 : 1 : 11



Gambar L-8.6 Bata Ringan Focon