

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI *FLY ASH* TERHADAP KARAKTERISTIK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO SEKAM PADI (*THE EFFECT OF FLY ASH VARIATIONS ON TECHNICAL CHARACTERISTIC, HEAT INSULATION, AND PRODUCTION COST IN RICE HUSK CONCRETE BLOCKS*)

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



**ZAHRA AMALIA SAVITRI
20511092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI *FLY ASH* TERHADAP KARAKTERISTIK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO SEKAM PADI (*THE EFFECT OF FLY ASH VARIATIONS ON TECHNICAL CHARACTERISTIC, HEAT INSULATION, AND PRODUCTION COST IN RICE HUSK CONCRETE BLOCKS*)

Disusun Oleh

Zahra Amalia Savitri

20511092

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

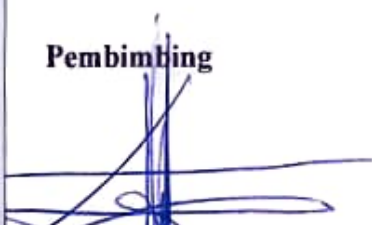
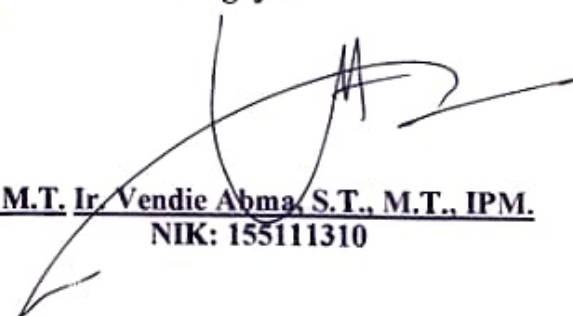
Diuji pada tanggal 11 Juli 2024
Oleh Dewan Penguji



Pembimbing

Penguji I

Penguji II

  
a Winarno, S.T., M.T., Ph.D. Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IPM.
NIK: 945110101 NIK: 195110502 NIK: 155111310

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya 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, 11 Juli 2024
Yang membuat pernyataan,



Zahra Amalia Savitri
(20511092)

DEDIKASI

Mama dan Bapak, terima kasih atas segala cinta yang tak pernah pudar, dukungan yang tak terbatas, apresiasi yang tiada habisnya, pelukan yang selalu terbuka, dan doa yang selalu kalian langitkan.

Aku beruntung dan bersyukur terlahir sebagai anak kalian.

Kakakku, terima kasih telah menjadi tameng untuk adikmu. Dan, terima kasih atas kasih sayang, arahan, dan doa dalam perjalanan panjangku ini.

Sahabatku, Helga dan Mame. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidupku. Terima kasih telah menjadi partner dalam segala hal yang menemani, mendukung, mendengar keluh kesah, dan memberi semangat untuk selalu pantang menyerah.

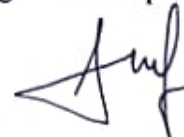
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Variasi Fly ash terhadap Karakteristik Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi pada Batako Sekam Padi*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis. Namun, berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan kepada penulis,
3. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan saran dalam penelitian Tugas Akhir ini,
4. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam penelitian Tugas Akhir ini,
5. Bapak dan ibu penulis yang selalu mendoakan, memberikan dukungan material, dan mendukung penulis dalam berbagai hal.

Yogyakarta, 11 Juli 2024
Yang membuat pernyataan,



Zahra Amalia Savitri
20511092

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 Penelitian Terdahulu	7
2.2.1 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual	7
2.2.2 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas	8
2.2.3 Penggunaan <i>Fly ash</i> Sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami Pada Campuran Beton	9

2.2.4 Analisis Peningkatan Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan <i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Substitusi Parsial	10
2.2.5 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako dengan Penambahan Abu Batu dan <i>Fly ash</i> Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara	11
2.3 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan	12
BAB III LANDASAN TEORI	17
3.1 Batako	17
3.1.1 Pengertian Batako	17
3.1.2 Sifat dan Karakteristik Batako	18
3.1.3 Klasifikasi Batako	19
3.1.4 Syarat Mutu	20
3.2 Bahan Campuran Penyusun Batako	21
3.2.1 Sekam Padi	21
3.2.2 Semen	22
3.2.3 Abu Batu	23
3.2.4 Air	23
3.2.5 <i>Fly ash</i>	23
3.3 Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	25
3.4 Pembuatan Batako	26
3.5 Pengujian Pada Batako	27
3.5.1 Perhitungan Berat Volume Batako	27
3.5.2 Pengujian Kuat Tekan	28
3.5.3 Pengujian Penyerapan Air	29
3.5.4 Pengujian Daya Redam Panas	29
3.5.5 Biaya Pokok Produksi	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	35
4.1 Tinjauan Umum	35
4.2 Pelaksanaan Penelitian	35
4.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	35

4.2.2 Perencanaan Komposisi	43
4.2.3 Pembuatan Benda Uji	43
4.3 Prosedur Analisis Data	45
4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Selama Proses Produksi	45
4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium	45
4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Biaya Pokok Produksi	48
4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan	48
4.3.5 Tahap Kesimpulan	49
4.4 Bagan Alir Penelitian	49
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5.1 Tinjauan Umum	51
5.2 Kebutuhan Campuran Batako	51
5.3 Perhitungan Berat Volume Batako	56
5.4 Data Hasil Pengujian	60
5.4.1 Pengujian Kuat Tekan	61
5.4.2 Pengujian Penyerapan Air	64
5.4.3 Pengujian Redaman Panas	69
5.5 Perhitungan Biaya Pokok Produksi	79
5.6 Hubungan Mutu dan Biaya	89
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	92
6.1 Kesimpulan	92
6.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton	20
Tabel 3.2 Syarat-syarat Fisik Bata Beton	21
Tabel 3.3 Komposisi Bahan Susun Campuran Batako	26
Tabel 5.1 Kebutuhan Benda Uji untuk Pengujian	52
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Bahan Susun Batako	53
Tabel 5.3 Komposisi Campuran Batako	56
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Volume Batako	58
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan	62
Tabel 5.6 Pengujian Penyerapan Air	66
Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi I	69
Tabel 5.8 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi II	70
Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi III	72
Tabel 5.10 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi IV	73
Tabel 5.11 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi V	74
Tabel 5.12 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi VI	75
Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pengujian Redaman Panas	78
Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Biaya Pokok Produksi	87
Tabel 5.15 Rekapitulasi Mutu dan Biaya	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Batako Trass/Putih	18
Gambar 3.2 Batako Semen/ <i>Press</i>	18
Gambar 4.1 Timbangan	36
Gambar 4.2 Terpal	36
Gambar 4.3 Saringan	37
Gambar 4.4 Ember	37
Gambar 4.5 Sekop	38
Gambar 4.6 <i>Mixer Machine</i>	38
Gambar 4.7 Gelas Ukur	39
Gambar 4.8 Cetakan Batako	39
Gambar 4.9 <i>Press Machine</i>	40
Gambar 4.10 Papan Kayu	40
Gambar 4.11 <i>Fly Ash</i>	41
Gambar 4.12 Sekam Padi	41
Gambar 4.13 Abu Batu	42
Gambar 4.14 Semen	42
Gambar 4.15 <i>Flowchart</i> Pembuatan Benda Uji	43
Gambar 4.16 <i>Flowchart</i> Penelitian	50
Gambar 5.1 Ilustrasi Batako Berlubang	54
Gambar 5.2 Ilustrasi Detail Batako Berlubang	54
Gambar 5.3 Grafik Berat Volume Rata-rata Batako	60
Gambar 5.4 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Batako	64
Gambar 5.5 Grafik Penyerapan Air Rata-rata Batako	68
Gambar 5.6 Grafik Redaman Panas Rata-rata Batako	79
Gambar 5.7 Grafik Biaya Pokok Produksi Batako	88
Gambar 5.8 Hubungan Kuat Tekan dengan Berat Volume Batako Sekam Padi	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pembuatan Benda Uji Batako	98
Lampiran 2 Pengujian Kuat Tekan Batako	102
Lampiran 3 Pengujian Daya Serap Air Batako	104
Lampiran 4 Pengujian Redaman Panas Batako	106
Lampiran 5 Hasil Survei Harga <i>Fly Ash</i> Melalui <i>Marketplace</i> (Situs Jual Beli <i>Online</i>)	107

DAFTAR NOTASI

σ	= Kuat tekan beton (MPa)
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang melintang (mm ²)
W	= Berat basah batako (gram)
D	= Berat kering batako (gram)
Δ	= Selisih
T	= Suhu

ABSTRAK

Pembangunan proyek konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya pembangunan gedung bertingkat. Oleh sebab itu, kebutuhan akan material bangunan pun ikut meningkat, seperti batako. Dalam penelitian ini, pemanfaatan limbah sekam padi akan dipakai sebagai agregat dalam bahan susun batako. Selain sekam padi, bahan susun batako yang digunakan adalah *fly ash*, yaitu material yang bisa mengurangi penggunaan semen dengan harga yang lebih murah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap karakteristik teknis, redaman panas, dan biaya produksi.

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan campuran bahan yang terdiri dari semen, abu batu, sekam padi, dan *fly ash*. Penelitian batako sekam padi ini memiliki enam variasi dengan persentase komposisi penambahan *fly ash* sebanyak 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan berat volume, pengujian kuat tekan, penyerapan air, redaman panas, dan perhitungan biaya produksi batako.

Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai berat volume, kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang naik turun (tidak konsisten) karena saat proses penakaran bahan susun yang tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten. Selain itu, proses pencampuran yang kurang lama menghasilkan pencampuran yang tidak homogen. Namun, harga jual batako sekam padi konsisten mengalami penurunan sehingga adanya penambahan campuran *fly ash* pada batako sekam padi mampu menekan penggunaan semen dan mengurangi biaya produksi.

Kata kunci: Batako sekam padi, *fly ash*, berat volume, kuat tekan, penyerapan air, redaman panas, biaya produksi

ABSTRACT

The construction project development in Indonesia continues to increase along with the construction of high-rise buildings. Therefore, the demand for building materials also rises, such as blocks. In this research, the utilization of rice husk waste will be used as aggregate in the composition of block materials. Besides rice husk, the composition of the block material includes fly ash, a material that can reduce the use of cement at a lower cost. The objective of this research is to determine the effect of adding various proportions of fly ash to the composition of rice husk concrete blocks on technical characteristics, heat insulation, and production costs.

This research method employs an experimental approach with a mixture of materials consisting of cement, stone ash, rice husk, and fly ash. The research on rice husk concrete blocks includes six variations with percentages of fly ash composition added at 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, and 20%. The research includes calculations of volume weight, compressive strength testing, water absorption, heat insulation, and blocks production cost calculations.

The results of this reasearch show fluctuations in volume weight, compressive strength, water absorption, and heat insulation due to inconsistent material measuring processes that did not fully adhere to standard proportions, as well as insufficient mixing time resulting in non-homogeneous mixtures. However, the selling price of rice husk cocnrete blocks consistently decreased, indicating that adding fly ash to rice husk concrete blocks can reduce cement usage and production costs.

Keywords: *Rice husk concrete blocks, fly ash, volume weight, compressive strength, water absorption, heat insulation, production costs*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan proyek konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan dan semakin berkembang seiring dengan banyaknya pembangunan gedung bertingkat, seperti hotel, apartemen, rumah sakit, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu, kebutuhan akan material bangunan pun ikut meningkat. Pada sebuah konstruksi, salah satu material bangunan yang cukup sering digunakan dalam pembuatan dinding ialah batako. Batako sendiri tersusun dari bahan campuran berupa semen, pasir, dan air. Secara umum, berat volume yang dimiliki oleh batako ialah sekitar $2200 - 2400 \text{ kg/m}^3$ (Prayuda, 2017). Batako dengan berat volume tersebut termasuk material yang berat sehingga pemasangan batako sebagai dinding memerlukan waktu dan tenaga pekerja yang lebih banyak dibandingkan dengan material dinding lain yang lebih ringan.

Salah satu penyelesaian terhadap batako sebagai material berat tersebut dapat dilakukan dengan mengurangi berat volume bahan susunnya, antara lain dengan memanfaatkan bahan-bahan alternatif agregat lain. Bahan-bahan tersebut dapat diambil dari limbah-limbah, seperti limbah baja (*steel slag*), limbah plastik, limbah beton, limbah sekam padi, limbah kaca, dan lain-lain. Dalam penelitian ini, pemanfaatan limbah sekam padi akan dipakai sebagai agregat dalam bahan susun batako.

Sekam padi merupakan hasil penggilingan ataupun penumpukan kulit gabah. Indonesia yang merupakan negara dengan banyaknya lahan pertanian ini dapat mencukupi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia salah satunya melalui proses pengolahan padi menjadi beras. Pengolahan ini dimulai dari perontokan dan pengeringan, pemecahan kulit, dan penggilingan. Pada proses penggilingan padi inilah didapatkan sekam padi yang dipisahkan dari butir beras, kemudian menjadi limbah dari proses tersebut (Listiana, 2021). Oleh karena itu, Indonesia tentu saja memiliki banyak limbah sekam padi. Bagian padi tersebut bisa dimanfaatkan

sebagai bahan campuran pupuk, media tanam, dan bahkan sebagai campuran bahan bangunan.

Pemanfaatan limbah sekam padi ini sebelumnya sudah dilakukan beberapa penelitian tentang batako sekam padi agar memenuhi standar batako dan beton ringan. Standar minimum batako berlubang adalah kuat tekan $>20 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 03-0349-1989). Sedangkan persyaratan SNI 03-3449-2002 menguraikan tentang berat volume maksimum yang dimiliki beton ringan adalah $<1400 \text{ kg/m}^3$.

Salah satu penelitian yang dilakukan adalah membuat batako dengan tambahan agregat berupa sekam padi oleh Fahri (2021). Pada penelitiannya, batako sekam padi adalah batako pejal dengan campuran semen, abu batu, dan sekam padi dengan perbandingan volumenya 1 : 1 : 4. Abu batu adalah limbah hasil penggergajian batu andesit yang terdapat di Kecamatan Cangkringan, Sleman. Hasil penelitian ini menghasilkan kuat desak optimum sebesar $13,8 \text{ kg/cm}^2$ dan berat volume rata-ratanya adalah $1104,48 \text{ kg/m}^3$. Nilai kuat desak tidak memenuhi standar SNI 03-0349-1989 yaitu $>25 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan berat volume memenuhi standar SNI 03-3449-2002 yaitu $<1400 \text{ kg/m}^3$. Kemudian, hasil pengujiannya tersebut dibandingkan dengan bata ringan Citicon yang mana diperoleh hasil nilai kuat desaknya 9,18% lebih tinggi daripada bata ringan Citicon. Namun demikian, berat volume batako sekam padi adalah lebih tinggi 27,57% jika dibandingkan dengan berat volume bata ringan Citicon (sebesar 900 kg/m^3). Selain itu, pada penelitian Amali (2019) mengenai batako sekam padi pejal yang dicetak secara manual diperoleh hasil kuat desak pada komposisi campuran semen, abu batu, dan sekam padi dengan perbandingan 1 : 3 : 2,5 adalah sebesar $79,472 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat desak memenuhi standar SNI 03-0349-1989 yaitu $>25 \text{ kg/cm}^2$. Winarno dkk. (2023) telah menemukan kuat desak batako sebesar 28 kg/cm^2 dan berat volume sekitar 1345 kg/m^3 pada sekam padi dengan komposisi perbandingan 1 semen : 1 abu batu : 3 sekam padi. Hasil ini memenuhi standar kuat desak dan berat volume beton ringan. Namun demikian, nilai berat volume sebesar 1345 kg/m^3 masih lebih tinggi dari pada bata ringan Citicon sebesar 900 kg/m^3 , sehingga bahan susun batako sekam padi perlu diteliti lebih lanjut agar berat volumenya dapat lebih ringan lagi. Salah satu bahan susun tambahan yang sering dipakai dalam adukan beton

untuk menaikkan nilai kuat tekan dan meringankan berat batako adalah *fly ash* sebagai limbah pembakaran batu bara di pembangkit tenaga listrik.

Beberapa wilayah di Indonesia merupakan daerah penghasil tambang berupa batu bara yang persebarannya terdapat di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan lain sebagainya. Produksi tambang tersebut tidak hanya menghasilkan manfaat dimana batu bara berperan sebagai bahan bakar yang paling penting dalam memperoleh sumber energi listrik, tetapi juga menghasilkan limbah batu bara. Limbah batu bara terdiri dari abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, abu hasil sisa pembakaran batu bara dari kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tidak termasuk dalam limbah beracun dan berbahaya (B3). Meskipun demikian, limbah tersebut harus dikelola dan ditangani dengan baik untuk mengantisipasi terjadinya dampak lingkungan akibat pencemaran limbah batu bara.

Salah satu pengelolaan dan penanganan limbah batu bara ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* merupakan hasil sisa pembakaran batu bara yang memiliki butiran sangat halus (Setiawati, 2018). *Fly ash* dapat dijadikan sebagai bahan baku konstruksi pengganti sebagian semen karena *fly ash* memiliki sifat pozzolan. Pozzolan merupakan suatu bahan dengan kandungan silika atau campuran silika dan aluminium yang bereaksi dengan hidroksida dalam suhu normal membentuk senyawa yang mengikat (Marthinus dkk, 2015). Oleh karena itu, *fly ash* merupakan salah satu material bahan tambah yang bisa mengurangi penggunaan semen dengan harga yang lebih murah. Dengan adanya bahan tambah *fly ash*, penggunaan semen dapat ditekan, yang pada akhirnya juga dapat mengurangi biaya produksi secara keseluruhannya.

Wibisono (2023) telah melakukan penelitian dengan menambahkan abu batu dan *fly ash* pada batako sekam padi pejal. Komposisi *fly ash* dibuat konstan sebesar 0,5 terhadap semen. Pada penelitian ini, campuran 1 semen : 0,5 abu batu : 0,5 *fly ash* : 2 sekam padi menghasilkan kuat desak optimum sebesar 29,583 kg/cm² dan berat volumenya adalah 1255,30 kg/m³. Keduanya telah memenuhi persyaratan SNI

yang mana nilai minimum untuk kuat desak adalah 25 kg/cm^2 dan nilai maksimum untuk berat volume adalah 1400 kg/m^3 .

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dirinci sebelumnya, penelitian yang telah dilakukan oleh Wibisono (2023) belum menemukan komposisi *fly ash* sebagai pengganti semen yang optimum, sehingga komposisi *fly ash* sebagai bahan susun batako perlu divariasi dengan pengujian dari aspek teknis, redaman panas, dan biaya produksi. Agar batako sekam padi memiliki berat volume yang lebih ringan, komposisi semen dan sekam padi adalah 1 semen dan 3 sekam padi yang merujuk pada penelitian Winarno dkk. (2023). Dengan demikian, perlu diteliti pengaruh penambahan variasi *fly ash* sebagai pengganti semen pada bahan susun batako sekam padi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan maka permasalahan-permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap karakteristik teknis?
2. Bagaimana pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap nilai redaman panas?
3. Bagaimana pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap biaya produksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap karakteristik teknis.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap nilai redaman panas.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi *fly ash* pada bahan susun batako sekam padi terhadap biaya produksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat untuk beberapa pihak, seperti kontraktor dan konsultan dalam menentukan bahan susun batako sehingga lebih bervariasi yang mana akan digunakan sebagai bahan dinding bangunan khususnya bangunan yang akan didesain sebagai bangunan tahan gempa dikarenakan berat volume batako dengan sekam padi sebagai pengganti agregatnya menjadi lebih ringan. Serta, dapat ikut turut andil dalam mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat limbah sekam padi, limbah abu batu, dan limbah *fly ash*.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Batako yang dipakai dalam penelitian ini adalah batako sekam padi tipe berlubang dengan penambahan *fly ash* yang bervariasi, yang kemudian dicetak dengan menggunakan mesin *press* batako.
2. Campuran batako yang dipakai terdiri dari semen, abu batu, sekam padi, dan *fly ash*.
3. Pengambilan sekam padi berlokasi di area persawahan Donoharjo, Ngaglik, Sleman.
4. Penelitian didasarkan pada pengujian karakteristik teknis, redaman panas, dan biaya produksi.
5. Karakteristik teknis yang diuji adalah berat volume, kuat tekan, dan daya serap air.
6. Perhitungan biaya produksi didapatkan dari hasil survey di wilayah Kabupaten Sleman.
7. Campuran yang digunakan berjumlah 6 varian dengan persentase komposisi penambahan *fly ash* sebanyak 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%.
8. Jenis semen yang digunakan yaitu OPC (*Ordinary Portland Cement*) semen tipe I dengan merek Tiga Roda.

9. Pengujian dan pembuatan sampel masing-masing akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia dan Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.
10. Hasil produk dari penelitian ini diasumsikan akan diproduksi ke masyarakat luas sebagai peluang usaha yang memiliki analisis kelayakan usaha.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di dua tempat yaitu di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan, dan lokasi penelitian telah dijelaskan pada BAB I. Selanjutnya, pada BAB II ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian yang akan dilakukan ini.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian, tentunya peneliti melakukan pencarian referensi penelitian terdahulu. Referensi dalam penelitian ini menggunakan penelitian-penelitian yang sebelumnya telah dilakukan dengan menggunakan variabel atau cara yang berbeda. Beberapa penelitian yang akan dijadikan referensi adalah sebagai berikut.

2.2.1 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual

Amali (2019) melakukan penelitian mengenai optimasi batako sekam padi yang dicetak secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan komposisi bahan dan proses produksi batako dari sekam padi dengan cara manual tanpa menggunakan mesin agar memenuhi persyaratan standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton atau batako. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode eksperimental.

Amali (2019) menggunakan sampel batako sekam padi pejal dalam penelitiannya. Dari hasil penelitiannya, Amali (2019) menyimpulkan bahwa batako yang dicetak secara manual dalam posisi tidur tanpa mesin menunjukkan kuat tekan tertinggi pada variasi I, dengan perbandingan campuran semen : abu batu : sekam padi 1 : 3 : 2,5 mencapai $79,472 \text{ kg/cm}^2$ yang termasuk dalam kategori mutu kelas II sesuai standar SNI 03-0349-1989. Standar minimum batako pejal adalah kuat tekan $>25 \text{ kg/cm}^2$. Variasi lainnya yang memenuhi nilai kuat tekan yang disyaratkan adalah variasi II, III, IV, dan V dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar $51,120 \text{ kg/cm}^2$; $35,637 \text{ kg/cm}^2$; $26,342 \text{ kg/cm}^2$; dan $25,240 \text{ kg/cm}^2$. Variasi

VI hingga X tidak mencapai kuat tekan yang sesuai dengan standar SNI, menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi sekam padi dalam campuran, semakin rendah kuat tekan batako. Pada pengujian penyerapan air, semua variasi batako yang dicetak secara manual dalam posisi tidur tanpa mesin memenuhi standar maksimum penyerapan air yang ditetapkan oleh SNI. Variasi yang diuji antara lain variasi I dengan perbandingan campuran 1 : 3 : 2,5 memiliki penyerapan air sebesar 5,883%, variasi V dengan perbandingan 1 : 3 : 5 sebesar 12,337%, dan variasi IX dengan perbandingan 1 : 3 : 10 sebesar 17,333%, sehingga disimpulkan bahwa apabila campuran sekam padi semakin besar maka nilai penyerapan airnya juga semakin besar. Hasil perhitungan harga menunjukkan bahwa biaya produksi satu batako sekam padi yang dicetak manual dalam posisi tidur tanpa mesin adalah Rp10.000,- per batako, lebih tinggi dibandingkan dengan harga pasar sebesar Rp5.318,- per batako untuk batako serupa. Hal ini dikarenakan metode pencetakan batako sekam padi yang dilakukan secara manual pada posisi tidur ini kurang efektif karena hanya mampu mencetak sebanyak 60 batako per hari sehingga membuat harga batako tergolong mahal.

2.2.2 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas

Fahri (2021) melakukan penelitian mengenai Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas. Fahri (2021) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa volume batako yang cukup berat dapat dikurangi dalam proses pembuatannya yaitu dengan memanfaatkan bahan yang ringan seperti sekam padi. Tujuan dilakukannya penelitian oleh Fahri (2021) adalah untuk mengetahui karakteristik teknis batako, nilai redaman panas, dan harga pokok produksi batako dengan penggunaan sekam padi sebagai agregat yang kemudian dibandingkan dengan bata ringan. Metode penelitian yang digunakan adalah berupa metode eksperimen yang berlokasi di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII dan sampel diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Batako yang digunakan oleh Fahri (2021) adalah batako sekam padi pejal. Komposisi campuran pada batako sekam padi yaitu 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam

padi memiliki kuat desak paling tinggi, yaitu $13,8 \text{ kg/cm}^2$ dan berat volume rata-ratanya yaitu $1104,48 \text{ kg/m}^3$. Pada komposisi ini, kuat desak dan berat volume batako sekam padi masing-masing lebih besar 9,18% dan 27,57% dibandingkan bata ringan Citicon. Sedangkan, batako sekam padi pada komposisi 1 semen : 1 abu batu : 12 sekam padi memiliki kuat desak paling rendah, yaitu $2,5 \text{ kg/cm}^2$ dan berat volume rata-ratanya yaitu $706,44 \text{ kg/m}^3$. Penyerapan air batako sekam padi sebesar 23,99% lebih baik dibandingkan bata ringan Citicon yang memiliki penyerapan air sebesar 39,9%. Nilai redaman panas pada batako sekam padi yang optimal di dapatkan pada komposisi 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi yaitu sebesar $9,87^\circ\text{C}$ yang lebih baik dibandingkan bata ringan Citicon sebesar $7,63^\circ\text{C}$. Harga jual batako sekam padi yang optimal berada pada komposisi 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi yaitu Rp5.500,- per buah (atau Rp522.500 per m^3). Sedangkan, harga jual bata ringan Citicon di pasaran adalah sebesar Rp9.500,- per buah (atau Rp788.,500 per m^3) yang dijual di kawasan Degolan, Sleman, Yogyakarta. Dengan demikian, harga jual batako sekam padi lebih murah 50,90%.

2.2.3 Penggunaan *Fly ash* Sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami Pada Campuran Beton

Purnama dan Ekaputri (2021) melakukan penelitian mengenai Penggunaan *Fly ash* Sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami Pada Campuran Beton. Dalam penelitiannya, Purnama dan Ekaputri (2021) menyatakan bahwa *fly ash* dapat dijadikan bahan alternatif pengganti agregat alami karena kuat tekan pada beton yang menggunakan agregat buatan mempunyai nilai kuat tekan yang hampir sama dengan beton yang menggunakan agregat alami. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan, kuat belah, kuat lentur, dan kuat tarik antara beton yang menggunakan agregat alami dan beton yang menggunakan agregat buatan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dimulai dari persiapan material sampai pengujian kekuatan pada beton dengan agregat alami dan beton dengan agregat buatan.

Pada penelitian yang dilakukan Purnama dan Ekaputri (2021), *fly ash* dijadikan sebagai bahan penyusun agregat buatan. Terdapat dua jenis agregat buatan yaitu agregat buatan berbahan pasta geopolimer dan berbahan pasta semen

dengan kandungan *fly ash* sebagai pengganti agregat natural. Penelitian ini menghasilkan campuran beton yang menggunakan agregat buatan berbahan pasta semen yang mengandung *fly ash* memiliki nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan agregat buatan berbahan pasta geopolimer yaitu sebesar 24,76 MPa dengan 12,05 MPa. Namun, kuat tekan campuran beton yang menggunakan agregat buatan berbahan pasta semen yang mengandung *fly ash* memiliki kuat tekan yang hampir sama dengan campuran beton yang menggunakan agregat natural yaitu sebesar 24,76 MPa dengan 26,59 MPa. Sedangkan pada pengujian kuat belah, kuat lentur, dan kuat tarik pada beton berbahan pasta semen yang mengandung *fly ash* dan pasta geopolimer tidak memiliki perbedaan nilai yang signifikan. Tetapi, campuran beton yang menggunakan agregat buatan memiliki nilai kuat belah, kuat lentur, dan kuat tarik yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan agregat natural. Pada penelitian ini membandingkan beton campuran agregat natural dengan beton campuran agregat geopolimer dan beton campuran agregat *fly ash*. Dengan demikian, *fly ash* yang digunakan tidak bervariasi sehingga tidak memiliki angka persentase campuran *fly ash*.

2.2.4 Analisis Peningkatan Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Bahan Substitusi Parsial

Muhammady (2022) mengamati kenaikan nilai kuat tekan beton dengan tambahan *fly ash* yang bervariasi mulai dari variasi 0%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, dan 15% dari berat semen yang digunakan dengan berpeda pada SNI 7656-2012. Pengamatan ini dilakukan selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak *fly ash* yang dibutuhkan guna menggantikan semen secara proporsional agar mendapatkan nilai kuat tekan beton yang optimum. Selain itu, juga untuk mengetahui bagaimana peningkatan nilai kuat tekan beton yang lebih cepat dalam mencapai kuat tekan yang direncanakan dengan mempertimbangkan umur beton.

Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tekan optimal pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dimiliki oleh beton dengan campuran *fly ash* 12% masing-masing sebesar 15,757 MPa; 16,379 MPa; 19,141 MPa; dan 24,244 MPa.

Variasi campuran *fly ash* 12% mengalami peningkatan nilai kuat tekan beton tercepat dalam mencapai kuat tekan yang direncanakan yaitu selama 16,35 hari sehingga memperpendek waktu selama 8,65 hari lebih cepat dibandingkan beton tanpa campuran *fly ash*. Dengan demikian, hal tersebut mengindikasikan adanya pengaruh yang cukup signifikan pada *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan beton dan peningkatan nilai kuat tekan beton dalam mencapai kuat tekan rencana.

2.2.5 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako dengan Penambahan Abu Batu dan *Fly ash* Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara

Wibisono (2023) melakukan penelitian mengenai Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako dengan Penambahan Abu Batu dan *Fly ash* Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan *fly ash* yang optimum agar aspek teknisnya dapat memenuhi persyaratan teknis SNI, mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan *fly ash* agar didapatkan harga produksi yang optimum, mengetahui nilai redaman suara dari batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan *fly ash*, dan mengetahui perbandingannya dengan hasil pengujian pada bata ringan Falcon yang ada di pasaran terkait aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII dan untuk sampelnya diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Benda uji yang digunakan oleh Wibisono (2023) adalah batako sekam padi pejal. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tekan yang optimal dan aspek teknisnya terpenuhi pada batako sekam padi variasi I dengan komposisi perbandingan campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2. Batako sekam padi variasi I memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,583 kg/cm² yang mana telah memenuhi standar SNI dimana nilai minimal untuk kuat tekan adalah sebesar 25 kg/cm². Untuk nilai berat volumenya sendiri didapatkan sebesar 1255,30 kg/m³ dimana masih masuk ke

dalam kategori bata ringan karena memiliki berat volume $<1400 \text{ kg/m}^3$. Dan untuk nilai penyerapan airnya didapatkan sebesar 19,038% dimana hasil ini masuk ke dalam kategori mutu I yaitu digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap). Pada penelitian menggunakan sekam padi yang bervariasi dan campuran *fly ash* yang konstan di tiap variasinya sehingga persentase *fly ash* tidak ditemukan.

Nilai redaman suara paling optimum didapatkan pada batako sekam padi variasi I dengan nilai redaman sebesar 26,2 dB dan semakin bertambahnya sekam padi yang digunakan nilai redaman suara yang didapat semakin menurun. Hal ini membuktikan bahwa penambahan penggunaan sekam padi pada batako akan menurunkan kemampuan batako dalam meredam suara.

Harga pokok produksi paling mahal didapatkan pada batako variasi I dengan harga Rp5.857,- per buah dan harga jualnya Rp7.028,- per buah. Dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan sekam padi maka akan membuat batako semakin murah harganya. Terjadinya hal ini dipengaruhi oleh harga sekam padi yang lebih murah jika dibandingkan dengan material lainnya pada batako sehingga berdampak juga pada harga batako. Harga jual pada variasi I masih lebih murah jika dibandingkan dengan harga bata ringan Falcon yaitu senilai Rp8.800,- per buah tetapi masih lebih mahal dibandingkan dengan batako konvensional yaitu senilai Rp5.867,- per buahnya.

2.3 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan

Berlandaskan tinjauan pustaka yang digunakan oleh penulis di atas maka perbedaan dari masing-masing penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Amali	Fahri	Purnama dan Ekaputri	Muhammady	Wibisono	Savitri
1	Judul	Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual	Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas	Penggunaan <i>Fly Ash</i> Sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami Pada Campuran Beton	Analisis Peningkatan Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan <i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Substitusi Parsial	Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako dengan Penambahan Abu Batu dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara	Pengaruh Variasi <i>Fly Ash</i> Terhadap Karakteristik Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi Pada Batako Sekam Padi
2	Tahun	2019	2021	2021	2022	2023	2024

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Amali	Fahri	Purnama dan Ekaputri	Muhammady	Wibisono	Savitri
3	Bahan Tambahan	Sekam padi dan abu batu	Sekam padi	<i>Fly ash</i>	<i>Fly ash</i>	Sekam padi, abu batu, dan <i>fly ash</i>	Sekam padi, abu batu, dan <i>fly ash</i>
4	Tujuan Penelitian	Mengoptimalkan komposisi bahan dan proses produksi batako dari sekam padi dengan cara manual tanpa menggunakan mesin agar memenuhi persyaratan	Mengetahui karakteristik teknis batako, nilai redaman panas, dan harga pokok produksi batako dengan penggunaan sekam padi	Mengetahui perbedaan nilai kuat tekan, kuat belah, kuat lentur, dan kuat tarik antara beton yang menggunakan agregat alami dan beton yang menggunakan	Mengetahui komposisi campuran <i>fly ash</i> yang proporsional untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton optimum dan mengetahui peningkatan nilai	Mengetahui komposisi material penyusun dan nilai redaman suara batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan <i>fly ash</i> , perbandingannya	Mengetahui pengaruh penambahan variasi <i>fly ash</i> pada masing-masing batako sekam padi terhadap karakteristik teknis, nilai

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Amali	Fahri	Purnama dan Ekaputri	Muhammady	Wibisono	Savitri
		standar SNI 03-0349-1989	sebagai agregat yang kemudian dibandingkan dengan bata ringan.	agregat buatan	kuat tekan beton tercepat mencapai kuat tekan yang direncanakan dengan mempertimbangkan umur beton.	dengan hasil pengujian pada bata ringan Falcon yang ada di pasaran.	redaman panas, dan biaya produksi.
5	Parameter Pengujian	a. Kuat tekan b. Penyerapan air c. Harga batako	a. Kuat tekan b. Penyerapan air c. Redaman panas	a. Kuat tekan b. Kuat belah c. Kuat lentur d. Kuat tarik e. Berat jenis	a. Kuat tekan b. Penyerapan air c. Kelayakan harga produksi	a. Kuat tekan b. Penyerapan air c. Kelayakan harga produksi	a. Kuat tekan b. Penyerapan air c. Redaman panas

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Amali	Fahri	Purnama dan Ekaputri	Muhammady	Wibisono	Savitri
			d. Harga pokok produksi	f. Penyerapan air g. Keausan batu pecah		d. Redaman suara	d. Biaya pokok produksi
6	Benda uji	Batako pejal	Batako pejal	Beton silinder, balok, dan dogbone	Beton silinder	Batako pejal	Batako berlubang

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

3.1.1 Pengertian Batako

Batako merupakan salah satu material yang digunakan dalam suatu proyek konstruksi yang terdiri dari tiga bahan campuran, yaitu semen, pasir, dan air. Biasanya, batako disebut juga dengan bata beton. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton merupakan salah satu jenis unsur bangunan dengan bentuk bata yang terbuat dari bahan pokoknya berupa semen portland, air, dan agregat yang berfungsi sebagai pasangan dinding. Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton dibagi menjadi dua jenis, yaitu bata beton pejal dan bata beton berlubang. Bata beton pejal merupakan bata dengan penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume bata keseluruhan. Sedangkan, bata beton berlubang merupakan bata dengan penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan memiliki volume lubang lebih dari 25% volume bata keseluruhan.

Menurut Sinaga (2018), secara umum terdapat dua jenis batako, yaitu batako trass/putih dan batako *press*/semen. Batako trass/putih terbuat dari campuran trass, batu kapur, dan air. Trass merupakan salah satu jenis tanah akibat pelapukan bebatuan yang bersumber dari gunung berapi. Terdapat warna trass dengan warna putih dan putih kecokelatan. Batako trass umumnya memiliki ukuran dengan panjang 20 cm – 30 cm, tebal 8 cm – 10 cm, dan tinggi 14 cm – 18 cm. Batako trass/putih dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Batako Trass/Putih

Sumber: Sinaga (2018)

Batako semen terbuat dari campuran semen dan pasir. Batako semen sering disebut sebagai batako *press*. Batako *press* tipe pejal dibagi menjadi dua, yaitu *press* tangan dan *press* mesin. Keduanya memiliki perbedaan yang terletak pada kepadatan permukaan masing-masing batako. Umumnya, batako semen memiliki ukuran dengan panjang 36 cm – 40 cm, tinggi 18 cm – 20 cm dan tebal 8 cm – 10 cm. Batako semen tipe pejal dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Batako Semen/Press

Sumber: Sinaga (2018)

3.1.2 Sifat dan Karakteristik Batako

Menurut Rivai (2018), batako sendiri mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berikut merupakan kelebihan batako.

1. Apabila dilihat secara kuantitatif, terdapat pengurangan dalam penggunaan batako karena tiap meter persegi pasangan dinding membutuhkan jumlah batako yang lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan batu bata.
2. Dalam pembuatannya memerlukan proses yang lebih mudah dan ukurannya pun dapat dibuat sama.
3. Waktu dan biaya pemasangan lebih hemat karena ukuran batako yang besar.
4. Apabila pekerjaan pemasangan batako dilakukan dengan apik maka plesteran untuk *finishing* tidak lagi diperlukan.
5. Saat proses pelaksanaannya, batako lebih mudah dipotong untuk diletakkan pada sambungan tertentu yang membutuhkan potongan.
6. Batako tidak perlu direndam dalam air sebelum pemakaian.
7. Minim terjadinya rembesan air karena kedap air.

Selain mempunyai kelebihan, batako juga mempunyai kekurangan. Berikut merupakan kekurangan batako.

1. Rentan terjadi retak rambut pada dinding pasangan batako.
2. Akibat adanya lubang di bagian dalam batako maka batako mudah dilubangi dan mudah pecah.
3. Kurang baik dalam insulasi panas dan suara.

3.1.3 Klasifikasi Batako

Menurut SNI 03-0349-1989, berdasarkan tingkat mutunya, bata beton diklasifikasikan menjadi empat tingkatan, yaitu:

1. Tingkat mutu I

Pada tingkatan ini, bata beton dipergunakan untuk konstruksi yang menahan beban dan juga dapat digunakan pada konstruksi yang berada di luar atap.

2. Tingkat mutu II

Pada tingkatan II, bata beton dipergunakan untuk konstruksi yang hanya dapat menahan beban saja dan digunakan pada konstruksi yang terlindung atap.

3. Tingkat mutu III

Pada tingkatan III, bata beton digunakan untuk konstruksi yang tidak menahan beban dan terlindung atap, seperti dinding penyekat dan konstruksi lainnya dan permukaan dinding tersebut tidak boleh diplester.

4. Tingkat mutu IV

Pada tingkatan IV, sama halnya dengan tingkat mutu III, bata beton digunakan untuk konstruksi yang tidak menahan beban dan terlindung atap, tetapi harus diplester.

3.1.4 Syarat Mutu

Menurut SNI 03-0349-1989, syarat mutu terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Pandangan luar

- a. Bidang permukaan bata beton harus tidak cacat
- b. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan.
- c. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain
- d. Sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan

2. Ukuran dan toleransi

Ukuran dan toleransi bata beton harus sesuai dengan Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

No.	Jenis	Ukuran (mm)			Tebal Dinding Sekatan Lobang, minum	
		Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1.	Pejal	390 +3 atau -5	90 ± 2	100 ± 2	-	-
2.	Berlubang					
	a. Kecil	390 +3 atau -5	190 +3 atau -5	100 ± 2	20	15
	b. Besar	390 +3 atau -5	190 +3 atau -5	200 ± 3	25	20

Sumber: SNI 03-0349-1989

3. Syarat fisik

Menurut SNI 03-0349-1989, syarat fisik bata beton harus sesuai dengan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Syarat-syarat Fisik Bata Beton

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

Sumber: SNI 03-0349-1989

3.2 Bahan Campuran Penyusun Batako

Bahan campuran penyusun batako yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi, semen, abu batu, *fly ash*, dan air. Uraian dari masing-masing bahan campuran susunan batako tersebut adalah sebagai berikut.

3.2.1 Sekam Padi

Menurut Ardiansyah dkk. (2021), sekam padi merupakan bagian paling luar pada butiran padi (kulit padi). Sekam padi bisa juga dijadikan sebagai produk agroindustri yang bersumber dari penggilingan padi. Menurut Budirahardjo dkk. (2014), saat proses penggilingan padi, sekam yang terlepas dari butir padi nantinya akan menjadi bahan limbah penggilingan.

Biasanya, penggilingan padi menghasilkan persentase dedak sekitar 8 – 12%, sekam antara 20 – 30%, dan beras giling sekitar 50 – 63,5% dari berat awal gabah. Persentase sekam yang cukup besar tersebut menjadikan Indonesia memiliki banyak limbah sekam padi. Tetapi, bagian padi tersebut bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran pupuk, media tanam, dan campuran pembuatan batako.

Sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai campuran pembuatan batako karena batako mempunyai berat volume yang termasuk berat. Beratnya batako tersebut membuat pekerja membutuhkan tenaga waktu yang lebih dari biasanya untuk melakukan pemasangan dinding batako. Oleh karena itu, sekam padi bermanfaat dalam mengurangi berat volume batako. Beberapa penelitian terdahulu yang telah meneliti pemanfaatan bahan alternatif sekam padi terhadap pembuatan material

bangunan berupa batako menghasilkan kesimpulan yaitu apabila persentase penambahan agregat sekam padi terhadap campuran batako semakin besar maka batako tersebut akan lebih ringan.

Sekam padi memiliki kandungan kimia yang terdiri atas 50% selulosa, 25 – 30% lignin, dan 15 – 20% silika (Ismail dan Waliuddin dalam Bakri dan Baharudin, 2010). Kandungan silika dalam sekam padi ini bersifat sebagai isolator panas yang baik (Wibowo dkk. dalam Toruan, 2022).

3.2.2 Semen

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* atau *Ordinary Portland Cement* (OPC) adalah 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 merupakan salah satu material yang berfungsi sebagai bahan perekat untuk mengikat beberapa material pembuatan campuran batako, yaitu air dan beberapa agregat lainnya. Mulyono dalam Fahri (2021) menyatakan semen *portland* dibentuk dari bahan utama berupa kapur (CaO), silika (SiO_3), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesita (MgO), terkadang sedikit alkali, terkadang ditambahkan oksidasi besi untuk mengontrol komposisinya, dan terkadang ditambahkan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) untuk mengatur waktu ikat semen.

Berdasarkan jenis dan penggunaannya dalam SNI 15-2049-2004, semen *portland* terdiri dari lima jenis, yaitu:

1. Jenis I

Semen *portland* jenis I ini penggunaannya umum tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II

Penggunaan semen *portland* jenis II ini memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

3. Jenis III

Penggunaan semen *portland* jenis III memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah terjadi pengikatan.

4. Jenis IV

Penggunaan semen *portland* jenis IV memerlukan kalor hidrasi rendah.

5. Jenis V

Penggunaan semen *portland* jenis V memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.3 Abu Batu

Abu batu merupakan limbah industri dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan mesin pemotong batu (Satriani, 2021). Limbah ini dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan karena dapat mencemari ekosistem sungai. Pada penelitian ini abu batu digunakan sebagai *filler* atau pengisi yang ditambahkan pada campuran bahan susun pembuatan batako sekam padi. Abu batu yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu hasil limbah penggergajian batu andesit yang banyak dijumpai di Kecamatan Ngemplak dan Cangkringan, Kabupaten Sleman.

Amali (2019) menyatakan bahwa abu batu digunakan sebagai *filler* karena diameter partikel abu batu yang sangat halus. Abu batu memiliki sifat menggumpal dan lengket apabila bercampur dengan air. Oleh karena itu, penambahan abu batu dalam campuran batako bisa menjadi alternatif untuk menghemat penggunaan semen dan juga sebagai pengisi.

3.2.4 Air

Putri (2023) menyatakan bahwa air berperan penting dalam pembuatan batako karena apabila air bercampur dengan semen *portland* maka dari campuran tersebut akan menimbulkan reaksi kimia yang disebut dengan hidrasi. Hasil hidrasi tersebut akan menjadi penentuan bagaimana semen *portland* mengeras dan mendapatkan kekuatannya. Namun, air yang digunakan haruslah menggunakan air yang bersih. Air bersih yang dimaksud ialah air yang tidak mengandung bahan-bahan lain yang dapat merusak hasil campuran batako. Dengan demikian, apabila menggunakan air bersih dalam campuran batako diharapkan mampu menjaga kualitas batako.

3.2.5 Fly ash

Fly ash merupakan hasil sisa pembakaran batu bara yang memiliki butiran sangat halus. *Fly ash* dapat dijadikan sebagai bahan baku konstruksi pengganti

sebagian semen karena *fly ash* memiliki sifat pozzolan. Pozzolan merupakan suatu bahan dengan kandungan silika atau campuran silika dan aluminium yang bereaksi dengan hidroksida dalam suhu normal membentuk senyawa yang mengikat. Komponen yang terdapat pada *fly ash* adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium (CaO), dan magnesium, potasium, sodium, titanium, dan belerang dengan komposisi yang sedikit. Salah satu komponen *fly ash*, yaitu silika (SiO_2) merupakan salah satu bahan yang memiliki daya tahan terhadap suhu tinggi dan pemuaian termal yang rendah sehingga bersifat isolator (Yusandika, 2016). *Fly ash* memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan semen sehingga *fly ash* dapat menyebabkan penurunan berat volume (Pangestuti, 2023). Selain itu, *fly ash* memiliki peran sebagai bahan tambahan dengan fungsi sebagai pengisi (*filler*) yang dapat meningkatkan kohesi internal dan mengurangi porositas di daerah transisi, yang merupakan bagian terkecil dalam struktur beton. Hal ini menghasilkan peningkatan kekuatan beton secara keseluruhan (Setiawati, 2018). Fungsi *fly ash* dalam mengurangi porositas juga berpengaruh terhadap rendahnya kadar penyerapan air.

Berdasarkan SNI 2460:2014, *fly ash* diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu:

1. Kelas N

Pozolan alam mentah atau telah dikalsinasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalnya beberapa tanah diatomae (hasil lapukan), batu rijang opalan dan serpih, tufa dan abu vulkanik atau batu apung, dikalsinasi atau tidak, dan berbagai bahan yang memerlukan kalsinasi untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan, misalnya lempung dan serpih.

2. Kelas F

Abu terbang dari batubara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas F. Abu terbang kelas F mempunyai sifat pozolanik. Abu terbang kelas F biasanya dihasilkan dari pembakaran antrasit atau batubara bituminous, tetapi dapat juga dihasilkan dari batubara subbituminous dan lignite.

3. Kelas C

Abu terbang dari batubara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas C. Abu terbang kelas C memiliki sifat pozolanik dan sementisius. Abu terbang kelas C biasanya dihasilkan dari pembakaran lignite atau batubara subbituminous, dan dapat juga dihasilkan dari antrasit atau batubara bituminous. Abu terbang kelas C mengandung kadar kalsium total yang dinyatakan sebagai kalsium oksida (CaO) dengan kadar lebih dari 10 %.

3.3 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan komposisi campuran pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Winarno dkk. (2023) dan Wibisono (2023). Winarno dkk. (2023) telah melakukan penelitian mengenai penilaian kandungan serbuk abu batu dan sekam padi terhadap kinerja tinggi pada batako ringan sekam padi. Pada penelitian ini, batako sekam padi dengan komposisi 1 semen : 1 abu batu : 3 sekam padi menghasilkan nilai kuat tekan dan berat volume yang memenuhi standar, yaitu masing-masing sebesar 2,80 MPa dan 1345 kg/m³. Namun, nilai berat volume tersebut masih lebih berat dibandingkan bata ringan Citicon sehingga memerlukan bahan susun tambahan untuk meringankan batako, yaitu *fly ash*.

Wibisono (2023) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh sekam padi sebagai agregat pada batako dengan penambahan abu batu dan *fly ash* terhadap aspek teknis, biaya produksi, dan redaman suara. Pada penelitian ini, batako sekam padi dengan komposisi perbandingan campuran 1 semen : 0,5 abu batu : 0,5 *fly ash* : 2 sekam padi menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 29,583 kg/cm² dan berat volume sebesar 1255,30 kg/m³. Namun, penelitian ini masih belum menemukan komposisi *fly ash* sebagai pengganti semen yang optimum sehingga komposisi *fly ash* sebagai bahan susun batako sekam padi perlu divariasi. Dengan demikian, dengan merujuk pada Winarno dkk. (2023) dan Wibisono (2023), berikut merupakan tabel komposisi bahan susun campuran batako yang akan digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Bahan Susun Campuran Batako

Variasi	Komposisi dalam Volume			
	Semen	Sekam Padi	Filler	
			Abu Batu	<i>Fly ash</i>
I	1	3	1	0
II	0,96			0,04
III	0,92			0,08
IV	0,88			0,12
V	0,84			0,16
VI	0,80			0,20

3.4 Pembuatan Batako

Proses pembuatan batako mengacu pada langkah-langkah konkret yang dilakukan untuk menghasilkan campuran bahan yang homogen dan konsisten sehingga batako yang dihasilkan memiliki kekuatan dan karakteristik yang diinginkan. Berikut merupakan tahapan dalam proses pembuatan batako.

1. Penyiapan bahan baku

Tahapan ini dimulai dari menyiapkan bahan baku, seperti *fly ash*, abu batu, semen, dan sekam padi. Kemudian, melakukan pencucian dan pengeringan sekam padi serta penyaringan *fly ash* dan abu batu. Selanjutnya, menimbang bahan material dan memisahkannya sesuai dengan komposisi setiap variasi.

2. Pencampuran bahan

Pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan *mixer machine* yang tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Bahan-bahan dicampur hingga menghasilkan campuran yang lebih homogen.

3. Penambahan air

Air ditambahkan sedikit demi sedikit selama proses pencampuran untuk mencapai konsistensi yang tepat. Jumlah air yang diperlukan adalah 15 liter. Hasil campuran diuji dengan digenggam menggunakan telapak tangan untuk

mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Apabila campuran di dalam genggam tangan tidak pecah jika membuka telapak tangan maka banyaknya air dalam campuran sudah cukup.

4. Pengawasan proses

Selama pencampuran, perlu dilakukan pengawasan untuk memastikan bahwa campuran tercampur secara merata dan konsistensi campuran sesuai dengan standar yang ditetapkan.

5. Pencetakan

Setelah pencampuran selesai, dilakukan proses pencetakan batako dengan menggunakan *press machine*.

6. Penyimpanan

Apabila proses pencetakan batako sudah selesai maka hasil cetakan batako harus ditangani dengan hati-hati untuk mempertahankan kualitasnya. Penyimpanan yang tepat diperlukan untuk mencegah kehilangan kelembaban yang berlebihan atau kerusakan fisik selama proses *curing* (pengerasan). Apabila batako telah berumur 28 hari maka dapat diambil untuk pengujian laboratorium guna memeriksa kekuatan tekan, daya serap air, dan sifat lain yang relevan sesuai dengan standar yang berlaku.

3.5 Pengujian Pada Batako

3.5.1 Perhitungan Berat Volume Batako

Berat volume didapatkan dari hasil perbandingan antara berat batako dengan volume batako. Berdasarkan persyaratan SNI 03-3449-2002 menguraikan tentang berat volume maksimum yang dimiliki batako adalah 1400 kg/m^3 . Perhitungan besarnya berat volume dapat menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat batako}}{\text{Volume batako}} \quad (3.1)$$

dengan:

Berat batako = total berat batako (kg)

Volume batako = total volume yang ditempati oleh batako (m^3)

3.5.2 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin pembebanan. Adanya uji kuat tekan batako mampu mengidentifikasi mutu dari suatu batako. Apabila kuat tekan batako semakin tinggi maka hasil dari mutu suatu batako juga semakin tinggi. Oleh karena itu, proporsi masing-masing bahan dalam pembuatan campuran batako harus dirancang sebaik mungkin agar menghasilkan nilai kuat tekan sesuai persyaratan.

Menurut Nugraheni (2011), kuat tekan beton berkaitan dengan sifat lainnya artinya jika nilai kuat tekan beton tinggi maka sifat yang lain pun juga baik. Nilai kuat tekan beton dapat mencapai 1000 kg/cm^2 atau bahkan lebih tergantung jenis campuran, sifat agregat, dan kualitas perawatannya. Namun, umumnya kuat tekan beton yang digunakan berkisar antara 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Berdasarkan SNI 03-0349-1989, standar kuat tekan minimum batako berlubang adalah 20 kg/cm^2 .

Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut.

1. Faktor air semen

Apabila nilai faktor air semen semakin rendah maka nilai kuat tekan betonnya semakin tinggi. Namun faktanya, apabila nilai faktor air semen semakin rendah maka adonan beton semakin sulit dipadatkan sehingga memerlukan nilai faktor air semen yang optimal untuk menghasilkan nilai kuat tekan yang maksimal.

2. Jenis semen dan kualitasnya memengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat bata beton

3. Jenis dan lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat

Apabila menggunakan agregat batu pecah maka akan menghasilkan nilai kuat tekan beton yang lebih besar daripada menggunakan agregat kerikil.

4. Efisiensi dari perawatan (*curing*)

Apabila proses pengeringan terjadi sebelum waktunya maka beton akan kehilangan kekuatannya sampai 40%.

5. Suhu

Umumnya, adanya pertambahan suhu dapat mempercepat pengerasan beton. Namun, apabila berada pada titik beku maka kuat tekan beton akan tetap rendah dalam waktu yang lama.

6. Umur pada keadaan yang normal

Apabila umur semakin bertambah maka kekuatan beton juga akan bertambah tergantung pada jenis semen yang digunakan.

Berdasarkan SNI 1974:2011, untuk menghitung besarnya kuat tekan dapat menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

dengan:

σ = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kgf)

A = Luas penampang melintang (cm²)

3.5.3 Pengujian Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan presentase berat air yang mampu diserap oleh benda uji terhadap berat kering benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air dalam batako. Nilai kadar penyerapan air dipengaruhi oleh pori pada batako sebab apabila pori pada batako semakin banyak maka nilai kadar penyerapan airnya juga semakin besar sehingga akan mengurangi ketahanannya. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, persentase sebesar 25% merupakan batas penyerapan air maksimum. Untuk memperoleh nilai kadar penyerapan air dapat dilihat dalam Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{W-D}{D} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan:

W = Berat basah batako (gram)

D = Berat kering batako (gram)

3.5.4 Pengujian Daya Redam Panas

Perpindahan panas merupakan suatu perpindahan energi pada material yang bersuhu tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah sehingga kesetimbangan panas

dapat tercapai. Keseimbangan panas dapat terjadi apabila suhu dari benda yang menerima panas sama dengan suhu benda yang menghantarkan panas. Proses ini terjadi melalui tiga mekanisme, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

Konduksi merupakan suatu perpindahan panas satu jenis zat tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat tersebut. Umumnya, proses konduksi terjadi pada zat padat. Hukum Fourier menjadi landasan mengenai perpindahan panas melalui suatu benda. Hukum Fourier dapat dilihat pada Persamaan 3.4 berikut.

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (3.4)$$

dengan:

ΔT = Selisih suhu pada permukaan atas dan bawah

T_1 = Suhu di atas permukaan (yang terkena panas matahari)

T_2 = Suhu di bawah permukaan (yang tidak terkena panas matahari)

3.5.5 Biaya Pokok Produksi

Untuk mengetahui apakah batako sekam padi layak untuk diproduksi dan mampu bersaing dengan batako yang beredar di pasaran atau tidak maka perlu dilakukan kelayakan biaya produksi. Mulyadi (2018) menyatakan bahwa biaya pokok produksi merupakan sejumlah biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Sebelum produk diedarkan ke pasaran, biasanya perusahaan mengadakan kesepakatan biaya. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan nilai produksi untuk mencari kelayakan biaya dalam memproduksi batako sekam padi yang layak beredar di pasaran.

Menurut Mulyadi (2018), terdapat tiga komponen biaya pokok produksi berdasarkan objek pengeluarannya, yaitu biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik. Biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung disebut sebagai biaya utama, sedangkan biaya tenaga kerja langsung dan biaya *overhead* pabrik disebut sebagai biaya konversi. Biaya utama merupakan biaya yang langsung terhubung dengan produksi barang jadi. Sedangkan, biaya konversi adalah biaya yang digunakan untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi. Contoh biaya bahan baku adalah biaya alat dan material, biaya perawatan alat, biaya tempat/bangunan, dan lain sebagainya. Sedangkan, contoh biaya tenaga kerja

langsung adalah biaya upah tenaga kerja. Dan, contoh biaya *overhead* pabrik ialah biaya konsumsi, biaya air dan listrik, biaya THR, biaya pengiriman, dan lain-lain.

Perhitungan biaya pokok produksi menurut Mulyadi (2018) memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Menentukan harga jual produk

Perkiraan biaya produksi yang diperlukan untuk membuat sebuah produk digunakan sebagai landasan untuk menentukan harga jualnya. Untuk menghitung estimasi biaya produksi yang dibutuhkan, perlu dipertimbangkan unsur-unsur biaya seperti perkiraan biaya bahan baku, perkiraan biaya langsung tenaga kerja, dan perkiraan biaya *overhead* pabrik.

2. Memantau realisasi biaya produksi

Apabila rencana produksi akan dilaksanakan, manajemen tentunya memerlukan data biaya produksi aktual selama pelaksanaan rencana produksi. Oleh karena itu, sistem akuntansi biaya digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai biaya produksi guna memantau apakah total biaya produksi sesuai dengan perencanaan awal atau tidak.

3. Menghitung laba atau rugi bruto periodik

Untuk mengetahui apakah kegiatan produksi dan pemasaran perusahaan pada suatu periode menghasilkan laba bruto atau mengalami kerugian bruto maka manajemen membutuhkan informasi mengenai biaya produksi yang telah dikeluarkan untuk menghasilkan produk selama periode tersebut. Informasi mengenai laba atau kerugian bruto secara berkala penting untuk menilai kontribusi produk dalam menutup biaya-biaya yang tidak terkait dengan produksi serta menentukan apakah perusahaan mencatat laba atau kerugian.

4. Menentukan harga pokok persediaan produk jadi dan produk dalam proses yang disajikan dalam neraca

Dalam menyusun laporan keuangan periodik, manajemen perlu menyajikan laporan keuangan neraca. Di dalam neraca tersebut, manajemen harus mencantumkan biaya pokok persediaan produk jadi dan produk yang masih dalam proses pada tanggal neraca. Untuk ini, catatan biaya produksi per periode perlu dilakukan. Dari catatan ini, manajemen dapat menghitung biaya produksi

yang terkait dengan produk jadi yang belum terjual pada tanggal neraca, serta biaya produksi yang terkait dengan produk yang masih dalam proses pada tanggal neraca. Biaya produksi untuk produk jadi yang belum terjual pada tanggal neraca kemudian disajikan sebagai harga pokok persediaan produk jadi dalam neraca. Sedangkan, biaya produksi untuk produk yang masih dalam proses pada tanggal neraca disajikan sebagai harga pokok persediaan produk dalam proses dalam neraca.

Selain itu, perusahaan juga perlu melakukan studi kelayakan terhadap suatu investasi. Kelayakan investasi menggambarkan apakah investasi tersebut memberikan keuntungan atau tidak. Parameter kelayakan investasi terdiri dari lima metode sebagai berikut.

1. *Net Present Value* (NPV)

Menurut Hidayat dalam Astuti (2017), *Net Present Value* (NPV) adalah nilai bersih suatu proyek yang merupakan selisih antara arus kas bersih yang didiskontokan dari investasi tersebut. NPV dapat bernilai positif atau negatif. Investasi dikatakan menguntungkan untuk dijalankan apabila nilai NPV adalah positif pada tingkat bunga yang telah ditetapkan, mencerminkan biaya kesempatan mendapatkan modal. Berikut merupakan persyaratan yang digunakan dalam parameter NPV.

- a. NPV positif > 0 maka investasi layak untuk dilaksanakan
- b. NPV negatif < 0 maka investasi tidak layak untuk dilaksanakan

2. *Internal Rate of Return* (IRR)

Menurut Ruminta (2020), *Internal Rate of Return* (IRR) adalah tingkat suku bunga yang membuat nilai sekarang dari investasi sama dengan nilai sekarang dari arus kas bersih yang dihasilkan. IRR menentukan tingkat pengembalian yang menghasilkan nilai sekarang dari arus kas masuk sama dengan nilai sekarang dari arus kas keluar. Berikut merupakan persyaratan yang digunakan dalam parameter IRR.

- a. $IRR >$ suku bunga yang ditetapkan, maka investasi layak untuk dilaksanakan
- b. $IRR <$ suku bunga yang ditetapkan, maka investasi tidak layak untuk dilaksanakan

3. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Menurut Mathofani dalam Astuti (2017), *Benefit Cost Ratio* (BCR) adalah metode analisis yang membandingkan nilai manfaat dengan nilai biaya dari suatu investasi. Berikut merupakan persyaratan yang digunakan dalam parameter BCR.

- a. $BCR > 1$, maka investasi layak untuk dilaksanakan
- b. $BCR < 1$, maka investasi tidak layak untuk dilaksanakan
- c. $BCR = 0$, maka investasi dianggap netral

4. *Payback Period*

Menurut Riyanto dalam Kurniawan (2019), *payback period* adalah waktu yang diperlukan untuk mengembalikan pengeluaran investasi dengan menggunakan arus kas netto. Secara rumus matematis, *payback period* dihitung dengan membagi nilai investasi dengan arus kas bersih.

5. *Break Even Point* (BEP)

Perusahaan juga perlu memperhitungkan nilai BEP (*Break Even Point*) untuk menentukan nilai kelayakan investasi. Nilai BEP merupakan biaya yang dikeluarkan mulai dari modal awal hingga modal kerja ditambah biaya *overhead* tidak langsung yang berjumlah sama dengan hasil penjualan produk. Dengan demikian, nilai BEP digunakan untuk menghitung jumlah produksi batako agar biaya yang dikeluarkan sama dengan biaya masuk untuk mengetahui waktu balik modal.

Pada perhitungan biaya produksi batako, nilai penyusutan (depresiasi) merupakan salah satu elemen biaya yang menjadi pertimbangan penting. Menurut Toma dkk. dalam Imon dkk. (2020), penyusutan merupakan pencatatan dalam laporan akuntansi mengenai pengurangan nilai yang dialami oleh aset tetap karena adanya penurunan nilai dari waktu ke waktu serta kerusakan fisik. Menurut Rudianto dalam Setiadi (2020), terdapat tiga faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan besarnya biaya penyusutan setiap periode, yaitu:

1. Harga perolehan

Harga perolehan merupakan total biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh suatu aset tetap sampai aset tersebut siap digunakan oleh perusahaan.

2. Nilai sisa/residu

Nilai sisa/residu adalah perkiraan nilai penjualan suatu aset tetap pada akhir masa manfaatnya. Setiap perusahaan memiliki perkiraan yang berbeda-beda untuk nilai residual dari jenis aset tetap yang sama. Faktor-faktor seperti umur ekonomisnya, inflasi, nilai tukar mata uang, sektor industri, dan lain-lain, akan sangat memengaruhi jumlah perkiraan nilai residu ini.

3. Perkiraan umur ekonomis

Perkiraan umur ekonomis merupakan perkiraan durasi pemanfaatan suatu aset tetap. Masa manfaat mengacu pada estimasi umur ekonomis dari aset tersebut, bukan hanya umur teknisnya. Taksiran masa manfaat dapat dinyatakan dalam periode waktu tertentu, satuan hasil, atau jam kerja yang digunakan.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu langkah-langkah sistematis untuk melakukan penelitian terhadap suatu masalah, kasus, gejala, ataupun fenomena secara ilmiah untuk mendapatkan hasil yang rasional. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu metode yang digunakan untuk mencari dampak dari suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang terarah. Variabel dibagi menjadi dua, yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikatnya adalah berat volume, kekuatan tekan, penyerapan air, kelayakan biaya produksi, dan kemampuan meredam panas. Sedangkan, variabel bebasnya adalah penambahan *fly ash* pada komposisi campuran pembuatan batako. Penelitian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII. Sedangkan, pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

4.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan merupakan langkah awal sebelum melaksanakan pembuatan benda uji.

1. Alat

Berikut merupakan alat-alat yang perlu dipersiapkan dalam pembuatan benda uji.

- a. Timbangan, digunakan untuk menimbang berat volume material agar memiliki perbandingan komposisi yang sesuai. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Timbangan

- b. Terpal, berfungsi untuk menutupi batako ketika hujan. Terpal yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Terpal

- c. Saringan, berfungsi untuk menyaring abu batu dan *fly ash* dari gumpalan-gumpalan. Gambar saringan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Saringan

- d. Ember, berfungsi sebagai tempat alat ukur takaran komposisi material. Ember yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Ember

- e. Sekop, digunakan untuk memindahkan bahan-bahan material ke ember untuk dilakukan penakaran. Sekop yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Sekop

- f. *Mixer machine*, berfungsi untuk mengaduk rata campuran bahan material dalam pembuatan batako. *Mixer machine* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Mixer Machine

- g. Gelas ukur, berfungsi untuk mengukur jumlah air yang akan dipakai dalam komposisi campuran batako. Gelas ukur yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Gelas Ukur

- h. Cetakan batako, digunakan untuk membuat batako berukuran 36 cm x 20 cm x 10 cm. Cetakan batako yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Cetakan Batako

- i. *Press machine*, digunakan untuk pemadatan material yang terletak di cetakan dengan cara di-press. *Press machine* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Press Machine

- j. Papan kayu, digunakan sebagai alas batako yang telah selesai dicetak. Papan kayu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Papan Kayu

- k. Minyak solar, berfungsi sebagai pelapis dan pelicin cetakan batako agar batako tidak lengket dan mudah dikeluarkan.

- l. Kamera, digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan selama proses penelitian berlangsung.
- m. Alat bantu, seperti kantong plastik, alat tulis, tali rafia, buku catatan, gunting, dan kalkulator.

2. Bahan

Berikut merupakan bahan-bahan yang perlu dipersiapkan dalam pembuatan benda uji.

- a. *Fly ash*, berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran batako. *Fly ash* yang akan digunakan bersumber dari *batching plant* PT. Solusi Bangun Beton Semen Indonesia, Mutilan, Banguntapan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Fly ash* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Fly Ash

- b. Sekam padi, digunakan sebagai bahan tambah pada komposisi campuran batako. Sekam padi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Sekam Padi

- c. Abu batu, berfungsi sebagai *filler* atau pengisi. Abu batu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Abu Batu

- d. Semen, berfungsi untuk merekatkan komponen material yang ada di campuran. Semen yang digunakan yaitu semen *portland* tipe I dengan merek Tiga Roda yang sudah tersedia di PIMVM UII. Semen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Semen

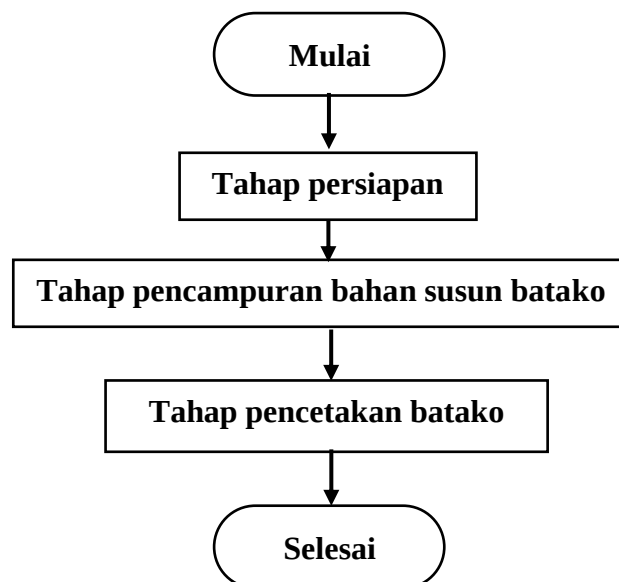
- e. Air, berfungsi sebagai cairan untuk mencampur rata komponen material. Air yang digunakan bersumber dari air tanah di PIMVM UII. Air yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.7 yang telah diukur dengan gelas ukur.

4.2.2 Perencanaan Komposisi

Pada perencanaan komposisi bahan susun campuran batako menggunakan perbandingan volume untuk memudahkan peneliti ketika proses pencampuran. Dalam penelitian kali ini menggunakan enam campuran dengan komposisi bahan yang berbeda-beda tiap campuran. Pada proses pencetakan benda uji menggunakan mesin cetak yang bergetar. Dengan merujuk pada Winarno dkk. (2023) dan Wibisono (2023), komposisi bahan susun campuran batako yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

4.2.3 Pembuatan Benda Uji

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan pembuatan batako. Tahapan ini terdiri dari tiga bagian, yaitu tahap persiapan, tahap pencampuran bahan susun batako, dan tahap pencetakan. *Flowchart* pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.15 Flowchart Pembuatan Benda Uji

1. Tahap persiapan

- a. Menyiapkan material-material, seperti semen, sekam padi, abu batu, dan *fly ash* yang telah diambil dari sumbernya.

- b. Memindahkan material abu batu dan *fly ash* ke saringan 5 mm dan 2 mm menggunakan sekop dan menyaring material tersebut agar material yang menggumpal dapat terpisah.
 - c. Mencuci sekam padi dengan menggunakan air bersih untuk membersihkan sekam padi dari kotoran, kemudian mengeringkan sekam padi sampai kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD).
 - d. Memindahkan material abu batu dan *fly ash* hasil saringan, sekam padi yang telah dikeringkan, dan semen ke ember hingga penuh dengan meratakan permukaannya tanpa diberi tekanan.
 - e. Menimbang material yang berada di ember tersebut dengan timbangan.
 - f. Menyiapkan kantong plastik sebagai wadah material yang telah diukur dengan ember sesuai komposisi setiap variasi lalu diberi kode sesuai variasi dengan menggunakan spidol.
2. Tahap pencampuran bahan susun batako
- a. Membersihkan *mixer machine* dari material yang tertinggal.
 - b. Membasahi sedikit sisi bagian dalam *mixer machine* agar pada saat melakukan proses pencampuran diharapkan tidak terjadi penyerapan yang dapat mengurangi berat volume air.
 - c. Memasukkan sekam padi, abu batu, dan *fly ash* sambil diaduk perlahan.
 - d. Memasukkan semen ke campuran sambil diaduk hingga campuran merata.
 - e. Menambahkan air sebanyak 15 liter menggunakan gelas ukur.
 - f. Mengaduk campuran tersebut menggunakan *mixer machine* hingga semua material tercampur merata.
 - g. Membuka penutup bagian bawah *mixer machine* untuk mengeluarkan material yang telah tercampur merata.
3. Tahap pencetakan batako
- a. Memberi alas kayu yang dilapisi plastik tebal agar tidak menyerap air di bagian bawah mesin cetak.
 - b. Melapisi sisi bagian dalam mesin cetak dengan minyak solar untuk mempermudah melepas batako dari cetakan. Cetakan batako diatur dengan posisi tidur.

- c. Memasukkan adukan campuran batako ke dalam mesin cetak sambil digetarkan agar adukan campuran batako menjadi padat.
 - d. Kemudian, melakukan pengepressan dengan cara melepaskan beban dari bagian atas batako sambil digetarkan secukupnya.
 - e. Mengangkat tuas beban dan cetakan kemudian memindahkan batako di tempat yang telah disediakan. Kemudian menunggu batako hingga umur batako memenuhi persyaratan untuk dapat dilakukan pengujian.
4. Tahap pencetakan benda uji pengujian daya serap air
- a. Memotong paralon sebagai cetakan benda uji dengan diameter dan tinggi masing-masing 2 – 2,5 cm sebanyak 4 buah per variasi. Kemudian, paralon dibelah menjadi 2 bagian dan disatukan kembali dengan karet gelang.
 - b. Memasukkan campuran bahan batako per variasi ke paralon, kemudian campuran bahan dalam paralon tersebut dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk menggunakan paku. Lalu, permukaan bagian atas diratakan.
 - c. Kemudian, menunggu benda uji hingga umur benda uji memenuhi persyaratan untuk dapat dilakukan pengujian.

4.3 Prosedur Analisis Data

Kebutuhan data untuk penelitian dikumpulkan melalui pengamatan selama proses produksi, pengujian di laboratorium, analisis biaya pokok produksi, analisis data dan pembahasan, serta kesimpulan.

4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Selama Proses Produksi

Pengumpulan data pada proses ini diperoleh dengan melakukan pengamatan secara detail, seperti waktu yang dibutuhkan dari proses pencampuran hingga pencetakan dan pemindahan ke tempat yang lebih teduh, pengukuran volume dalam pembuatan suatu batako, dan perhitungan banyaknya batako yang bisa diproduksi dalam satu hari.

4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium

Pengumpulan data pada proses ini diperoleh dengan melakukan pengujian di laboratorium. Pengujian yang dimaksud ialah pengujian berat volume, pengujian kuat tekan pada masing-masing sampel batako, pengujian daya serap air, dan

pengujian daya redam panas. Sampel yang dilakukan pengujian merupakan sampel yang telah berumur 28 hari.

1. Pengujian berat volume

Pengujian berat volume dilakukan dengan menggunakan bantuan alat timbangan dan penggaris. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian berat volume.

- a. Memberikan nama pada masing-masing sampel batako.
- b. Mengukur dimensi batako berupa panjang, lebar, dan tebal.
- c. Menghitung volume sesuai dengan dimensi batako.
- d. Mengukur berat batako dengan menggunakan timbangan.
- e. Menghitung berat volume yang terjadi pada batako menggunakan Persamaan 3.1.

2. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan manual yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Sampel pengujian perlu dilakukan pengecekan terlebih dahulu karena sampel harus dalam keadaan tegak lurus. Untuk mengetahui sampel tegak lurus atau tidak dapat dilakukan dengan meletakkan sampel di tempat yang rata kemudian menempelkan penggaris siku.

Berikut merupakan langkah-langkah pengujian kuat tekan.

- a. Pemberian nama pada masing-masing sampel batako untuk mempermudah tahapan selanjutnya.
- b. Meletakkan pelat di bawah mesin uji tekan dan di atas meja mesin uji tekan secara simetris antara kanan dan kirinya.
- c. Meletakkan benda uji pada posisi berdiri secara tegak lurus
- d. Meletakkan pelat di atas benda uji secara simetris antara kanan dan kirinya.
- e. Memasang dial pengukur penurunan selama proses pembebanan.
- f. Menyalakan mesin uji kuat tekan dan mencatat hasil pembebanan maksimal yang dicapai oleh benda uji.

- g. Menghitung kuat tekan yang terjadi pada batako menggunakan Persamaan 3.2.

3. Pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian daya serap air.

- a. Memasukkan benda uji ke dalam oven pada suhu 105 ± 5 °C selama kurun waktu 24 jam.
- b. Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari oven dan menimbang benda uji untuk mendapatkan nilai berat kering.
- c. Kemudian, memasukkan benda uji ke dalam air pada suhu ruangan dalam kurun waktu tidak kurang dari 14 jam. Benda uji diangkat dan ditiriskan selama satu menit. Lalu, mengelap permukaan benda uji untuk menyerap air berlebih agar dalam kondisi jenuh kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD).
- d. Kemudian menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan nilai berat basah.
- e. Menghitung penyerapan air yang terjadi pada batako menggunakan Persamaan 3.3.

4. Pengujian daya redam panas

Pengujian daya redam panas dilakukan di tengah hari saat matahari sedang terik agar pengujian ini dapat dilakukan secara maksimal. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian daya redam panas.

- a. Memberikan dudukan pada batako di sisi bawah agar tidak terkena sinar matahari dan dapat diukur suhunya.
- b. Menjemur batako di bawah sinar matahari terik pada jam 08.30 – 14.00.
- c. Mengukur suhu pada setiap benda uji pada saat cuaca sangat terik dan dilakukan per 5 menit sebanyak 5 kali.
- d. Mengukur suhu yang terkena panas matahari (T1) dan suhu yang tidak terkena panas matahari (T2) batako menggunakan *thermocouple* masing-masing di 5 titik berbeda.

- e. Menghitung redaman panas yang terjadi pada batako menggunakan Persamaan 3.4.

4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Biaya Pokok Produksi

Pengumpulan data melalui analisis biaya pokok produksi dilakukan berdasarkan pengamatan selama proses produksi batako dan survei harga bahan. Survei dilakukan dengan wawancara kepada pihak terkait sesuai dengan data yang diperlukan dalam penelitian.

1. Objek penelitian

Objek penelitian ini adalah biaya pokok produksi batako dan harga jual batako sekam padi.

2. Data yang dibutuhkan

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan untuk menghitung biaya pokok produksi.

- a. Biaya alat
- b. Biaya material
- c. Biaya papan dasar
- d. Biaya bangunan
- e. Biaya operasional
- f. Biaya upah kerja
- g. Biaya makan
- h. Biaya tunjangan hari raya

3. Metode pengumpulan data

Pengumpulan data-data tersebut dilakukan dengan menggunakan tiga metode sebagai berikut.

- a. Wawancara
- b. Dokumentasi
- c. Studi Pustaka

4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data-data maka dapat dilakukan kegiatan analisis untuk mengetahui hasil varian batako yang paling optimum, artinya batako yang memiliki

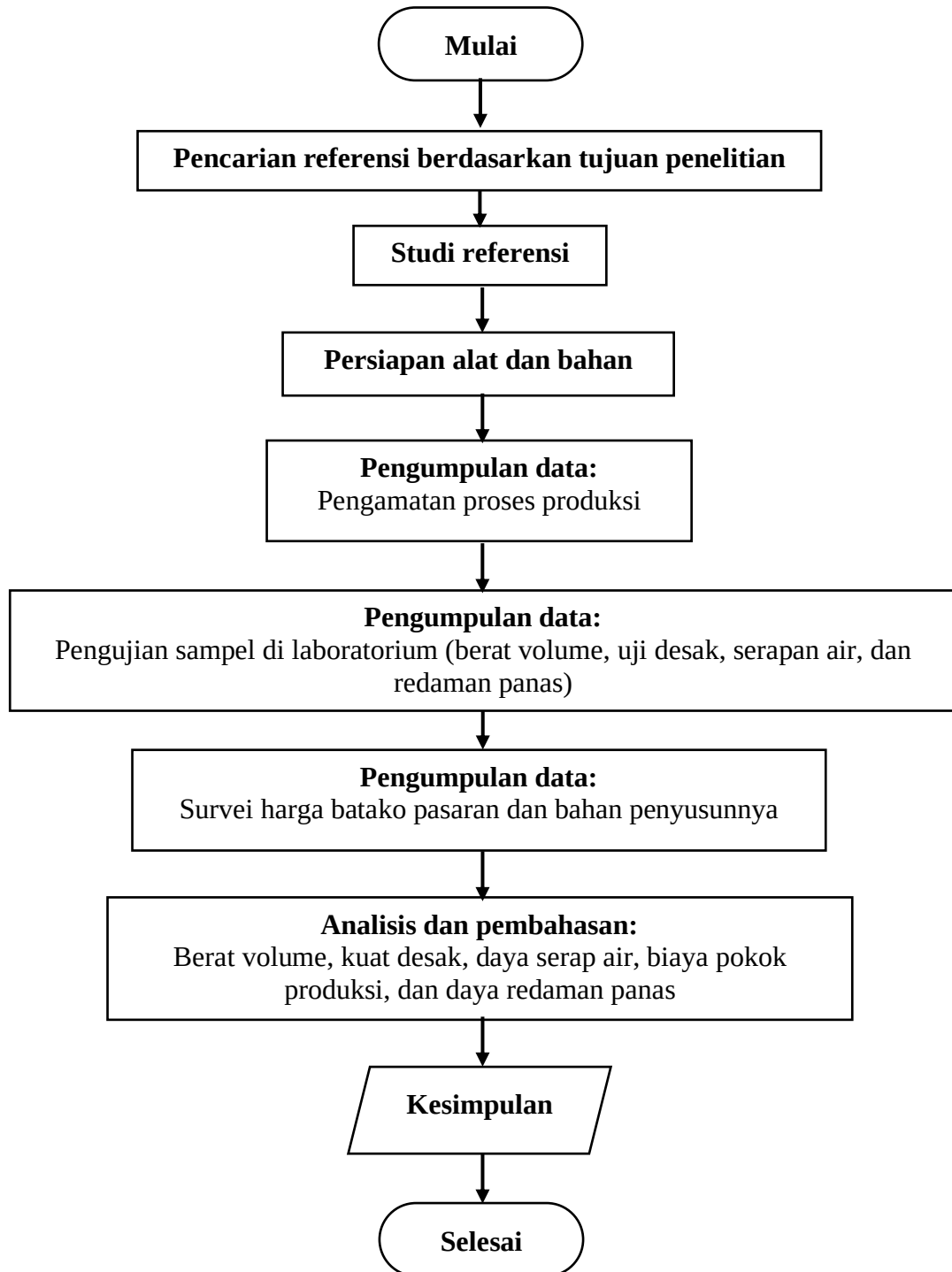
aspek teknis yang telah memenuhi standar dan persyaratan SNI dan memiliki biaya pokok produksi yang paling murah.

4.3.5 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini telah didapatkan hasil dari data yang sudah dianalisis pada tahap analisis data dan pembahasan dan berisi penjelasan berupa kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian di awal.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Pada setiap penelitian memerlukan bagan alir sistematika pengerjaan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan proses penelitian yang terarah dan mencapai hasil penelitian yang baik dan berhasil. Bagan alir penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 *Flowchart* Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian yang berfokus pada pembuatan batako sekam padi dengan campuran abu batu dan variasi *fly ash* mulai dari pembuatan sampai pengujian benda uji dilakukan di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, tepatnya di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT). Khusus BAB V ini akan dijabarkan lebih lanjut dalam pengolahan data hasil pengujian benda uji yang sebelumnya sudah dilakukan beberapa pengujian, yaitu berat volume, kuat tekan, daya serap air, redaman panas, dan biaya pokok produksi. Analisis dan pembahasan hasil pengujian dapat diamati sebagai berikut.

5.2 Kebutuhan Campuran Batako

Untuk mengetahui kebutuhan bahan campuran batako maka dapat dilakukan mulai dari menentukan jumlah sampel yang akan digunakan dalam masing-masing pengujian. Kemudian, dapat dilanjutkan dengan pengujian berat volume masing-masing bahan terlebih dahulu. Seluruh bahan susun batako, yaitu semen, sekam padi, abu batu, dan *fly ash* harus dilakukan pengujian ini. Berat volume pada setiap bahan susun batako perlu diketahui agar penentuan kebutuhan bahan campuran batako menjadi lebih mudah. Berikut merupakan detail perhitungan untuk menentukan total kebutuhan campuran batako sekam padi.

1. Jumlah kebutuhan benda uji untuk pengujian

Penentuan jumlah benda uji yang dibutuhkan dalam pengujian menjadi langkah awal dalam proses menentukan kebutuhan campuran batako tiap variasi. Proporsi perbandingan campuran bahan pada batako sekam padi tertera pada Tabel 3.3. Setiap variasi campuran memiliki jumlah benda uji yang sama yaitu sebanyak 12 benda uji. Dengan demikian, batako yang memiliki 6 variasi campuran akan memiliki total benda uji sebanyak 72 benda uji. Berikut

merupakan total kebutuhan benda uji per variasi untuk dilakukan pengujian yang tertera pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kebutuhan Benda Uji untuk Pengujian

Pengujian	Kebutuhan
Kuat tekan	5
Penyerapan air	4
Redaman panas	3

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas, benda uji untuk setiap variasi yang dibutuhkan untuk diuji kuat tekan sebanyak 5 buah dan redaman panas sebanyak 3 buah. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan redaman panas menggunakan batako berlubang sekam padi berukuran $36 \times 10 \times 20$ cm. Total benda uji pada setiap variasi untuk kedua pengujian tersebut sebanyak 8 benda uji sehingga apabila terdapat 6 variasi maka total keseluruhan sebanyak 48 benda uji. Untuk 24 benda uji sisanya merupakan benda uji cadangan.

Sedangkan, untuk pengujian penyerapan air menggunakan benda uji yang berbeda dengan uji kuat tekan dan redaman panas. Pada pengujian ini dibutuhkan benda uji sebanyak 4 buah per variasi. Pada pengujian ini, benda uji yang digunakan berbentuk silinder berukuran $2,5 \times 2,5$ cm. Dengan menggunakan 6 variasi campuran batako maka total benda uji untuk penyerapan yaitu 24 benda uji. Dengan demikian, total benda uji yang diperlukan untuk ketiga pengujian sebanyak 72 benda uji.

2. Pengujian berat volume bahan

Pengujian ini dimulai dari pemeriksaan berat masing-masing bahan hingga pemeriksaan berat volume bahan.

a. Berat bahan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai dari masing-masing berat material yang digunakan sebagai bahan campur pembuatan batako. Material yang diukur terdiri dari material sekam padi, *fly ash*, abu batu, dan semen. Berat material ini diukur dengan menggunakan satuan kilogram. Pemeriksaan

berat bahan menggunakan timbangan dan wadah berupa ember yang memiliki volume sebesar 20 liter atau 0,02 m³. Hasil pengujian berat bahan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Bahan Susun Batako

Berat Sekam Padi (kg)	Berat <i>Fly Ash</i> (kg)	Berat Abu Batu (kg)	Berat Semen (kg)
3,00	16,11	16,74	14,33

b. Berat volume bahan

Berat volume bahan merupakan hasil dari pembagian antara berat masing-masing bahan dengan volume ember ukur. Berikut merupakan detail perhitungan dari berat volume bahan.

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat volume sekam padi} &= \frac{\text{Berat sekam padi}}{\text{Volume ember ukur}} \\
 &= \frac{3,00}{0,02} \\
 &= 150 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Berat volume } fly \text{ ash} &= \frac{\text{Berat } fly \text{ ash}}{\text{Volume ember ukur}} \\
 &= \frac{16,11}{0,02} \\
 &= 805,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

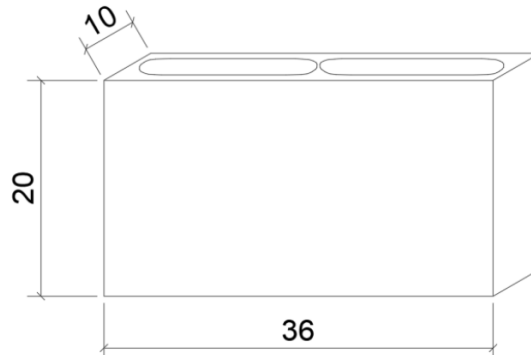
$$\begin{aligned}
 3) \text{ Berat volume abu batu} &= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{Volume ember ukur}} \\
 &= \frac{16,74}{0,02} \\
 &= 837 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Berat volume semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Volume ember ukur}} \\
 &= \frac{14,33}{0,02} \\
 &= 716,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan volume batako

Batako yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batako berlubang. Sebelum menghitung komposisi campuran bahan pembuatan batako, harus

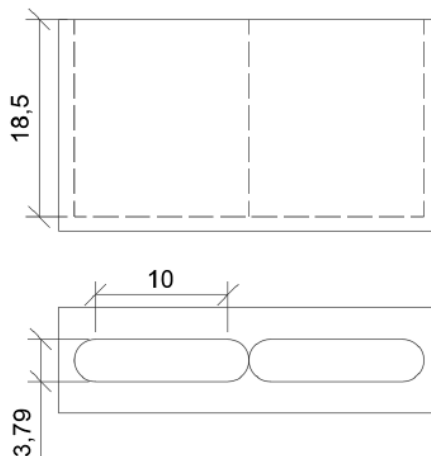
menghitung volume batako berlubang terlebih dahulu. Ilustrasi batako berlubang dapat dilihat pada Gambar 5.1. Berikut merupakan perhitungan berat volume batako berlubang.



Gambar 5.1 Ilustrasi Batako Berlubang

Berdasarkan dimensi batako yang tertera pada Gambar 5.1 dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume luar batako} &= p \times l \times t \\
 &= 36 \times 10 \times 20 \\
 &= 7200 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5.2 Ilustrasi Detail Batako Berlubang

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lubang batako} &= (2 \times (\text{persegi panjang} + \text{lingkaran})) \times \text{tinggi lubang} \\
 &= (2 \times (P_{\text{lubang}} \times L_{\text{lubang}}) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D\right)) \times T_{\text{lubang}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (2 \times (10 \times 3,79) + (\frac{1}{4} \times \pi \times 3,79)) \times 18,5 \\
 &= 1457,368 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,00146 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume batako} &= \text{volume luar batako} - \text{volume lubang batako} \\
 &= 7200 - 1457,368 \\
 &= 5742,632 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,00574 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan kebutuhan campuran bahan

Pada Tabel 3.3 telah tertera proporsi campuran bahan untuk pembuatan batako dalam setiap variasinya. Selanjutnya, kebutuhan campuran bahan untuk setiap variasi dapat dihitung dengan menggunakan batako variasi I sebagai contoh perhitungan sebagai berikut.

1. Kebutuhan campuran bahan untuk 12 batako

$$\begin{aligned}
 \text{a. Semen} &= \text{Jumlah ember} \times \text{berat material 1 ember} \\
 &= 1 \times 1 \times 14,33 \\
 &= 14,33 \text{ kg} \\
 \text{b. Abu batu} &= \text{Jumlah ember} \times \text{berat material 1 ember} \\
 &= 2,75 \times 16,74 \\
 &= 46,04 \text{ kg} \\
 \text{c. Fly ash} &= \text{Jumlah ember} \times \text{berat material 1 ember} \\
 &= 1 \times 0 \times 16,11 \\
 &= 0 \text{ kg} \\
 \text{d. Sekam padi} &= \text{Jumlah ember} \times \text{berat material 1 ember} \\
 &= 6 \times 3 \\
 &= 18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Kebutuhan campuran bahan untuk satu batako

$$\begin{aligned}
 \text{a. Semen} &= \frac{\text{Kebutuhan semen untuk 12 batako}}{\text{Jumlah sampel}} \\
 &= \frac{14,33}{12} \\
 &= 1,194 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Abu batu} &= \frac{\text{Kebutuhan abu batu untuk 12 batako}}{\text{Jumlah sampel}} \\
 &= \frac{46,04}{12} \\
 &= 3,836 \text{ kg} \\
 \text{c. Fly ash} &= \frac{\text{Kebutuhan fly ash untuk 12 batako}}{\text{Jumlah sampel}} \\
 &= \frac{0}{12} \\
 &= 0 \text{ kg} \\
 \text{d. Sekam padi} &= \frac{\text{Kebutuhan sekam padi untuk 12 batako}}{\text{Jumlah sampel}} \\
 &= \frac{18}{12} \\
 &= 1,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan contoh perhitungan di atas maka hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan campuran bahan untuk pembuatan batako pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Komposisi Campuran Batako

Variasi Campuran	Semen (kg)	Abu Batu (kg)	Fly Ash (kg)	Sekam Padi (kg)	Jumlah Sampel
I	14,33	46,04	0,00	18,00	12
II	13,76	46,04	0,64	18,00	12
III	13,18	46,04	1,29	18,00	12
IV	12,61	46,04	1,93	18,00	12
V	12,04	46,04	2,58	18,00	12
VI	11,46	46,04	3,22	18,00	12

5.3 Perhitungan Berat Volume Batako

Berat volume batako didapatkan dari hasil perbandingan antara berat batako dengan volume batako. Berikut merupakan perhitungan berat volume batako dengan menggunakan batako variasi 1 sampel 1 sebagai contoh perhitungan.

1. Perhitungan berat volume batako

$$\text{Berat batako} = 6,493 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang batako} = 0,367 \text{ m}$$

$$\text{Lebar batako} = 0,105 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi batako} = 0,190 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume batako} &= (\text{panjang batako} \times \text{lebar batako} \times \text{tinggi batako}) - \\ &\quad \text{volume lubang batako} \\ &= (0,367 \times 0,105 \times 0,190) - 0,00146 \\ &= 0,00734 - 0,00146 \\ &= 0,00588 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume batako} &= \frac{\text{Berat batako}}{\text{Volume batako}} \\ &= \frac{6,493}{0,00588} \\ &= 1104,124 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan berat volume batako tersebut maka hasil rekapitulasi perhitungan berat volume batako setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

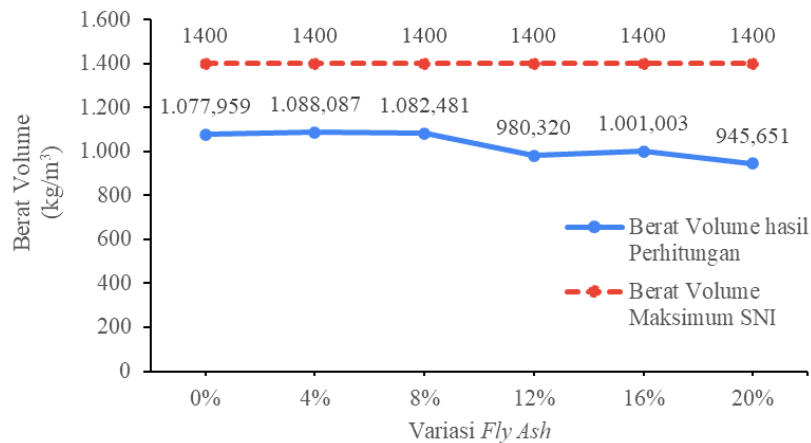
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Volume Batako

Variasi	Perbandingan Semen : <i>Fly Ash</i>	Nomor Sampel	Berat Batako (kg)	Dimensi Batako			Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
				Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)			
I	100% : 0%	I-1	6,493	0,367	0,105	0,190	0,00588	1.104,124	1077,959
		I-2	6,574	0,370	0,105	0,193	0,00608	1.080,906	
		I-3	6,416	0,370	0,108	0,189	0,00606	1.059,098	
		I-4	6,505	0,370	0,106	0,195	0,00621	1.047,103	
		I-5	6,536	0,366	0,105	0,192	0,00595	1.098,564	
II	96% : 4%	II-1	6,941	0,368	0,105	0,198	0,00623	1.113,706	1088,087
		II-2	7,206	0,369	0,107	0,199	0,00639	1.127,596	
		II-3	7,261	0,371	0,110	0,201	0,00672	1.079,934	
		II-4	6,922	0,372	0,109	0,196	0,00646	1.072,194	
		II-5	6,635	0,371	0,108	0,196	0,00634	1.047,006	
III	92% : 8%	III-1	6,641	0,371	0,109	0,196	0,00644	1.031,797	1082,481
		III-2	6,822	0,369	0,110	0,197	0,00651	1.048,526	
		III-3	6,775	0,369	0,108	0,198	0,00642	1.056,114	
		III-4	6,899	0,370	0,106	0,198	0,00634	1.088,955	
		III-5	7,267	0,370	0,106	0,193	0,00612	1.187,011	
IV	88% : 12%	IV-1	6,59	0,372	0,108	0,198	0,00646	1.019,572	980,320
		IV-2	6,446	0,372	0,108	0,196	0,00636	1.013,447	
		IV-3	6,536	0,371	0,108	0,197	0,00643	1.016,391	
		IV-4	5,971	0,371	0,107	0,194	0,00629	949,443	

Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Volume Batako

Variasi	Perbandingan Semen: <i>Fly Ash</i>	Nomor Sampel	Berat Batako (kg)	Dimensi Batako			Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
				Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)			
		IV-5	5,893	0,371	0,108	0,200	0,00653	902,748	
V	84% : 16%	V-1	6,182	0,369	0,107	0,196	0,00626	987,773	1001,003
		V-2	6,554	0,371	0,107	0,194	0,00623	1.052,391	
		V-3	6,351	0,371	0,108	0,199	0,00652	974,746	
		V-4	6,603	0,370	0,109	0,198	0,00651	1.013,976	
		V-5	6,354	0,371	0,108	0,199	0,00651	976,132	
VI	80% : 20%	VI-1	6,041	0,367	0,107	0,193	0,00611	989,373	945,651
		VI-2	5,772	0,369	0,106	0,197	0,00626	922,690	
		VI-3	5,694	0,369	0,108	0,199	0,00643	885,487	
		VI-4	6,081	0,369	0,106	0,199	0,00631	964,372	
		VI-5	5,974	0,368	0,106	0,196	0,00618	966,336	

Berdasarkan Tabel 5.4 tersebut didapatkan grafik perbandingan antara masing-masing variasi campuran batako sekam padi dengan berat volume rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Berat Volume Rata-rata Batako

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan yang tertera pada Tabel 5.4 dan grafik pada Gambar 5.3, nilai berat volume rata-rata terbesar dimiliki oleh batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran bahan 0,96 : 1 : 0,04 : 3 sebesar 1088,087 kg/m³. Sementara itu, nilai berat volume rata-rata terkecil dimiliki oleh batako sekam padi variasi VI dengan perbandingan campuran bahan 0,80 : 1 : 0,20 : 3 sebesar 945,651 kg/m³. Dari 6 variasi batako sekam padi tersebut telah memiliki berat volume yang sesuai dengan standar maksimum yang disyaratkan oleh SNI yaitu <1400 kg/m³. Namun, hasil perhitungan berat volume terlihat tidak konsisten. Hal ini bisa disebabkan saat proses penakaran bahan susun tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten. Selain itu, juga bisa disebabkan karena proses pencampuran yang kurang lama sehingga hasil pencampurannya tidak homogen.

5.4 Data Hasil Pengujian

Setelah melalui proses pembuatan dan perhitungan berat volume pada batako maka dapat dilakukan beberapa pengujian. Pengujian yang dimaksud adalah

pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas. Berikut merupakan hasil masing-masing pengujian batako.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan terhadap benda uji bertujuan untuk mengetahui seberapa besar batako yang diuji dalam menahan beban maksimum yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai akhir berupa nilai kuat tekan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan yang terletak di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan 5 sampel batako yang diambil di setiap variasinya sehingga total sampel yang diuji kuat tekan sebanyak 30 sampel batako sekam padi. Sebelum diuji kuat tekan, 30 sampel batako berumur 28 hari ini telah dilakukan pengukuran dimensi untuk didapatkan nilai luasan penampang masing-masing sampel. Nilai kuat tekan merupakan hasil perbandingan beban maksimum dengan luasan penampang. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan dengan menggunakan batako sekam padi variasi I sampel 1.

Beban maksimum (P) = 2825 kgf

Luas penampang (A) = panjang batako × lebar batako

$$= 36,67 \times 10,51$$

$$= 385,402 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{2825}{385,402}$$

$$= 7,33 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan kuat tekan seperti pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

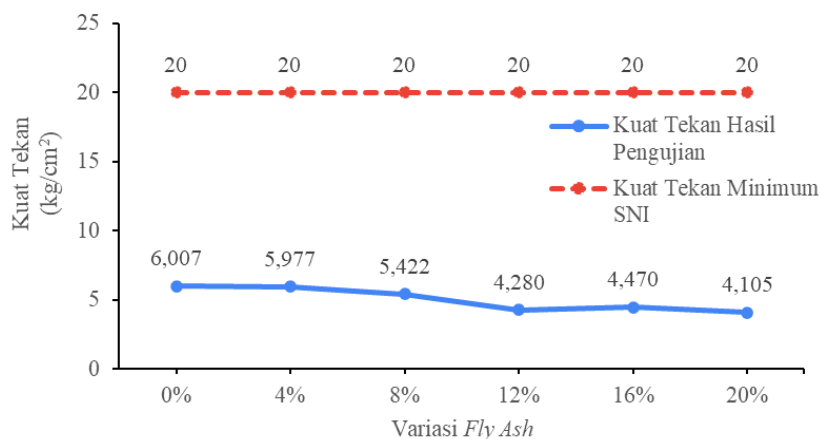
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Perbandingan Semen:Fly Ash	Nomor Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako		Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
				Panjang (cm)	Lebar (cm)			
I	100% : 0%	I-1	2825	36,67	10,51	385,402	7,330	6,007
		I-2	2225	37,04	10,53	390,031	5,705	
		I-3	2025	36,97	10,75	397,428	5,095	
		I-4	2225	36,96	10,62	392,515	5,669	
		I-5	2400	36,56	10,53	384,977	6,234	
II	96% : 4%	II-1	2500	36,81	10,54	387,977	6,444	5,977
		II-2	2460	36,91	10,69	394,568	6,235	
		II-3	2600	37,05	10,98	406,809	6,391	
		II-4	2250	37,23	10,85	403,946	5,570	
		II-5	2090	37,05	10,75	398,288	5,247	
III	92% : 8%	III-1	2025	37,1	10,85	402,535	5,031	5,422
		III-2	2250	36,94	10,96	404,862	5,557	
		III-3	2055	36,92	10,78	397,998	5,163	
		III-4	1960	37,02	10,61	392,782	4,990	
		III-5	2500	36,96	10,62	392,515	6,369	
IV	88% : 12%	IV-1	2030	37,16	10,76	399,842	5,077	4,280
		IV-2	1800	37,18	10,75	399,685	4,504	
		IV-3	1310	37,09	10,79	400,201	3,273	
		IV-4	1610	37,14	10,74	398,884	4,036	

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Perbandingan Semen: <i>Fly Ash</i>	Nomor Sampel	Beban Maks (kg)	Dimensi Batako		Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
				Panjang (cm)	Lebar (cm)			
		IV-5	1805	37,13	10,78	400,261	4,510	
V	84% : 16%	V-1	1725	36,92	10,69	394,675	4,371	4,470
		V-2	1735	37,05	10,67	395,324	4,389	
		V-3	1735	37,11	10,78	400,046	4,337	
		V-4	2030	37,04	10,85	401,884	5,051	
		V-5	1685	37,09	10,81	400,943	4,203	
VI	80% : 20%	VI-1	2100	36,72	10,65	391,068	5,370	4,105
		VI-2	1210	36,92	10,61	391,721	3,089	
		VI-3	1470	36,93	10,76	397,367	3,699	
		VI-4	1620	36,86	10,61	391,085	4,142	
		VI-5	1650	36,83	10,61	390,766	4,222	

Berdasarkan Tabel 5.5 tersebut didapatkan grafik perbandingan antara masing-masing variasi campuran batako sekam padi dengan kuat tekan rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Batako

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata batako yang telah tertera pada Tabel 5.5 dan grafik pada Gambar 5.4, 6 variasi campuran batako tersebut memiliki nilai kuat tekan batako yang belum mencapai nilai standar kuat tekan batako berlubang yaitu 20 kg/cm². Grafik pada Gambar 5.4 terlihat inkonsistensi yang mungkin disebabkan karena saat proses penakaran bahan susun tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten atau karena proses pencampuran yang kurang lama sehingga hasil pencampurannya tidak homogen. Dari hasil pengujian kuat tekan dalam penelitian ini, nilai kuat tekan rata-rata tertinggi dimiliki oleh batako variasi I atau tanpa campuran *fly ash* yaitu sebesar 6,007 kg/cm². Kemudian, pada variasi campuran *fly ash* 4% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 5,977 kg/cm². Setelah itu, nilai kuat tekan terus mengalami penurunan yang tidak konsisten sehingga material *fly ash* dapat menggantikan semen sampai variasi II atau dengan campuran 4% *fly ash*.

5.4.2 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air pada benda uji bertujuan untuk mendapatkan nilai persentase berat air yang terserap oleh batako ketika benda uji berada dalam rendaman air. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini ialah campuran bahan

batako per variasi yang dimasukkan dalam cetakan paralon yang telah dipotong sebelumnya. Ukuran paralon untuk setiap variasi bersifat homogen dengan diameter dan tinggi masing-masing 2 – 2,5 cm.

Jumlah benda uji pada setiap variasi yang digunakan sebanyak empat sampel sehingga total yang digunakan dalam pengujian penyerapan air adalah 24 sampel. Kemudian sampel tersebut dikeringkan dalam oven selama 24 jam dalam suhu 105°C, lalu diukur beratnya untuk mendapatkan nilai berat kering. Setelah itu dilakukan perendaman dalam kurun waktu tidak kurang dari 14 jam, kemudian dilap permukaannya agar dalam kondisi jenuh kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD) lalu ditimbang untuk mendapatkan nilai berat basah.

Nilai resapan air yang didapatkan merupakan selisih dari hasil berat sampel setelah pengeringan dan setelah perendaman. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, persentase sebesar 25% merupakan batas penyerapan air maksimum. Berikut merupakan contoh perhitungan resapan air dengan menggunakan variasi I sampel 1.

Berat kering = 11 gram

Berat basah = 14 gram

$$\begin{aligned}\text{Daya serap air} &= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \\ &= \frac{14 - 11}{11} \times 100\% \\ &= 27,273\%\end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan penyerapan air yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

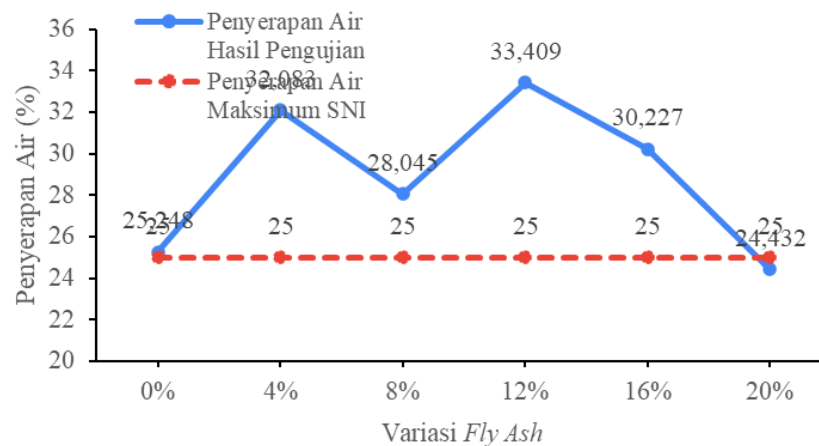
Tabel 5.6 Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Perbandingan Semen: <i>Fly Ash</i>	Nomor Sampel	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata- rata (%)
I	100% : 0%	I-1	14	11	27,273	25,248
		I-2	15	12	25,000	
		I-3	15	13	15,385	
		I-4	16	12	33,333	
II	96% : 4%	II-1	15	12	25,000	32,083
		II-2	14	10	40,000	
		II-3	16	12	33,333	
		II-4	13	10	30,000	
III	92% : 8%	III-1	16	12	33,333	28,045
		III-2	17	13	30,769	
		III-3	16	13	23,077	
		III-4	15	12	25,000	
IV	88% : 12%	IV-1	13	10	30,000	33,409
		IV-2	14	11	27,273	

Lanjutan Tabel 5.6 Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Perbandingan Semen: <i>Fly Ash</i>	Nomor Sampel	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata- rata (%)
		IV-3	15	11	36,364	
		IV-4	14	10	40,000	
V	84% : 16%	V-1	14	11	27,273	30,227
		V-2	15	11	36,364	
		V-3	14	11	27,273	
		V-4	13	10	30,000	
VI	80% : 20%	VI-1	15	12	25,000	24,432
		VI-2	13	11	18,182	
		VI-3	14	11	27,273	
		VI-4	14	11	27,273	

Berdasarkan Tabel 5.6 tersebut didapatkan grafik perbandingan antara masing-masing variasi campuran batako sekam padi dengan persentase penyerapan air rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Penyerapan Air Rata-rata Batako

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air rata-rata batako yang telah tertera pada Tabel 5.6 dan grafik pada Gambar 5.5, nilai daya serap air batako sekam padi paling baik berada di variasi VI dengan campuran 20% *fly ash* yaitu sebesar 24,432%. 5 variasi batako yaitu variasi I, variasi II, variasi III, variasi IV, dan variasi V dengan masing-masing persentase campuran *fly ash* 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% memiliki nilai kadar penyerapan air yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan SNI 03-0349-1989 dan pada Gambar 5.5 pun terlihat bahwa grafik penyerapan air menunjukkan nilai yang tidak konsisten. Hal ini mungkin disebabkan benda uji yang kurang memadat saat proses pemadatan campuran benda uji pada paralon sehingga benda uji memiliki banyak rongga. Banyaknya rongga pada benda uji berpengaruh terhadap besaran nilai kadar penyerapan air. Selain itu, juga dapat disebabkan karena saat proses penakaran bahan susun yang tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten atau karena proses pencampuran yang kurang lama sehingga hasil pencampurannya tidak homogen.

5.4.3 Pengujian Redaman Panas

Pengujian redaman panas dilakukan untuk mengetahui nilai redaman panas yang dihasilkan oleh batako sekam padi. Pada pengujian ini menggunakan tiga sampel dari masing-masing variasi sehingga total sampel yang digunakan sebanyak 18 sampel yang sudah berumur 28 hari. Semua sampel tersebut dijemur mulai dari jam 08.30 sampai jam 14.00. Pengukuran suhu pada setiap benda uji dimulai pada saat cuaca sangat terik dan dilakukan per 5 menit sebanyak 5 kali. Pengujian ini menggunakan alat ukur suhu yaitu *thermocouple* pada bagian yang terkena panas matahari (T1) dan bagian yang tidak terkena panas matahari (T2) masing-masing di 5 titik berbeda. Hasil pembacaan suhu pada semua sampel batako sekam padi dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11, dan Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi I

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
I-1	T1	1	41,9	44,4	49,3	47,6	53,9
		2	41,6	45,4	51,7	50,7	47,9
		3	48,6	51	50,1	49,9	53,2
		4	48,1	45,9	52,4	50,6	48,3
		5	47,6	45,3	48,3	53,7	54,2
	Rata-rata		45,56	46,40	50,36	50,50	51,50
	Rata-rata T1		48,864				
	T2	1	36,8	37,2	37,2	40	37,3
		2	35,3	36	36,6	38,6	34,5
		3	39,4	40,1	40,9	41,1	34,8
		4	36,7	38,1	39,6	37,2	35,3
		5	35,4	35,8	37,3	34,9	33,8
	Rata-rata		36,72	37,44	38,32	38,36	35,14
	Rata-rata T2		37,196				
I-2	T1	1	52,2	51,6	54,4	55,4	52,2
		2	51,5	48,8	49,4	51,9	51,3
		3	53	53,3	55,1	55,5	55,2
		4	51,4	45,4	49,2	50,2	48
		5	56,2	50,2	54,5	54,8	54,6

Lanjutan Tabel 5.7 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi I

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
	Rata-rata		52,86	49,86	52,52	53,56	52,26
	Rata-rata T1		52,212				
	T2	1	36	37,3	38,2	38,3	37,5
		2	30,7	34,5	34,7	35,3	36,1
		3	37,7	36,5	39,3	39,3	38,6
		4	35,5	35,3	35,9	36	35,4
		5	33,9	35	35,1	35,5	36,1
	Rata-rata		34,76	35,72	36,64	36,88	36,74
Rata-rata T2		36,148					
I-3	T1	1	51,3	49,7	50,8	51,5	47,1
		2	52,3	48,4	47,9	52,3	50,9
		3	51,7	50,7	54,1	48,7	45,1
		4	53,6	53,2	53,3	53,1	49,3
		5	52,7	50,7	51,6	51,4	48,8
	Rata-rata		52,32	50,54	51,54	51,4	48,24
	Rata-rata T1		50,808				
	T2	1	36,7	37,7	39,5	39,5	37,1
		2	37,7	35,3	40,6	40,9	37,9
		3	39,1	36,5	40,1	38,9	37,2
		4	39,1	36,6	41,7	41,3	39,2
		5	35,2	34,7	37,3	37,1	35,1
	Rata-rata		37,56	36,16	39,84	39,54	37,3
	Rata-rata T2		38,08				

Tabel 5.8 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi II

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
II-1	T1	1	47,6	51,9	53,4	47,4	49,5
		2	50,7	55,4	51,2	50,7	51,4
		3	47,6	53,5	53,1	51	51,3
		4	50,5	55,9	55,7	48,9	51,4
		5	47,4	53,4	52,8	51,6	48,4
	Rata-rata		48,76	54,02	53,24	49,92	50,4
	Rata-rata T1		51,268				
	T2	1	33,4	38,2	38,3	37,5	36,8
		2	35,4	41	40,8	38,1	38,3
		3	35,5	39,3	37,3	37,4	37,6
		4	36,6	41,5	38,9	37,4	38,2

Lanjutan Tabel 5.8 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi II

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
		5	33,8	36,2	35,8	36,1	35,4
	Rata-rata		34,94	39,24	38,22	37,3	37,26
	Rata-rata T2		37,392				
II-2	T1	1	50,6	51,3	51,4	52,3	53,9
		2	51,2	52,2	53,9	53,5	53,7
		3	52,1	52,4	54,7	52,2	52,6
		4	50,8	53,2	52,1	54,6	51,3
		5	51,7	50,6	50,2	51,4	49,8
	Rata-rata		51,28	51,94	52,46	52,8	52,26
	Rata-rata T1		52,148				
	T2	1	37,3	38,1	36,3	37,5	39,2
		2	35,1	38,3	37,7	35,7	40,4
		3	36,2	37,4	37,1	36,4	38,8
		4	38,3	37,6	38,4	36,8	38,5
		5	37,5	35,2	36,1	34,4	36,1
	Rata-rata		36,88	37,32	37,12	36,16	38,6
	Rata-rata T2		37,216				
II-3	T1	1	48,7	49,5	55,1	56,4	50,2
		2	51,4	50,8	54,2	55,8	49,6
		3	47,9	50,1	55,6	55,3	49,2
		4	50,5	51,5	53,3	54,7	48,7
		5	51,2	52,4	51,7	52,2	48,5
	Rata-rata		49,94	50,86	53,98	54,88	49,24
	Rata-rata T1		51,78				
	T2	1	34,6	39,5	38,4	36,9	38,2
		2	33,4	38,3	40,6	38,3	36,2
		3	33,7	40,1	38,1	37,2	37,1
		4	35,6	40,7	37,2	37,5	38,6
		5	37,4	37,7	35,5	35,9	35,4
	Rata-rata		34,94	39,26	37,96	37,16	37,1
	Rata-rata T2		37,284				

Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi III

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
III-1	T1	1	44,1	49,8	46,5	48,5	45,4
		2	50,6	57,4	50,5	56,5	57,5
		3	47,8	50,8	46,8	48,8	49,2
		4	53,7	54,8	52,9	52,8	52,1
		5	51	51,4	51,6	51,4	51,4
	Rata-rata		49,44	52,84	49,66	51,6	51,12
	Rata-rata T1		50,932				
	T2	1	33,2	37,6	36,6	35	34,8
		2	35,5	37,1	37,7	36,3	36,4
		3	35,4	36	36,6	35	36,5
		4	38,1	36,1	38	35,3	35,7
		5	31,7	34,4	35,5	34,7	34,3
	Rata-rata		34,78	36,24	36,88	35,26	35,54
	Rata-rata T2		35,74				
III-2	T1	1	47,5	52,2	47,7	46,9	47,8
		2	51,7	56,4	57,2	54,8	55,3
		3	46,3	50,3	48	49,2	49,3
		4	55,3	52,6	51,8	52,8	52,6
		5	51,5	50,7	49,9	51,1	51,2
	Rata-rata		50,46	52,44	50,92	50,96	51,24
	Rata-rata T1		51,204				
	T2	1	34,1	35,7	37,2	36,7	36,2
		2	36,3	35,8	38,1	36,9	35,4
		3	35,6	36,8	36,4	37	35,8
		4	37,1	34,4	37,1	37,7	36,9
		5	33,2	33,8	34,1	35,7	35,1
	Rata-rata		35,26	35,3	36,58	36,8	35,88
	Rata-rata T2		35,964				
III-3	T1	1	46,3	51,8	48,5	45,6	45,4
		2	51,1	54,5	55	55,3	54,3
		3	47,2	53,7	46,6	52,6	48,2
		4	56,4	57,6	55,7	53,4	53,5
		5	53,2	52,6	52,4	52,3	51,7
	Rata-rata		50,84	54,04	51,64	51,84	50,62
	Rata-rata T1		51,796				

Lanjutan Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi III

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
III-1	T2	1	33,6	34,5	34,1	33,2	33,2
		2	35,4	34,7	36,8	35,7	36,3
		3	37,2	36,7	37,2	35,6	37,4
		4	35,2	37,8	36,5	36,2	36,2
		5	32,7	34,2	33,7	33,5	34,3
	Rata-rata		34,82	35,58	35,66	34,84	35,48
	Rata-rata T2		35,276				

Tabel 5.10 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi IV

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
IV-1	T1	1	46,7	51,4	49,2	50,5	51,1
		2	53,2	55,3	54,7	53,4	52,6
		3	52,7	50,4	49,7	51,2	51,7
		4	56,4	51,2	52,2	52,7	53,4
		5	50,7	50,4	51	51,4	50,5
	Rata-rata		51,94	51,74	51,36	51,84	51,86
	Rata-rata T1		51,748				
	T2	1	37,2	37,4	39,8	38,6	38,8
		2	41	39,6	41,3	40,7	41,2
		3	37,6	38,4	39,2	39,3	40,4
		4	40,1	39,8	38,4	39,5	40,1
		5	36,5	37,8	36,9	38,9	39,7
	Rata-rata		38,48	38,6	39,12	39,4	40,04
	Rata-rata T2		39,128				
IV-2	T1	1	47,8	51,9	50,5	51,2	50,9
		2	52,4	53,3	55,8	52,6	51,7
		3	53,5	51,1	53,6	52,5	51,8
		4	55,7	50,8	53,8	53,4	53,5
		5	50,6	50,5	52,2	50,4	51
	Rata-rata		52	51,52	53,18	52,02	51,78
	Rata-rata T1		52,1				
	T2	1	38,8	37,8	38,2	40,6	39,7
		2	40,2	38,5	39,4	41,3	40,1
		3	39,5	39,1	38,6	39,8	41,2

Lanjutan Tabel 5.10 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi IV

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
		4	39,7	38,8	38,3	41,2	41,8
		5	37,9	37,2	37,7	39	38,6
	Rata-rata		39,22	38,28	38,44	40,38	40,28
	Rata-rata T2		39,32				
IV-3	T1	1	48,2	50,5	49,3	50,6	49,7
		2	52,7	52,9	52,1	52,4	50,2
		3	54,1	52,6	53,7	52,8	51,6
		4	54,8	53,1	51,8	53,3	52,2
		5	51,4	51,8	51,5	51,8	51,7
	Rata-rata		52,24	52,18	51,68	52,18	51,08
	Rata-rata T1		51,872				
	T2	1	38,7	39,7	38,5	38,7	40,2
		2	39,4	40,2	38,9	39,7	41,3
		3	39,1	38,5	39,2	40,5	42,2
		4	40,4	39,3	41,1	41,2	42,7
		5	38,8	38,6	38,4	40	39,7
	Rata-rata		39,28	39,26	39,22	40,02	41,22
	Rata-rata T2		39,8				

Tabel 5.11 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi V

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
V-1	T1	1	50,5	45,8	50,3	45,2	46,6
		2	53,5	49,9	52,8	47,7	50,1
		3	49,5	48,3	50,4	44,2	45,2
		4	52	50,8	55,9	46,8	48,5
		5	48,6	48,8	47,8	44,6	45,7
	Rata-rata		50,82	48,72	51,44	45,7	47,22
	Rata-rata T1		48,78				
	T2	1	36,2	35,5	34,5	34,6	35,4
		2	36,8	37,4	35,4	34,3	36
		3	34,9	35,9	34,5	33,8	34,7
		4	35,5	38,8	36	35	36,7
		5	35,5	35,4	33,7	33,4	34,1
	Rata-rata		35,78	36,6	34,82	34,22	35,38
	Rata-rata T2		35,36				

Lanjutan Tabel 5.11 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi V

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
V-2	T1	1	49,6	47,6	49,5	47,8	47,8
		2	50,3	49,2	52,3	48,2	49,1
		3	51,1	49,1	51	45,5	46,3
		4	50,9	50,1	53,6	46,9	48,4
		5	49,4	48,5	48,6	45,2	47,2
	Rata-rata		50,26	48,9	51	46,72	47,76
	Rata-rata T1		48,928				
	T2	1	37,1	36,8	35,6	34,8	36
		2	36,2	36,9	36,8	35,2	35,8
		3	35,7	36,3	35,7	35,1	36,1
		4	36,4	37,2	36,5	36,3	37,3
		5	34,6	36,7	34,9	34,5	35,4
	Rata-rata		36	36,78	35,9	35,18	36,12
	Rata-rata T2		35,996				
V-3	T1	1	49,8	48,7	49,2	47,4	48,2
		2	51,2	49,5	51,4	49,2	49,7
		3	51,5	50,2	51,9	50,1	50,1
		4	52,3	51,3	52,3	50,6	50,4
		5	50,5	50	48,7	49,1	49,3
	Rata-rata		51,06	49,94	50,7	49,28	49,54
	Rata-rata T1		50,104				
	T2	1	38,1	37,5	36,1	35,3	36,4
		2	38,7	37,9	36,4	35,6	36,1
		3	37,3	37,6	36	35,4	36,5
		4	36,9	38,1	36,9	35,9	37,2
		5	36	36,9	35,8	35,2	36,8
	Rata-rata		37,4	37,6	36,24	35,48	36,6
	Rata-rata T2		36,664				

Tabel 5.12 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi VI

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
VI-1	T1	1	50,4	52,5	52,3	51,8	52,6
		2	47,2	47,5	48,1	50,2	47,9
		3	55,3	53,9	52,9	52,5	51,6

Lanjutan Tabel 5.12 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi VI

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
		4	50,4	50	49,1	51,6	49,8
		5	51,7	51,8	50,6	53	51,3
	Rata-rata		51	51,14	50,6	51,82	50,64
	Rata-rata T1		51,04				
	T2	1	35	35,5	36,4	37,7	39,1
		2	33,5	34,9	35,4	34,7	35,3
		3	38,2	39,3	37,7	38,6	37,4
		4	36,1	38,5	36,4	35,6	35,4
		5	31,6	33,6	33,3	32,4	33,6
	Rata-rata		34,88	36,36	35,84	35,8	36,16
	Rata-rata T2		35,808				
VI-2	T1	1	51,6	56,3	59,8	61,9	58,6
		2	48,8	55,8	58,2	60,2	56,3
		3	54,2	59,1	62,4	57,7	54,7
		4	52,9	62,2	61,4	55,5	57,7
		5	52,7	58,3	61	56,2	57,6
	Rata-rata		52,04	58,34	60,56	58,3	56,98
	Rata-rata T1		57,244				
	T2	1	38,2	43,3	43,7	40,7	43,2
		2	37,9	40,8	40,8	41,4	43,2
		3	41,3	43,3	45	41,7	42,5
		4	39,6	41,1	41,6	42,1	41,9
		5	35	39,3	42,3	38,8	40,3
	Rata-rata		38,4	41,56	42,68	40,94	42,22
	Rata-rata T2		41,16				
VI-3	T1	1	59,5	56,2	57,3	57,4	56,5
		2	59,7	57,4	56,4	59,2	58,3
		3	59,3	53,4	54,6	54,5	57,4
		4	62,2	56,9	57,8	56,4	58,6
		5	58	58	58,2	55,8	59,2
	Rata-rata		59,74	56,38	56,86	56,66	58
	Rata-rata T1		57,528				
	T2	1	40,3	40,9	40,8	38,7	40,1
		2	39,1	38,7	39,7	39,4	39,3
		3	40,6	40,9	40,7	39,7	41,4

Lanjutan Tabel 5.12 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi Variasi VI

Sampel	Suhu	Titik	Waktu				
			5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
		4	38,8	40,8	40,6	40,3	40,7
		5	38,8	40,2	40,3	40,8	40,9
	Rata-rata		39,52	40,3	40,42	39,78	40,48
	Rata-rata T2		40,1				

Berdasarkan pembacaan suhu yang telah terlampir pada tabel-tabel di atas, maka dapat dilakukan perhitungan redaman panas. Contoh perhitungan pengujian redaman panas menggunakan batako sekam padi variasi I yang tertera berikut.

$$T1 \text{ sampel 1} = 48,864^{\circ}\text{C}$$

$$T2 \text{ sampel 1} = 37,196^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Delta T \text{ sampel 1} &= T1 - T2 \\ &= 48,864 - 37,196 \\ &= 11,668^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$T1 \text{ sampel 2} = 52,212^{\circ}\text{C}$$

$$T2 \text{ sampel 2} = 36,148^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Delta T \text{ sampel 2} &= T1 - T2 \\ &= 52,212 - 36,148 \\ &= 16,064^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$T1 \text{ sampel 3} = 50,808^{\circ}\text{C}$$

$$T2 \text{ sampel 3} = 38,08^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Delta T \text{ sampel 3} &= T1 - T2 \\ &= 50,808 - 38,08 \\ &= 12,728^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai redaman panas (ΔT) yang merupakan selisih antara rata-rata T1 dengan rata-rata T2. Kemudian untuk mengetahui nilai redaman panas batako variasi 1 maka perlu dilakukan perhitungan redaman panas rata-rata batako sampel 1, sampel 2, dan sampel 3.

$$\text{Rata-rata } \Delta T = \frac{\Delta T \text{ sampel 1} + \Delta T \text{ sampel 2} + \Delta T \text{ sampel 3}}{3}$$

$$= \frac{11,668+16,064+12,728}{3}$$

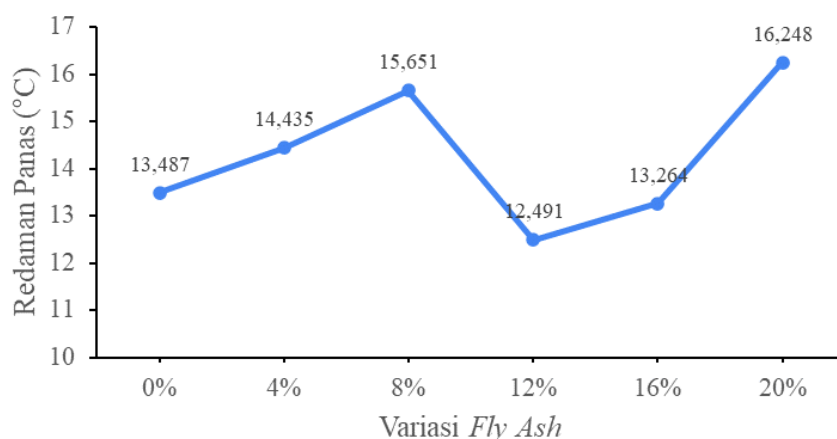
$$= 13,487^{\circ}\text{C}$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan redaman panas yang dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pengujian Redaman Panas

Variasi	Perbandingan Semen:Fly Ash	Sampel	T1	T2	ΔT	ΔT Rata-rata
I	100% : 0%	I-1	48,864	37,196	11,668	13,487
		I-2	52,212	36,148	16,064	
		I-3	50,808	38,08	12,728	
II	96% : 4%	II-1	51,268	37,392	13,876	14,435
		II-2	52,148	37,216	14,932	
		II-3	51,78	37,284	14,496	
III	92% : 8%	III-1	50,932	35,74	15,192	15,651
		III-2	51,204	35,964	15,24	
		III-3	51,796	35,276	16,52	
IV	88% : 12%	IV-1	51,748	39,128	12,62	12,491
		IV-2	52,1	39,32	12,78	
		IV-3	51,872	39,8	12,072	
V	84% : 16%	V-1	48,78	35,36	13,42	13,264
		V-2	48,928	35,996	12,932	
		V-3	50,104	36,664	13,44	
VI	80% : 20%	VI-1	51,04	35,808	15,232	16,248
		VI-2	57,244	41,16	16,084	
		VI-3	57,528	40,1	17,428	

Berdasarkan Tabel 5.13 tersebut didapatkan grafik perbandingan antara masing-masing variasi campuran batako sekam padi dengan nilai redaman panas rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Grafik Redaman Panas Rata-rata Batako

Berdasarkan hasil pengujian redaman panas rata-rata batako yang telah tertera pada Tabel 5.13 dan grafik pada Gambar 5.6 memiliki nilai yang cenderung naik. Berdasarkan grafik tersebut, batako variasi VI dengan persentase campuran *fly ash* 20% memiliki nilai redaman panas terbesar, yaitu sebesar 16,248°C. Sedangkan, nilai redaman panas terendah dimiliki oleh batako variasi IV dengan persentase campuran *fly ash* 12%, yaitu sebesar 12,491°C. Nilai redaman panas rata-rata pada variasi I sampai variasi III terjadi kenaikan, kemudian menurun drastis pada variasi IV dan mengalami kenaikan kembali sampai variasi VI. Hal ini mungkin disebabkan karena saat proses penakaran bahan susun yang tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten. Selain itu, proses pencampuran yang kurang lama menghasilkan pencampuran yang tidak homogen.

5.5 Perhitungan Biaya Pokok Produksi

Perhitungan biaya pokok produksi batako dilakukan berdasarkan pengamatan dan penggunaan alat dan bahan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Daftar harga yang tercantum dalam perhitungan biaya pokok produksi didapatkan dari hasil survei dan wawancara dengan pengggaji batu di wilayah Kecamatan Ngemplak dan Cangkringan, penggiling padi area persawahan Donoharjo,

marketplace, dan pekerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM). Detail perhitungan biaya pokok produksi batako sekam padi dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan biaya alat

a. Alat utama

1) Mesin <i>press</i> hidrolik	= Rp80.000.000,-
2) Mesin <i>mixer</i> batako	= Rp20.000.000,-
Total harga alat utama	= Rp100.000.000,-
Umur alat	= 15 tahun
Nilai sisa alat	= Rp10.000.000,-
Jumlah hari kerja	= 312 hari/tahun
Penyusutan	= $\frac{\text{total harga alat} - \text{nilai sisa alat}}{\text{umur alat} \times \text{jumlah hari kerja}}$
	= $\frac{\text{Rp100.000.000} - \text{Rp10.000.000}}{15 \times 312}$
	= Rp19.230,77/hari

b. Alat bantu

1) Cangkul (1 buah)	= Rp70.000,-
2) Cetok (2 buah)	= Rp40.000,-
3) Ember (4 buah)	= Rp72.000,-
4) Sekop (2 buah)	= Rp50.000,-
5) Ayakan (2 buah)	= Rp30.000,-
Total harga alat bantu	= Rp262.000,-
Umur alat	= 0,5 tahun
Nilai sisa alat	= Rp0,-
Jumlah hari kerja	= 312 hari/tahun
Penyusutan	= $\frac{\text{total harga alat} - \text{nilai sisa alat}}{\text{umur alat} \times \text{jumlah hari kerja}}$
	= $\frac{\text{Rp262.000} - \text{Rp0}}{0,5 \times 312}$
	= Rp1.679,49/hari

c. Papan alas

Berdasarkan wawancara dengan pekerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM), Pak Suluk, dua orang pekerja mampu memproduksi batako sebanyak 500 buah per hari apabila dikerjakan dengan bantuan alat *press machine* hidrolik.

Produktivitas batako per hari	= 500 batako
Kebutuhan papan	= 125 papan
Harga satuan papan	= Rp56.000,-
Harga total papan	= Rp7.000.000,-
Umur papan	= 0,5 tahun
Nilai sisa papan	= Rp0,-
Penyusutan	= $\frac{\text{total harga papan} - \text{nilai sisa papan}}{\text{umur papan} \times \text{jumlah hari kerja}}$
	= $\frac{\text{Rp7.000.000} - \text{Rp0}}{0,5 \times 312}$
	= Rp44.871,79/hari

2. Perhitungan biaya material

a. Kebutuhan material per 1 buah batako sekam padi variasi I

1) Semen	= 1,194 kg
2) Abu batu	= 3,836 kg
3) <i>Fly ash</i>	= 0 kg
4) Sekam padi	= 1,5 kg
5) Total berat material	= 6,530 kg

b. Kebutuhan semen

1) Produktivitas batako	= 500 batako/hari
2) Berat semen per zak	= 40 kg
3) Kebutuhan semen per hari	= berat semen $\times$ produktivitas batako
	= $1,194 \times 500$
	= 598 kg
4) Kebutuhan zak semen	= $\frac{\text{kebutuhan semen per hari}}{\text{berat semen per zak}}$
	= $\frac{598}{40}$

$$= 14,95 \approx 15 \text{ zak}$$

$$5) \text{ Harga semen per zak} = \text{Rp}50.000,-$$

$$\begin{aligned} 6) \text{ Harga semen per hari} &= \text{kebutuhan zak semen} \times \text{harga semen per zak} \\ &= 15 \times \text{Rp}50.000 \\ &= \text{Rp}750.000,-/\text{hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan abu batu

$$1) \text{ Produktivitas batako} = 500 \text{ batako/hari}$$

$$2) \text{ Berat volume abu batu} = 837 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Kebutuhan abu batu 1 batako} &= \frac{\text{berat abu batu}}{\text{berat volume abu batu}} \\ &= \frac{3,836}{837} \\ &= 0,00458 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Kebutuhan abu batu per hari} &= \text{kebutuhan abu batu untuk 1 batako} \times \\ &\quad \text{produktivitas batako} \\ &= 0,00458 \times 500 \\ &= 2,292 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$5) \text{ Harga abu batu per m}^3 = \text{Rp}135.000,-$$

$$\begin{aligned} 6) \text{ Harga abu batu per hari} &= \text{kebutuhan abu batu per hari} \times \text{harga abu batu per m}^3 \\ &= 2,292 \times \text{Rp}135.000,00 \\ &= \text{Rp}309.375,-/\text{hari} \end{aligned}$$

d. Kebutuhan *fly ash*

$$\begin{aligned} 1) \text{ Kebutuhan } fly \text{ ash per hari} &= \text{berat } fly \text{ ash} \times \text{produktivitas batako} \\ &= 0 \times 500 \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2) \text{ Harga } fly \text{ ash per 20 kg} = \text{Rp}10.500,-$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Harga } fly \text{ ash per kg} &= \frac{\text{Harga } fly \text{ ash per 20 kg}}{20} \\ &= \frac{\text{Rp}10.500}{20} \\ &= \text{Rp}525,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Harga } fly \text{ ash per hari} &= \text{kebutuhan } fly \text{ ash per hari} \times \text{harga } fly \text{ ash per kg} \\
 &= 0 \times \text{Rp}525 \\
 &= \text{Rp}0,-/\text{hari}
 \end{aligned}$$

e. Kebutuhan sekam padi

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Produktivitas batako} &= 500 \text{ batako/hari} \\
 2) \text{ Kebutuhan sekam padi per hari} &= \text{berat sekam padi} \times \text{produktivitas batako} \\
 &= 1,5 \times 500 \\
 &= 750 \text{ kg} \\
 3) \text{ Harga sekam padi per 25 kg} &= \text{Rp}18.000,- \\
 4) \text{ Harga sekam padi per kg} &= \frac{\text{Harga sekam padi per 25 kg}}{25} \\
 &= \frac{\text{Rp}18.000}{25} \\
 &= \text{Rp}720,- \\
 5) \text{ Harga sekam padi per hari} &= \text{kebutuhan sekam padi per hari} \times \text{harga sekam padi per kg} \\
 &= 750 \times \text{Rp}720 \\
 &= \text{Rp}540.000,-/\text{hari} \\
 f. \text{ Total biaya kebutuhan material} &= \text{Rp}1.599.375,-/\text{hari}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan biaya bangunan

$$\begin{aligned}
 a. \text{ Harga sewa bangunan} &= \text{Rp}60.000.000,- \\
 b. \text{ Umur bangunan} &= 8 \text{ tahun} \\
 c. \text{ Nilai sisa bangunan} &= \text{Rp}0,- \\
 d. \text{ Jumlah hari kerja} &= 312 \text{ hari/tahun} \\
 e. \text{ Penyusutan} &= \frac{\text{harga sewa bangunan}}{\text{umur bangunan} \times \text{jumlah hari kerja}} \\
 &= \frac{\text{Rp}60.000.000}{8 \times 312} \\
 &= \text{Rp}24.038,46/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan upah tenaga kerja

$$a. \text{ Jumlah pekerja} = 2 \text{ orang}$$

- b. Upah pekerja = Rp2.100,-/papan
- c. Total upah pekerja = jumlah papan × upah pekerja
 = $125 \times \text{Rp}2.100$
 = Rp262.500,-/hari
- d. Total upah per orang = $\frac{\text{total upah pekerja}}{\text{jumlah pekerja}}$
 = $\frac{\text{Rp}262.500}{2}$
 = Rp131.250,-/orang harian
5. Perhitungan biaya konsumsi
- a. Jumlah pekerja = 2 orang
- b. Biaya makan = Rp30.000,-/orang
- c. Total biaya makan = jumlah pekerja × biaya makan
 = $2 \times \text{Rp}30.000$
 = Rp60.000,-/hari
6. Perhitungan biaya operasional
- a. Biaya listrik dan air per bulan = Rp600.000,-/bulan
- b. Jumlah hari kerja = 25 hari/bulan
- c. Biaya listrik dan air per hari = $\frac{\text{biaya listrik dan air per bulan}}{\text{jumlah hari kerja}}$
 = $\frac{\text{Rp}600.000}{25}$
 = Rp24.000,-/hari
7. Perhitungan biaya THR
- a. Jumlah pekerja = 2 orang
- b. THR per pekerja = Rp1.500.000,-
- c. Total THR = jumlah pekerja × THR per pekerja
 = $2 \times \text{Rp}1.500.000$
 = Rp3.000.000,-
- d. Jumlah hari kerja = 312 hari/tahun
- e. Tabungan THR = $\frac{\text{total THR}}{\text{jumlah hari kerja}}$
 = $\frac{\text{Rp}3.000.000}{312}$
 = Rp9.615,38/hari

8. Rekapitulasi pengeluaran harian

- a. Biaya alat utama = Rp19.230,77
- b. Biaya alat bantu = Rp1.679,49
- c. Biaya papan = Rp44.871,79
- d. Biaya material = Rp1.599.375,00
- e. Biaya bangunan = Rp24.038,46
- f. Biaya upah tenaga kerja = Rp262.500,00
- g. Biaya konsumsi = Rp60.000,00
- h. Biaya operasional = Rp24.000,00
- i. Biaya THR = Rp9.615,38
- j. Total pengeluaran harian = Rp2.045.310,90/hari

9. Perhitungan biaya pokok produksi lapangan

- a. Produksi batako per hari = 500 batako/hari
- b. Total biaya pengeluaran = Rp2.045.310,90/hari
- c. HPP lapangan
 - = $\frac{\text{total biaya pengeluaran}}{\text{produksi batako per hari}}$
 - = $\frac{\text{Rp2.045.310,90}}{500}$
 - = Rp4.090,62 $\approx$ Rp4.091,-
- d. PPN 11%
 - = 11% $\times$ HPP lapangan
 - = 11% $\times$ Rp4.091,00
 - = Rp450,01
- e. Harga dasar batako
 - = HPP lapangan + PPN 11%
 - = Rp4.091,00 + Rp450,01
 - = Rp4.541,01 $\approx$ Rp4.542,-/buah
- f. Margin perusahaan 20%
 - = 20% $\times$ harga dasar batako
 - = 20% $\times$ Rp4.542,00
 - = Rp908,40
- g. Harga jual batako
 - = harga dasar batako + margin perusahaan
 - 20%
 - = Rp4.542,00 + Rp908,40
 - = Rp5.450,40/buah

10. Analisis perhitungan pemasukan per hari

- a. Produksi batako per hari = 500 batako
- b. Harga jual batako = Rp5.450,40
- c. Total pemasukan per hari = produksi batako per hari $\times$ harga jual batako
 $= 500 \times \text{Rp}5.450,40$
 $= \text{Rp}2.725.200,-$

11. Menghitung keuntungan

- a. Keuntungan per hari = total pemasukan per hari – (harga dasar batako $\times$ produksi batako)
 $= \text{Rp}2.725.200,00 - (\text{Rp}4.542,00 \times 500)$
 $= \text{Rp}454.200,-$
- b. Keuntungan per bulan = keuntungan per hari $\times$ jumlah hari kerja
 $= \text{Rp}454.200,00 \times 25$
 $= \text{Rp}11.355.000,-$
- c. Keuntungan per tahun = keuntungan per hari $\times$ jumlah hari kerja
 $= \text{Rp}454.200,00 \times 312$
 $= \text{Rp}141.710.400,-$

12. Analisis perhitungan *Break Even Point* (BEP)

a. Modal awal

- 1) Biaya alat *press* dan *mixer* = Rp100.000.000,-
- 2) Biaya papan alas = Rp7.000.000,-
- 3) Biaya alat bantu = Rp262.000,-
- 4) Biaya bangunan = Rp60.000.000,-
- 5) Total modal awal = Rp167.262.000,-

b. BEP

- 1) Perhitungan BEP

$$= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{harga dasar}}$$

$$= \frac{\text{Rp}167.262.000,00}{\text{Rp}5.450,40 - \text{Rp}4.542,00}$$

$$= 184.129 \text{ batako}$$
- 2) BEP per hari

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

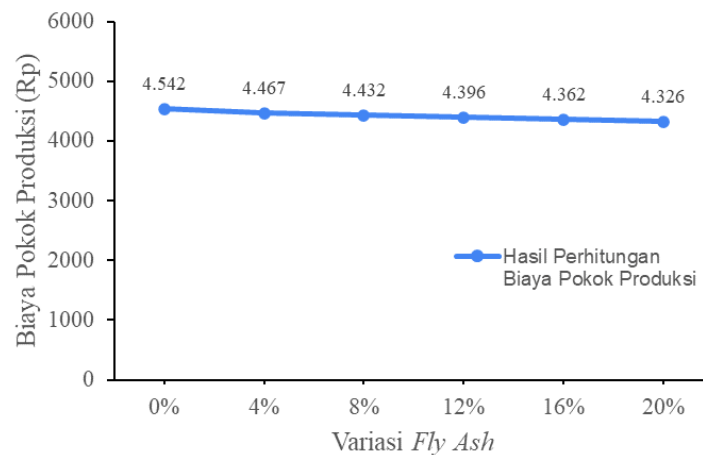
$$\begin{aligned}
 &= \frac{184.129}{500} \\
 &= 369 \text{ hari} \\
 3) \text{ BEP per bulan} &= \frac{\text{BEP per hari}}{25} \\
 &= \frac{369}{25} \\
 &= 14,76 \text{ bulan} \\
 4) \text{ BEP per tahun} &= \frac{\text{BEP per bulan}}{12} \\
 &= \frac{14,76}{12} \\
 &= 1,23 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi hasil perhitungan biaya pokok produksi yang dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Biaya Pokok Produksi

Variasi	Biaya Pokok Produksi	Harga Jual	BEP
I	Rp4.542,00	Rp5.450,40	1,23 tahun
II	Rp4.467,00	Rp5.360,40	1,25 tahun
III	Rp4.432,00	Rp5.318,40	1,26 tahun
IV	Rp4.396,00	Rp5.275,20	1,27 tahun
V	Rp4.362,00	Rp5.234,40	1,28 tahun
VI	Rp4.326,00	Rp5.191,20	1,29 tahun

Berdasarkan Tabel 5.14 tersebut didapatkan grafik biaya pokok produksi batako sekam padi yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Grafik Biaya Pokok Produksi Batako

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pokok produksi yang telah dianalisis dan juga direkapitulasi pada Tabel 5.14 dan grafik pada Gambar 5.7 tersebut didapatkan biaya pokok produksi dan harga jual tertinggi tertuju pada batako sekam padi variasi I atau tanpa campuran *fly ash* masing-masing sebesar Rp4.542,00/buah dan Rp5.450,40/buah. Sedangkan, nilai biaya pokok produksi dan harga jual terendah dimiliki oleh batako sekam padi variasi VI sebesar Rp4.326,00/buah dan Rp5.191,20/buah. Dengan demikian, biaya pokok produksi dengan penambahan campuran *fly ash* 20% lebih murah dibandingkan dengan batako tanpa campuran *fly ash* sehingga campuran bahan *fly ash* mampu menekan penggunaan semen dan mengurangi biaya produksi.

Berdasarkan perhitungan keuntungan di atas, total pemasukan penjualan batako sekam padi variasi I adalah Rp2.725.200,00 per hari dengan keuntungan per hari yang didapatkan sebesar Rp454.200,00 sehingga keuntungan yang didapatkan selama setahun sebesar Rp141.710.400,00. Kemudian, pada perhitungan BEP diperlukan nilai total modal awal. Modal awal yang dibutuhkan untuk memproduksi batako sekam padi variasi I yaitu sebesar Rp167.262.000,00. Setelah didapatkan nilai modal awal, harga jual, dan biaya pokok, diperoleh nilai BEP sebesar 184.129 batako. Artinya, perusahaan akan mencapai titik impasnya dan mulai mendapatkan keuntungan ketika mereka berhasil memproduksi jumlah batako sekam padi yang sama dengan nilai BEP tersebut. Apabila setiap hari kita mengasumsikan bahwa

penjualan mencapai BEP, maka BEP dapat tercapai dalam waktu 1,23 tahun. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan ini, investasi produksi batako sekam padi dianggap layak apabila didasarkan pada analisis kelayakan investasi dengan masa investasi yang diasumsikan selama 5 tahun.

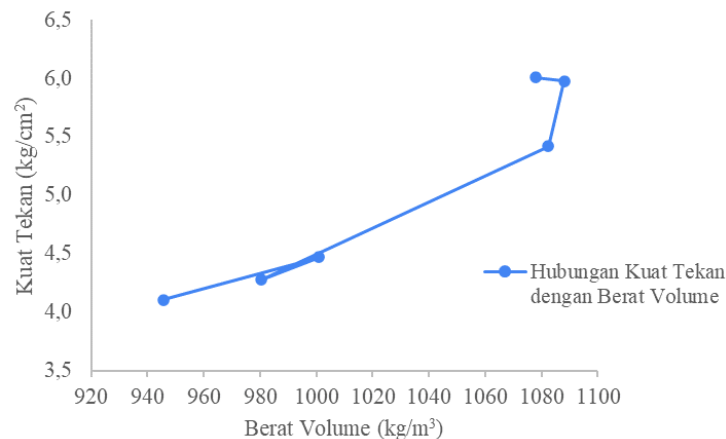
5.6 Hubungan Mutu dan Biaya

Setelah dilakukan pengujian berat volume, kuat tekan, penyerapan air, redaman panas, dan perhitungan biaya pokok produksi maka dapat dilakukan rekapitulasi hasil perhitungan dari seluruh variasi batako sekam padi pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Mutu dan Biaya

Variasi	Berat Volume (kg/m³)	Kuat Tekan (kg/cm²)	Persentase Penyerapan Air (%)	Redaman Panas (°C)	Harga Jual Per Buah
I	1077,959	6,007	25,248	13,487	Rp5.450,40
II	1088,087	5,977	32,083	14,435	Rp5.360,40
III	1082,481	5,422	28,045	15,651	Rp5.318,40
IV	980,320	4,280	33,409	12,491	Rp5.275,20
V	1001,003	4,470	30,227	13,264	Rp5.234,40
VI	945,651	4,105	24,432	16,248	Rp5.191,20

Berdasarkan Tabel 5.15 di atas diperoleh hubungan nilai kuat tekan dengan berat volume masing-masing variasi campuran batako sekam padi pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Hubungan Kuat Tekan dengan Berat Volume Batako Sekam Padi

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.8 menunjukkan grafik yang fluktuatif karena hasil nilai kuat tekan dan berat volume yang tidak konsisten. Hal ini dapat terlihat pada variasi II dengan kenaikan nilai berat volume menjadi sebesar $1088,087 \text{ kg/m}^3$, namun nilai kuat tekan mengalami penurunan menjadi sebesar $5,977 \text{ kg/cm}^2$. Selanjutnya, nilai kuat tekan dan berat volume terus mengalami penurunan pada variasi III dan IV. Pada variasi V mengalami kenaikan kembali dan menurun kembali pada variasi VI. Nilai kuat tekan dan berat volume yang seperti ini tidak sesuai dengan hipotesis. Penambahan kadar *fly ash* ke dalam campuran bahan susun batako seharusnya membuat nilai kuat tekan semakin besar dan berat batako semakin ringan, namun diperoleh hasil yang tidak sesuai.

Berdasarkan Tabel 5.15, apabila dilihat dari kemampuan batako dalam menyerap air dan meredam panas juga mendapatkan hasil yang kurang baik. Hal ini dapat terlihat pada hasil pengujian penyerapan air yang nilainya naik-turun mulai dari variasi I sampai variasi VI. Pada hasil pengujian penyerapan air hanya satu variasi yang memenuhi persyaratan SNI, yaitu variasi VI sebesar 24,432%. Pada hasil pengujian redaman panas, terjadi penurunan drastis pada variasi IV dan mengalami kenaikan kembali sampai variasi VI. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis yang apabila kadar *fly ash* semakin banyak maka nilai penyerapan air semakin kecil dan nilai redaman panas semakin besar. Keempat pengujian ini

menghasilkan nilai yang tidak konsisten pada penurunan ataupun kenaikannya. Selain itu, hanya nilai berat volume saja yang memenuhi persyaratan SNI, sedangkan kuat tekan dan penyerapan air tidak memenuhi persyaratan SNI. Dengan demikian, nilai berat volume, kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang naik turun (tidak konsisten) tersebut mungkin disebabkan karena saat proses penakaran bahan susun yang tidak sepenuhnya sesuai dengan standar proporsi karena penakar tidak melakukannya secara konsisten. Selain itu, proses pencampuran yang kurang lama menghasilkan pencampuran yang tidak homogen.

Pada Tabel 5.15 didapatkan harga jual tertinggi, yaitu pada batako sekam padi variasi I atau tanpa campuran *fly ash* sebesar Rp5.450,40/buah. Sedangkan, harga jual terendah dimiliki oleh batako sekam padi variasi VI atau penambahan kadar *fly ash* sebesar 20% sebesar Rp5.191,20/buah. Harga jual batako sekam padi konsisten mengalami penurunan mulai dari variasi I sampai variasi VI sehingga adanya penambahan campuran *fly ash* pada batako sekam padi mampu menekan penggunaan semen dan mengurangi biaya produksi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dijabarkan pada BAB V, didapatkan kesimpulan berikut.

1. Berdasarkan komposisi campuran bahan susun pembuatan batako terhadap pengujian karakteristik teknisnya, hanya berat volume saja yang memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI. Nilai tertinggi dan terendah dari berat volume rata-rata batako sekam padi masing-masing adalah $1088,087 \text{ kg/m}^3$ dan $945,651 \text{ kg/m}^3$ sehingga nilai berat volume untuk keenam variasi batako sekam padi telah memenuhi persyaratan SNI, yaitu $<1400 \text{ kg/m}^3$. Namun, untuk nilai tertinggi dari kuat tekan rata-rata batako sekam padi adalah $6,007 \text{ kg/cm}^2$ yang dimiliki oleh batako sekam padi variasi I atau tanpa tambahan campuran *fly ash* sehingga hasil pengujian kuat tekan yang didapatkan belum memenuhi standar minimum SNI yaitu 20 kg/cm^2 . Selain itu, pada pengujian penyerapan air hanya satu variasi batako yang memenuhi standar maksimum SNI yaitu pada batako sekam padi variasi VI atau dengan campuran *fly ash* 20% sebesar 24,432%.
2. Batako sekam padi yang memiliki nilai redaman panas rata-rata tertinggi adalah batako sekam padi variasi VI atau dengan campuran *fly ash* 20% yaitu sebesar $16,248^\circ\text{C}$ dan nilai redaman panas rata-rata terendah adalah batako sekam padi variasi IV atau dengan campuran *fly ash* 12% yaitu sebesar $12,491^\circ\text{C}$.
3. Adanya pengaruh penambahan campuran *fly ash* terhadap karakteristik ekonomi dari hasil perhitungan biaya pokok produksi batako yaitu didapatkan biaya pokok produksi dan harga jual tertinggi tertuju pada batako sekam padi variasi I atau tanpa campuran *fly ash* masing-masing sebesar Rp4.542,00/buah dan Rp5.450,40/buah. Sedangkan, nilai biaya pokok produksi dan harga jual terendah dimiliki oleh batako sekam padi variasi VI sebesar Rp4.326,00/buah dan Rp5.191,20/buah. Dengan demikian, biaya pokok produksi dengan penambahan campuran *fly ash* 20% lebih murah dibandingkan dengan batako

tanpa campuran *fly ash* sehingga campuran bahan *fly ash* mampu menekan penggunaan semen dan mengurangi biaya produksi. Keuntungan per hari yang didapatkan pada penjualan batako sekam padi variasi I sebesar Rp454.200,00 sehingga keuntungan yang didapatkan selama setahun sebesar Rp141.710.400,00. Nilai BEP didapatkan sebesar 184.129 batako dalam waktu 1,23 tahun.

6.2 Saran

Berdasarkan pengujian, olah data, dan analisis yang telah dilakukan, beberapa saran berikut diharapkan dapat memperbaiki penelitian selanjutnya.

1. Pada saat proses penakaran bahan susun diharapkan dapat dilakukan dengan standar proporsi.
2. Pada saat proses pembuatan benda uji diharapkan dapat dilakukan dengan maksimal dan detail, terutama saat proses pencampuran bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R. 2019. Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicitak Secara Manual. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Astuti, M. K. W., Sri, F. H., dan Sugiyanto. 2017. Studi Kelayakan Investasi Proyek Pembangunan Tower 5 Karawaci Tangerang Selatan. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5(3), 981-989.
- Ardiansyah, D., Amran, Y., dan Dewi, S. U. 2021. Optimasi Sifat Fisik Dan Mekanis Batako Menggunakan Sekam Padi. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(1), 67-73.
- Badan Pemeriksa Keuangan. 2021. *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Badan Pemeriksa Keuangan. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-3449-2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 2460:2014. *Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan dalam Beton*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Bakri dan Baharuddin. 2010. Absorpsi Air Komposit Semen Sekam Padi dengan Penambahan Pozzolan Abu Sekam Padi dan Kapur Pada Matriks Semen. *Jurnal Perennial*, 6(2), 70-78.
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., dan Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi

- Pada Batako. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1(1), 7–12.
- Fahri, M. 2021. Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Imon, G. L., Elim, I., dan Gerungai, N. Y. T. 2020. Evaluasi Penerapan Metode Penyusutan Aktiva Tetap Pada PT. Wahana Wirawan Manado – Nissan Datsun Martadinata. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 8(4), 549-561.
- Kurniawan, R. 2019. Analisis Studi Kelayakan Keuangan Sentra Peningkatan Performa Olahraga Indonesia (SP2OI) di Menara Mandiri. *Fair Value: Jurnal Ilmiah Akuntansi Dan Keuangan*, 2(1), 23–36.
- Listiana, I. et al. 2021. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Dalam Pembuatan Arang Sekam di Pekon Bulurejo Kecamatan Gadingrejo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 1-5.
- Marthinus, A. P., Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 729-736.
- Muhammady, E. 2022. Analisis Peningkatan Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Fly Ash Sebagai Bahan Substitusi Parsial. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nugraheni, M. W. 2011. Tinjauan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Berserat Baja dengan Menggunakan Filler Nanomaterial. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prayuda, H., Nursyahid, H., Saleh, F. 2017. Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Bata Beton Di Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 29-40.
- Purnama, A. C. dan Ekaputri, J. J. 2021. Penggunaan *Fly ash* sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami pada Campuran Beton. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(2), 107–120.
- Putri, N. F. R. A. 2023. Penambahan *Fly ash* Pada Pembuatan Bata Press Sekam Padi dan Pengaruhnya Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, Serta Redaman Panas. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Rivai, F. W. 2018. Uji Geser Diagonal Pada Dinding Pasangan Batako-Kait Berdasarkan Standar ASTM E519-02-2002. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Roidah, I. S., 2015. Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal BONOROWO*, 1(2), 43-49.
- Ruminta, D. 2020. Analisis Perbandingan Perhitungan Kelayakan Finansial Konvensional dan Syariah. *Jurnal Ecodemica*, 4(1), 92-102.
- Satriani dan Bastomi, M. 2021. Tinjauan Kualitas Beton Menggunakan Abu Batu Limbah *Stone Crusher* Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. *Jurnal Industrial Galuh*, 3(1), 37-42.
- Setiadi. 2020. Penerapan Metode Penyusutan Aset Tetap (Studi Kasus Pada PT Chandra Sakti Utama Leasing Jakarta). *Jurnal Bisnis dan Akuntansi Unsuraya*, 5(2), 111-121.
- Setiawati, M. 2018. *Fly ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Jakarta.
- Sinaga, R. 2018. Penambahan Ijuk Sebagai Bahan Pengisi Pembuatan Batako Ringan. *Tugas Akhir*. Universitas Medan Area. Medan.
- Toruan, P. L., Prasetyo, H., dan Rahmawati, R. (2022). Kemampuan Variasi Campuran Sekam Padi Pada Batako Terhadap Peredaman Suhu. *Jurnal Deformasi*, 7(2), 174-182.
- Wibisono, H. 2023. Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Dengan Penambahan Abu Batu Dan Fly ash Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Winarno, S., Suharyatmo, dan Arifudin, A. M. 2023. *Assessment of the Content of Stone Fine Powder and Raw Rice Husk in High-Performance Lightweight Rice Husk Concrete Blocks*. *International Journal of GEOMATE*, 25(111), 49–56.
- Yusandika, A. D. 2016. Sintesis Keramik Coerdierite Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Material Isolator Listrik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 5(2), 161-172. Lampung.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pembuatan Benda Uji Batako



Gambar L-1.1 Penimbangan Bahan Campuran Batako



Gambar L-1.2 Proses Pencampuran Bahan Campuran Batako ke *Mixer Machine*



Gambar L-1.3 Proses Pemasukkan dan Perataan Bahan Campuran Batako ke *Press Machine*



Gambar L-1.4 Proses *Press* Batako oleh *Press Machine*



Gambar L-1.5 Proses Pencetakan Benda Uji Penyerapan Air



Gambar L-1.6 Pengeringan Batako dan Benda Uji Penyerapan Air Setelah Proses Pencetakan



Gambar L-1.7 Pemberian Kode pada Batako

Lampiran 2 Pengujian Kuat Tekan Batako



Gambar L-2.1 Pengukuran Dimensi Batako



Gambar L-2.2 Penimbangan Berat Batako

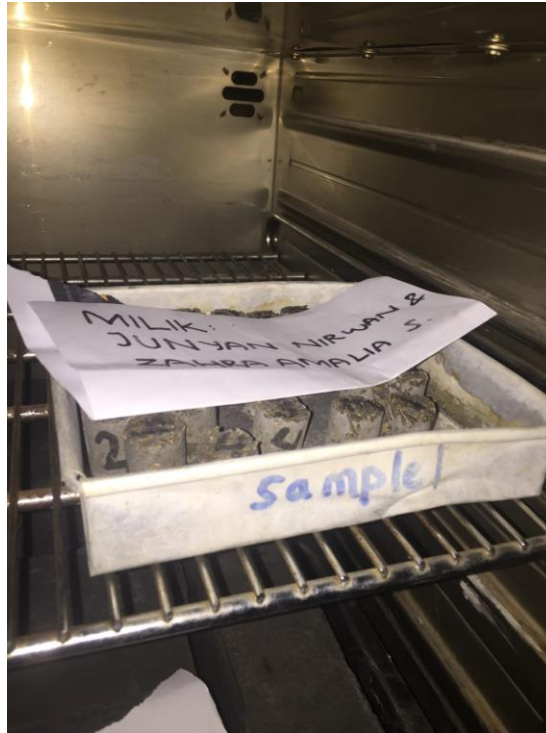


Gambar L-2.3 Peletakkan Batako pada *Press Machine*



Gambar L-2.4 Proses Pengujian Kuat Tekan

Lampiran 3 Pengujian Daya Serap Air Batako



Gambar L-3.1 Proses Pengeringan Benda Uji



Gambar L-3.2 Penimbangan Benda Uji Setelah Proses Pengeringan



Gambar L-3.3 Proses Perendaman Benda Uji

Lampiran 4 Pengujian Redaman Panas Batako

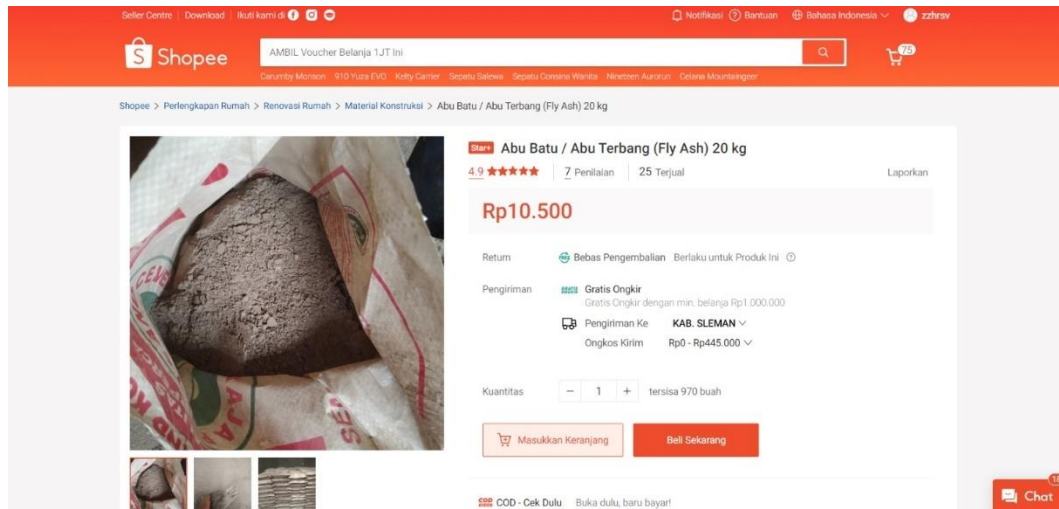


Gambar L-4.1 Proses Penjemuran Batako



Gambar L-4.2 Proses Pengujian Redaman Panas Batako

Lampiran 5 Hasil Survei Harga *Fly Ash* Melalui *Marketplace* (Situs Jual Beli Online)



Gambar L-5.1 Hasil Survey Harga *Fly Ash*