

TUGAS AKHIR

**PENAMBAHAN *FLY ASH* PADA PEMBUATAN BATA
PRESS SEKAM PADI DAN PENGARUHNYA
TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI,
SERTA REDAMAN PANAS
(*THE ADDITION OF FLY ASH IN THE RICE HUSK
PRESSED BRICK MANUFACTURING AND ITS
EFFECT ON TECHNICAL ASPECT, PRODUCTION
COST AND HEAT REDUCTION*)**

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



**Nurul Fatma Ratih Arifin Putri
18511175**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

PENAMBAHAN FLY ASH PADA PEMBUATAN BATA PRESS SEKAM PADI DAN PENGARUHNYA TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, SERTA REDAMAN PANAS (THE ADDITION OF FLY ASH IN THE RICE HUSK PRESSED BRICK MANUFACTURING AND ITS EFFECT ON TECHNICAL ASPECT, PRODUCTION COST AND HEAT REDUCTION)

Disusun Oleh

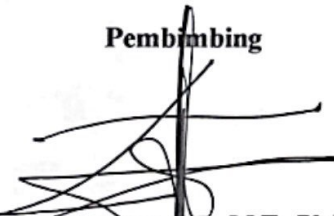
Nurul Fatma Ratih Arifin Putri
18511175

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

Diuji pada tanggal 10 Februari 2023
Oleh Dewan Penguji



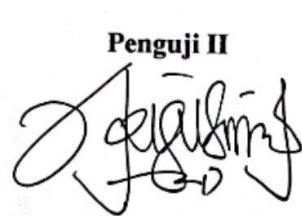
Pembimbing


Setya Winarso, S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 945110101

Penguji I


Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 955110102

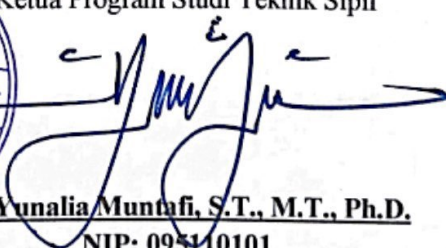
Penguji II


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

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian 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, 10 Februari 2023

Yang membuat pernyataan,



Nurul Fatma Ratih Arifin Putri

18511175

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Penambahan Fly Ash Pada Pembuatan Bata Press Sekam Padi dan Pengaruhnya Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, serta Redaman Panas*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terjadi hambatan, 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:

1. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I.
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
5. Bapak, ibu, dan keluarga penulis yang telah mendukung sepenuhnya.
6. Hadi Wibisono, selaku rekan satu tim penelitian.
7. Majid, Nabella, Namira, Hanif, dan Dhillia selaku rekan-rekan yang selalu mendukung dan membantu penulis.

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 10 Februari 2023

Penulis,

Nurul Fatma Ratih Arifin Putri
18511175

ABSTRAK

Penggunaan berbagai macam jenis bata, termasuk batako untuk dinding semakin diminati masyarakat. Namun, batako memiliki berat volume yang cukup besar sehingga diperlukan penelitian untuk meminimalisir berat tersebut. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan adalah sekam padi atau limbah penggilingan padi. Sekam padi berfungsi untuk menggantikan peran pasir pada batako. Selain itu, penambahan sekam padi pada campuran batako dapat mengurangi biaya produksi. Pengurangan biaya produksi dapat diperbesar dengan menambahkan abu terbang (*fly ash*), yaitu limbah pembakaran batu bara pada campuran batako sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* pada campuran batako sekam padi.

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan memeriksa bahan material, pembuatan dan pengujian benda uji. Batako sekam padi terusun dari semen, abu batu, *fly ash*, dan sekam padi yang dicampur dengan air serta disesuaikan komposisi campurannya. Kemudian dilakukan pengujian kuat desak, penyerapan air, redaman panas serta besarnya biaya produksi pada seluruh benda uji. Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon yang dijual di pasaran.

Berdasarkan pengujian, batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* yang memiliki spesifikasi paling optimal adalah batako dengan komposisi campuran 1 semen; 0,5 abu batu; 0,5 *fly ash*; dan 2 sekam padi. Nilai kuat desak variasi tersebut sebesar 29,583 kg/cm² yang telah memenuhi standar SNI dan lebih besar jika dibandingkan dengan bata ringan Falcon. Berat rata-rata volumenya adalah 1255,30 kg/m³, dengan nilai daya serap airnya adalah 19,04% serta nilai redaman panasnya sebesar 10,98°C. Harga jual batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* lebih rendah 25,2% daripada harga bata ringan Falcon. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada campuran batako sekam padi dinilai cukup efektif dalam mengurangi biaya produksi.

Kata kunci: batako sekam padi, *fly ash*, aspek teknis, biaya produksi, redaman panas

ABSTRACT

The use of various types of bricks, including concrete blocks, for walls is increasingly in demand by the society. However, concrete block has a huge volume weight so that scientific research is needed to minimize the weight. One of others alternative material that can be used is rice husk or rice mill waste. Rice husk serves to replace sand's role in concrete block. In addition, adding rice husk to the concrete block mixture will reduce the production costs. The reduction in production costs can be increased by adding fly ash, which is a waste of burning coal to the mixture of rice husk bricks. This study aims to determine the effect of adding fly ash to the mixture of rice husk bricks.

The method used is experimental research by examining materials, manufacture and testing samples. Rice husk bricks are made from cement, stone ash, fly ash, and rice husk mixed with water and the composition of the mixture is adjusted. Afterwards, do the compressive strength test, water absorption, heat reduction, and the amount of production costs on all of the samples. The results were then compared with the lightweight bricks, Falcon.

Based on the test, the rice husk bricks with fly ash addition which have the most optimal specifications are the bricks with a mixture of 1 cement; 0,5 stone ash; 0,5 fly ash; and 2 rice husks. The value of the compressive strength of this variation is 29,583 kg/cm² which meets the SNI standard and is higher than the Falcon's compressive strength. The average volume weight is 1255,30 kg/m³, the water absorption capacity is 19,04% and the heat reduction is 10,98°C. The price of rice husk bricks with fly ash addition is 25,2% lower than the Falcon's price. This shows that the addition of fly ash to the rice husk brick mixture is quite effective in reducing the production costs.

Keywords: rice husk brick, fly ash, technical aspect, production cost, heat reduction

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Referensi Penelitian	6
2.1.1 Substitusi <i>Fly Ash</i> Terhadap Semen Pada Beton	6
2.1.2 Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi	7
2.1.3 Bata Ringan Cetak Tangan dengan Sekam Padi Sebagai Agregat Alami	7
2.1.4 Pengaruh Sekam Padi Pada Aspek Teknis Batako, Biaya dan Redaman Panas	8
2.2 Perbedaan Penelitian	10

BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Batako (<i>Concrete Block</i>)	13
3.2 Bahan Penyusun	15
3.2.1 Semen Portland (<i>Portland Cement</i>)	15
3.2.2 Sekam Padi	18
3.2.3 Air	19
3.2.4 Abu Batu	19
3.2.5 <i>Fly Ash</i>	20
3.3 Pengujian Benda Uji	21
3.3.1 Kuat Desak (<i>Compressive Strength</i>)	21
3.3.2 Penyerapan Air	22
3.3.3 Redaman Panas	23
3.4 Biaya Produksi	23
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	25
4.1 Umum	25
4.2 Pelaksanaan Penelitian	25
4.2.1 Alat-alat yang Digunakan	25
4.2.2 Bahan-bahan Penyusun Benda Uji	28
4.2.3 Perencanaan Komposisi Benda Uji	29
4.2.4 Pelaksanaan Penelitian	29
4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	33
4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Proses Produksi	33
4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium	34
4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Produksi	38
4.3.4 Analisis Data dan Pembahasan	39
4.3.5 Tahap Kesimpulan	39
4.3.6 Bagan Alir Penelitian	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Tinjauan Umum	41
5.2 Pengujian Bahan Penyusun	41
5.3 Perhitungan Campuran	45

5.4 Pengujian Kuat Desak Batako Sekam Padi dengan Tambahan <i>Fly Ash</i>	47
5.5 Pengujian Penyerapan Air Batako Sekam Padi	51
5.6 Redaman Panas Benda Uji dengan <i>Thermocouple</i>	54
5.7 Analisis Rongga Dalam Batako	58
5.8 Perhitungan Harga Pokok Produksi	62
5.9 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu	69
5.10 Analisis Perbandingan Kelayakan Harga	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1 Kesimpulan	73
6.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1	Syarat-syarat Fisik Bata Beton	14
Tabel 3.2	Ukuran Bata Beton	14
Tabel 3.3	Kandungan Bahan Kimia Sekam Padi	18
Tabel 3.4	Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	21
Tabel 4.1	Komposisi Campuran Batako	29
Tabel 5.1	Berat Volume Bahan-Bahan Penyusun	41
Tabel 5.2	Berat Bahan Material	42
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan Berat Volume Benda Uji	44
Tabel 5.4	Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi	45
Tabel 5.5	Komposisi Campuran Batako	46
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume	47
Tabel 5.7	Hasil Uji Penyerapan Air	51
Tabel 5.8	Penggolongan Mutu Daya Serap Air Batako Sekam Padi	53
Tabel 5.9	Hasil Pembacaan Suhu Pertama Pada Benda Uji	55
Tabel 5.10	Hasil Pembacaan Suhu Kedua Pada Benda Uji	55
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan Nilai Redaman Panas	56
Tabel 5.12	Jumlah Rongga Pada Benda Uji	61
Tabel 5.13	Persentase Rongga Pada Benda Uji	61
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi	68
Tabel 5.15	Rekapitulasi Mutu dan Biaya	69
Tabel 5.16	Hasil Perbandingan Penelitian Batako (Konversi)	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Sekam Padi	19
Gambar 3. 2	Abu Batu	20
Gambar 3. 3	<i>Fly Ash</i>	20
Gambar 4.1	Mesin Pencampur (<i>Mixed Machine</i>)	26
Gambar 4.2	<i>Press Machine Manual Vibration</i>	26
Gambar 4.3	Cetakan Batako	27
Gambar 4.4	Gelas Ukur	27
Gambar 4.5	Plastik Kresek Ukuran Besar	28
Gambar 4.6	Memasukkan Bahan ke dalam <i>Mixed Machine</i>	30
Gambar 4.7	Pengadukan Bahan Campuran Oleh <i>Mixed Machine</i>	31
Gambar 4.8	Adonan Batako Segar	31
Gambar 4.9	Adonan Batako di Mesin Press	32
Gambar 4.10	Penyusunan Batako	33
Gambar 4.11	Penimbangan Benda Uji	35
Gambar 4.12	Pengujian Kuat Desak Pada Batako Sekam Padi	35
Gambar 4.13	Potongan Benda Uji	36
Gambar 4.14	Benda Uji di dalam Oven	37
Gambar 4.15	Penjemuran Benda Uji	37
Gambar 4.16	Skema Titik Pengukuran Suhu	38
Gambar 4.17	Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 5.1	Dimensi Batako Pejal	42
Gambar 5.2	Volume Ember Ukur	42
Gambar 5.3	Grafik Kuat Desak Benda Uji	49
Gambar 5.4	Grafik Perbandingan Kuat Desak dan Berat Volume	50
Gambar 5.5	Grafik Daya Serap Air	53
Gambar 5.6	Grafik Redaman Panas	57

Gambar 5.7	Hasil Pengamatan Bahan Penyusun Pada Mikroskop	58
Gambar 5.8	Analisa Rongga Pada Batako Sekam Padi	59
Gambar 5.9	Analisa Rongga Pada Bata Ringan Falcon	60
Gambar 5.10	Grafik Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi	68



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji	78
Lampiran 2 Uji Kuat Desak	80
Lampiran 3 Uji Serap Air	81
Lampiran 4 Uji Redaman Panas	84



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
MPa	= <i>Mega Pascal</i>
PC	= <i>Portland Cement</i>
PPC	= <i>Portland Pozzolan Cement</i>
SP	= Sekam Padi
PUBI	= Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia
ASTM	= <i>American Society for Testing and Material</i>
PLTU	= Pembangkit Listrik Tenaga Uap
$f'c$	= Kuat desak
P	= Beban
A	= Luas penampang
Wb	= Berat piknometer berisi air
Wk	= Berat benda uji kering oven
ΔT	= Selisih suhu antara permukaan atas dan bawah
T1	= Suhu di permukaan atas
T2	= Suhu di permukaan bawah
BEP	= <i>Break Even Point</i>
DSLR	= <i>Digital Single Lens Reflex</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bangunan seperti batako atau bata *press*, bata ringan, dan bata merah untuk dinding kini semakin banyak diminati masyarakat umum, selain karena mudah didapat, kekuatannya pun telah teruji. Bata merah umumnya memiliki dimensi rata-rata sebesar 20 cm x 10 cm x 5 cm, sedangkan batako yang tidak berlubang memiliki ukuran rata-rata yang lebih besar, yaitu 40 cm x 20 cm x 10 cm. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, batako memiliki kuat desak sebesar 3 MPa – 5 MPa dengan berat volume rata-rata lebih dari 2000 kg/m³. Batako tersusun atas campuran semen dan pasir yang dicampurkan dengan air. Namun, bahan-bahan tersebut memiliki kekurangan yaitu berat per meter kubik yang cukup besar. Hal ini dapat mempengaruhi tingginya nilai beban mati bangunan. Beban mati pada bangunan mencakup berat dinding, lantai, tangga, atap dan pelengkap lainnya. Beban mati tersebut sebenarnya dapat diminimalisir dengan mengganti bahan-bahan penyusun dinding batu bata atau batako dengan bahan-bahan alternatif yang lebih ringan.

Salah satu bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi berat sendiri bahan tersebut adalah limbah padi atau sekam padi (*rice husk*). Selain tersedia dalam jumlah besar, sekam padi juga cukup ekonomis untuk dijadikan sebagai bahan alternatif. Saat ini, pemanfaatan limbah padi di Indonesia masih belum maksimal. Banyak sekam padi yang pada akhirnya dibakar oleh para petani karena solusi untuk mengolah limbah tersebut belum optimal. Namun berbagai inovasi untuk mengolah limbah sekam padi (*rice husk*) telah dikembangkan. Mulai dari pemanfaatan pada pembuatan pupuk hingga menjadi material untuk bahan bangunan.

Sebelumnya, beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan limbah agar menjadi lebih berguna. Salah satunya adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Winarno (2021) yang membuat batako ringan dengan

menambahkan sekam padi sebagai pengganti agregat. Dari penelitian tersebut, diperoleh hasil kuat desak batako yaitu $26,64 \text{ kg/cm}^2$ yang telah memenuhi syarat tetapi nilai berat volume yang didapatkan masih terlalu besar pada komposisi 1,25 PC : 2,75 Filler : 8,5 SP, yaitu $1536,73 \text{ kg/m}^3$. Pada penelitian ini, proses pencetakan batakonya masih menggunakan metode proses cetak manual dengan tangan sehingga produktivitas pekerja menjadi rendah. Kemudian, Fahri (2021) mencoba untuk membuat batako dengan bahan pengganti yang sama namun proses pencetakannya sudah menggunakan mesin dan membandingkannya dengan bata ringan merek Citicon. Hasilnya, pada komposisi campuran 1 PC : 1 Filler : 4 SP kuat desak optimumnya adalah $13,8 \text{ kg/cm}^2$ dengan berat volume sebesar $1104,48 \text{ kg/m}^3$. Nilai kuat desak tersebut belum memenuhi syarat SNI, namun kuat desaknya 9,18% lebih tinggi jika dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon. Akan tetapi nilai berat volume yang didapat masih lebih besar dari Citicon.

Selain itu, Setiawati (2018) dalam penelitiannya mengenai peran *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton. *Fly ash* adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang volume limbahnya sangat besar. Penelitian ini telah membuktikan bahwa penambahan *fly ash* dapat mempengaruhi besar kuat desak beton. Penelitian ini menggunakan variasi persentase *fly ash* terhadap semen sebesar 5% hingga 12,5% pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Hasilnya, beton dengan kuat desak maksimum dapat dicapai dengan persentase penggunaan 12,5% *fly ash* pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa penggantian semen dengan *fly ash* tidak menurunkan kualitas beton sampai 12,5%. Pada aspek yang lain, penggunaan *fly ash* sebagai salah satu bahan material beton dapat berdampak positif bagi lingkungan karena kehalusan butiran *fly ash* dapat mencemari udara jika tidak dimanfaatkan dengan benar.

Bata ringan yang umumnya berwarna putih kini kian diminati oleh masyarakat. Salah satu merek bata ringan yang dijual di pasaran adalah merek Falcon. Bata ringan tersebut memiliki berat volume normal sebesar 600 kg/m^3 dengan dimensi 60 cm x 40 cm x 20 cm. Harga jual bata ringan merek Falcon di pasaran berkisar Rp 600.000 – Rp 700.000,- per m^3 . Pada prosesnya, pemasangan bata ringan menggunakan lem perekat atau mortar semen khusus. Pihak produsen

bata ringan sering mengungkapkan salah satu keunggulan bata ringan pada aspek redaman panas.

Berlandaskan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pengembangan penelitian untuk memanfaatkan *fly ash* pada batako perlu dikaji secara optimal sehingga dapat bersaing dengan bahan material penyusun dinding bata ringan. Kemudian, diharapkan dapat dicapai komposisi campuran pembuatan batako yang memiliki aspek teknis dan redaman panas yang baik namun memiliki biaya produksi yang murah. Penelitian ini merupakan upaya penelitian lanjutan dari Fahri (2021) dengan menambahkan *fly ash* dalam adukan bahan susun batako sekam padi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diidentifikasi pada pelaksanaan penelitian ini adalah bahwa penelitian Fahri (2021) perlu dilanjutkan dengan uraian sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik teknis batako sekam padi dengan tambahan *fly ash*?
2. Bagaimana harga jual batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* jika diasumsikan akan dijual di pasaran?
3. Bagaimana nilai redaman panas pada batako sekam padi dengan tambahan *fly ash*?
4. Bagaimana karakteristik teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan Falcon yang kemudian dibandingkan dengan batako sekam padi dengan tambahan *fly ash*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik teknis batako sekam padi jika ditambah dengan *fly ash*.
2. Untuk mengetahui harga jual batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* jika diasumsikan akan di jual di pasaran.

3. Untuk mengetahui besarnya redaman panas pada batako sekam padi dengan tambahan *fly ash*.
4. Untuk mengetahui perbandingan karakteristik teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan Falcon dan batako sekam padi dengan tambahan *fly ash*.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan pada pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Produk campuran batako yang yang dibuat dalam penelitian ini adalah campuran mortar batako sekam padi seperti penelitian Fahri (2021) dengan penambahan *fly ash*.
2. Alat cetak batako yang digunakan yaitu cetakan batako *press* tipe pejal dengan ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm.
3. Sekam padi yang dipakai diambil dari tempat penggilingan padi di Ngemplak, Kabupaten Sleman.
4. Uji karakteristik yang dilakukan adalah: daya serap terhadap air, kuat desak, redaman panas, dan biaya produksi.
5. Bata ringan yang digunakan sebagai pembanding yaitu bata ringan dengan merek Falcon.
6. Variasi campuran yang digunakan berjumlah 5 Varian dengan komposisi sebagai berikut: 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 2, 3, 4, 5, dan 6 SP.
7. Biaya produksi yang dihitung didapatkan dari hasil *survey* di wilayah Sleman.
8. Jenis semen yang digunakan yaitu PPC (*Portland Pozzolan Cement*), dengan merk Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
9. Penelitian ini diasumsikan akan diproduksi secara massal sehingga terdapat analisis kelayakan ekonomi yang dapat dijadikan sebagai lahan usaha.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi beberapa pihak berikut.

1. Pemilik usaha bangunan, konsumen, pihak – pihak ahli yang berhubungan dengan konstruksi, dapat memanfaatkan batako sekam padi sebagai alternatif bahan material bangunan.
2. Petani padi, agar dapat memanfaatkan limbah padi sehingga tidak terbuang.
3. Pihak PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) sebagai penghasil limbah hasil pembakaran batu bara yang berupa *fly ash* agar dapat mengolah limbahnya secara positif.
4. Pada skala yang lebih besar, diharapkan batako sekam padi menjadi material ringan sehingga mampu mendukung konsep bangunan tahan gempa.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) dan Laboratorium Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Referensi Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, peneliti meninjau beberapa referensi. Referensi yang digunakan yaitu penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilaksanakan dan hampir serupa dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi.

2.1.1 Substitusi *Fly Ash* Terhadap Semen Pada Beton

Setiawati (2018) telah melakukan penelitian tentang *fly ash* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen pada beton. Penelitian tersebut dilakukan dalam rangka menghasilkan beton mutu tinggi. Penggunaan *fly ash* dipilih karena *fly ash* memiliki kemiripan sifat dengan semen. Pemanfaatan *fly ash* juga dapat berdampak positif untuk lingkungan karena dapat mengurangi pencemaran udara akibat pembakaran batu bara. Pada penelitian ini, benda uji yang dibuat yaitu beton normal dan beton dengan menggunakan *fly ash* sebesar 5% ; 7,5% ; 10% ; dan 12,5%. Seluruh sampel akan diuji pada saat beton berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, serta 28 hari di tiap variasi. Jumlah sampel benda uji tiap variasi adalah 12 sampel sehingga jumlah sampel keseluruhan yaitu 96 sampel. Berdasarkan hasil penelitian, pada umur beton 3 hari peningkatan kuat tekan maksimal terjadi pada penggunaan *fly ash* sebesar 12,5% yaitu sebesar 60,1% dari beton normal. Sedangkan pada umur beton 7 hari, kuat tekan maksimal terjadi pada penggunaan *fly ash* 10% yaitu 24,18% dari beton normal. Pada umur beton 14 hari, peningkatan kuat tekan terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* 12,5% dengan nilai peningkatan sebesar 27,60%. Kemudian pada saat beton berumur 28 hari, peningkatan kuat tekan terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* 12,5% yakni sebesar 27,95% dari beton normal. Pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa penggunaan *fly ash* pada campuran beton terbukti masih dapat mencapai nilai kuat tekan beton yang disyaratkan.

2.1.2 Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi

Basry, dkk (2019) dalam penelitiannya mengamati bagaimana peningkatan kualitas batako yang ditambahkan dengan abu sekam padi. Penelitian ini dilatar belakangi agar pemberdayaan usaha kecil menengah (UKM) dapat maksimal. Dengan meningkatkan teknologi bahan atau material, proses, ataupun desain produk dalam produksi batako. Penggunaan abu sekam padi dipilih karena silika dalam sekam padi cukup tinggi dan jumlah pengotor yang tidak diinginkan sangat rendah. Benda uji yang digunakan adalah batao normal, serta batako dengan komposisi 1%, 2%, 3%, dan 4% abu sekam padi. Masing-masing menggunakan 3 buah benda uji. Percobaan komposisi dilakukan dengan menggunakan perbandingan 1:6, yaitu 0% (batako normal), 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat campuran dengan ukuran cetakan 30 cm x 15 cm x 10 cm.

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa kuat tekan maksimum dicapai oleh batako dengan komposisi abu sekam padi sebesar 2% dengan besarnya kuat desak 111,47 kg/cm². Sedangkan untuk batako normal (tanpa bahan abu sekam padi) memiliki kuat desak sebesar 71,47 kg/cm². Pada penambahan 3% abu sekam padi, besarnya kuat desak justru menurun. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi paling optimum sebesar 2%, dan pengaruh penambahan abu tersebut dinilai cukup signifikan dalam meningkatkan nilai kuat desak batako.

2.1.3 Bata Ringan Cetak Tangan dengan Sekam Padi Sebagai Agregat Alami

Winarno, dkk (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan sekam padi sebagai agregat alami pada pembuatan bata ringan. Penelitian tersebut dilatar belakangi oleh adanya eksploitasi berlebih pada sumber daya alam terutama pada pasir sungai untuk material konstruksi. Selain memiliki berat jenis yang lebih rendah dari pasir, kadar silika dalam sekam padi menjadikannya tahan terhadap dekomposisi lingkungan. Pada dasarnya, mengganti agregat dengan sekam padi akan berakibat pada berkurangnya berat volume batako. Proses pencetakan bahan uji Winarno (2021) tersebut dilakukan dengan cetak tangan (manual tanpa bantuan mesin cetak). Perbandingan komposisinya adalah 1,25 PC : 2,75 *Filler* untuk

seluruh variasi. Terdapat empat variasi campuran sekam padi, yaitu 8,5 ; 9 ; 9,5 ; dan 10.

Terdapat dua indikator yang ditinjau dari penelitian ini, yaitu kekuatan dan berat volume batako itu sendiri. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kuat desak yang memenuhi syarat 25 kg/cm² (SNI 03-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding), yaitu 26,64 kg/cm² dengan perbandingan sekam padi 8,5. Namun, berat volume yang diperoleh masih dalam kategori material berat, yaitu 1.536,73 kg/m³. Kesimpulannya, pada campuran dengan variasi 8,5 sekam padi kuat desak batako telah memenuhi syarat, akan tetapi terlalu berat untuk memenuhi persyaratan berat pada bata ringan. Maka dari itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memenuhi syarat kuat desak namun tetap ringan. Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti, menambah kadar semen, menambah proporsi sekam padi ataupun mengurangi kadar *filler*.

2.1.4 Pengaruh Sekam Padi Pada Aspek Teknis Batako, Biaya dan Redaman

Panas

Fahri (2021) dalam penelitiannya, mengganti agregat dengan sekam padi kemudian meninjau bagaimana pengaruh substitusi bahan tersebut terhadap aspek teknis batako, biaya produksi serta kekuatannya untuk meredam panas. Berbeda dengan Winarno (2021), Fahri (2021) pada penelitiannya sudah menggunakan cetakan mesin *press* untuk mempercepat proses produksi serta mengurangi risiko kecacatan pada batako. Selain itu, bahan dan material yang digunakan hampir sama dengan Winarno (2021) yaitu adanya bahan pengisi (*filler*) berupa abu batu. Proporsi perbandingan yang akan diteliti yaitu 1 PC : 1 *Filler* : 4; 6; 8; 10; dan 12 SP. Batako sekam padi selanjutnya akan dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon untuk mengetahui apakah batako tersebut dapat bersaing dipasaran jika diproduksi secara massal.

Berdasarkan hasil analisis serta pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil batako dengan kuat desak tertinggi sebesar 13,8 kg/cm² dan berat volume rata-rata 1104,48 kg/m³ dicapai oleh perbandingan bahan 1 PC : 1 *Filler* : 4 SP. Kuat desak pada komposisi tersebut melebihi kuat desak pada bata ringan merek Citicon

sebesar 9,18%. Sayangnya, hal ini diakibatkan oleh berat volume nya yang lebih besar pula, yakni 27,57% lebih berat dibanding bata ringan Citicon. Hasil uji penyerapan air batako sekam padi pun lebih baik dibandingkan Citicon. Sedangkan untuk nilai redaman panas, batako sekam padi dengan komposisi yang sama memiliki nilai yang lebih baik dari bata ringan Citicon sebesar 29,3%. Untuk harga jual di pasaran, batako sekam padi memiliki harga di bawah bata ringan Citicon yaitu Rp. 5.500,- per buah, sedangkan bata ringan Citicon dijual dengan harga Rp. 9.500,- per buah di Degolan , Sleman.

Oleh karena itu, Fahri (2021) menyarankan untuk penelitian selanjutnya agar komposisi campuran sekam padi dapat dikurangi dan ditambahkan bahan pengutan beton, misalnya *fly ash* sehingga nilai kuat desak, serap air, serta redaman panas yang didapatkan lebih baik.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat perbedaan dengan penelitian yang akan dilaksanakan sekarang, seperti disajikan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Setiawati (2018)	Basry dkk, (2019)	Winarno dkk, (2021)	Fahri (2021)	Nurul (2022)
Judul	<i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton	Peningkatan Kualitas Batako dengan Pnambahan Abu Sekam Padi	Bata Ringan Cetak Tangan Dengan Sekam Padi Sebagai Agregat Alami	Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas	Penambahan <i>Fly Ash</i> Pada Pembuatan Bata Press Sekam Padi dan Pengaruhnya Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, serta Redaman Panas

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Setiawati (2018)	Basry dkk, (2019)	Winarno dkk, (2021)	Fahri (2021)	Nurul (2022)
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan beton dengan mendapatkan desain campuran yang mempunyai kekuatan awal tinggi dengan memanfaatkan <i>fly ash</i> .	Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap peningkatan kuat desak batako	Mengurangi pemakaian berlebih pada pasir sungai serta untuk mengurangi berat volume material agar lebih ringan tanpa menurunkan kualitas.	Membandingkan karakteristik teknis, nilai redaman panas, serta harga produksi batako sekam padi dengan bata ringan yang dijual di pasaran.	Mengetahui karakteristik batako sekam padi dengan tambahan <i>fly ash</i> , ditinjau dari aspek teknis, biaya produksi serta redaman panasnya lalu dibandingkan dengan bata ringan yang dijual di pasaran.
Bahan Tambah	Penambahan <i>fly ash</i> atau limbah batu bara sebagai bahan pengganti semen.	Abu sekam padi.	Substitusi sekam padi sebagai agregat alami serta abu batu sebagai <i>filler</i> .	Sekam padi dan abu batu sebagai <i>filler</i> .	Sekam padi sebagai pengganti pasir, dan <i>fly ash</i> .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Setiawati (2018)	Basry dkk, (2019)	Winarno dkk, (2021)	Fahri (2021)	Nurul (2022)
Hasil Penelitian	Berdasarkan hasil Analisa dan perhitungan, penggunaan <i>fly ash</i> sebagai bahan pengganti memberikan pengaruh pada beton yaitu terjadinya peningkatan kekuatan sebesar 60% pada penambahan <i>fly ash</i> komposisi 12,5% dari beton normal.	Hasilnya, nilai kuat desak maksimum dicapai oleh komposisi penambahan abu sekam padi sebesar 2% dengan nilai kuat desak 111,47 kg/cm ² yang melebihi kuat desak bata normal yaitu 71,47 kg/cm ² .	Hasil kuat desak yang memenuhi persyaratan SNI sebesar 26,64 kg/cm ² dengan komposisi perbandingan 1,25 PC : 2,75 <i>Filler</i> : 8,5 SP serta berat volume 1.536,73 kg/m ³ . Nilai kuat desak sudah memenuhi standar akan tetapi berat volume yang masih terlalu besar.	Hasil analisis menunjukkan kuat desak tertinggi dicapai oleh komposisi bahan 1 PC : 1 <i>Filler</i> : 4 SP dengan besar nilai kuat desak 13,8 kg/cm ² dan berat volume 1.104,48 kg/m ³ . Nilai tersebut belu memenuhi standar SNI namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon.	Spesifikasi paling optimum dicapai oleh batako sekam padi tambahan <i>fly ash</i> dengan komposisi 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 2 SP dengan kuat desak 29,58 kg/cm ² ; besarnya berat volume 1255,3 kg/m ³ ; nilai serapan air 19,04%; dan besarnya nilai redaman panas 10,98°C.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako (*Concrete Block*)

Batako (*concrete block*) merupakan salah satu bahan bangunan yang berfungsi sebagai bahan penyusun dinding pada bangunan. Saat ini, penggunaan batako *press* atau bata *press* cukup banyak digunakan pada bangunan rumah tinggal. Namun, berat per meter kubiknya cukup besar sehingga dapat mempengaruhi berat mati pada struktur. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan (Tjokrodimuljo 1996) antara lain sebagai berikut:

1. Dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam beton. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk aluminium ke dalam campuran adukan beton.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, contohnya tanah liat, batu apung ataupun agregat buatan sehingga beton yang dihasilkan dapat lebih ringan dari beton pada umumnya.
3. Dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

Batako merupakan suatu komposit yang tersusun dari semen sebagai perekat dan pengisinya adalah agregat. Batako dapat digolongkan menjadi batako ringan dan normal. Batako ringan adalah batako yang memiliki densitas $< 1,8 \text{ gr/cm}^3$ (Maydayani, 2009). Kekuatannya biasa disesuaikan dengan bahan pencampurnya (*mix design*). Batako ringan dapat terbuat dari campuran air, semen, pasir dan sekam padi. Persyaratan batako menurut PUBI (1982) Psaal 6 adalah “permukaan batako harus mulus, berumur minimal satu bulan, waktu pemasangan harus sudah kering, berukuran panjang $\pm 400 \text{ mm}$, lebar $\pm 200 \text{ mm}$, tebal $100 - 200 \text{ mm}$, dengan kuat tekan (F_c') $2 - 7 \text{ MPa}$ (Wijarnarko, 2008).

Menurut SNI 03-0349-1989 syarat-syarat fisik dan ukuran batako disajikan di Tabel 3.1 dan 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Syarat-syarat Fisik Bata Beton

No.	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Batako Pejal				Tingkat Mutu Batako 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	-	-

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

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

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

Sumber: SNI 03-0349-1989

Berdasarkan persyaratan mutu bata beton dibedakan menjadi 4 (empat) tingkatan, yaitu sebagai berikut.

1. Bata beton mutu I : adalah beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
2. Bata beton mutu II : merupakan bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (dibawah atap).

3. Bata beton mutu III : yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya (dibawah atap).
4. Bata beton mutu IV : adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi seperti penggunaan dalam mutu III, tetapi selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (diplester dan di bawah atap).

3.2 Bahan Peyusun

Bagian ini membahas mengenai bahan-bahan penyusun yang digunakan dalam pembuatan campuran batako.

3.2.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen merupakan bahan ikat yang banyak digunakan. Semen berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat. Massa jenis semen padat yang disyaratkan oleh ASTM adalah $3,15 \text{ gr/cm}^3$. Secara kimiawi semen dicampur dengan air untuk membentuk massa yang mengeras atau biasa disebut dengan *Portland Cement*. Berikut merupakan sifat-sifat fisik semen, yaitu:

1. Kehalusan butir

Pada kenyataannya kehalusan butir semen dapat mempengaruhi waktu pengerasan semen. Semen dengan butiran halus dapat meningkatkan sifat kohesi pada batako segar dan dapat mengurangi *bleeding* atau kelebihan air yang bersama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton. Namun, juga dapat mempengaruhi kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak serta mempermudah terjadinya retak susut.

2. Waktu ikat

Waktu ikat atau waktu ikatan yaitu waktu yang dibutuhkan semen untuk mencapai tahap dimana pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu tersebut terhitung semenjak air tercampur semen. Waktu dari pencampurn dengan air hingga saat kehilangan sifat keplastisannya dapat

disebut sebagai waktu ikat awal, sedangkan hingga pasta menjadi massa yang keras merupakan waktu ikat akhir.

3. Panas hidrasi

Semen mengandung silikat dan aluminat yang dapat beraksi dengan air kemudian menjadi perekat yang lalu memadat. Reaksi terbentuknya media peerekat tersebut merupakan proses hidrasi.

4. Berkembangnya volume

Semen yang berkembang dapat merusak beton, oleh sebab itu pengembangan beton dibatasi sebesar $\pm 0,8\%$ (Neville, 1995).

Semen Portland atau *Portland Cement* merupakan suatu bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dari proses penggilingan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang mengandung satu atau lebih kalsium sulfat sebagai bahan tambahan. Semen *Portland* memiliki dua jenis sifat, yaitu sifat fisika dan kimia, yaitu:

1. Sifat fisika

Sifat-sifat fisika semen *portland* terdiri atas:

a. Kehalusan butir

Kehalusan butir sangat mempengaruhi proses hidrasi. Semakin kasar butir semen maka akan semakin lama pula waktu pengikatan (*setting time*) karena lamanya proses hidrasi. Tingginya khalusan butir semen dapat mengurangi terjaidinya *bleeding*, namun dapat memperbesar kecenderungan beton untuk menyusut dan terjadinya retak susut.

b. Kepadatan

ASTM mensyaratkan berat volume semen padat yaitu $3,15 \text{ gr/cm}^3$. Namun pada kenyataannya massa pada proporsi campuran semen yang diproduksi berkisar antara $3,03 - 3,25 \text{ gr/cm}^3$. Variasi tersebut dapat mempengaruhi proporsi campuran semen dalam beton.

c. Konsistensi

Pada saat proses pencampuran awal konsistensi semen *portland* lebih banyak mempengaruhi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Hal tersebut ditentukan oleh rasio semen dan air serta aspek lain. Selain

konsistensi semen, konsistensi agregat juga mempengaruhi konsistensi campuran.

d. Waktu ikat

Waktu ikat atau waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengeras terhitung semenjak mulai bereaksi dengan air menjadi pasta semen hingga memadat cukup keras untuk menahan tekanan.

e. Panas hidrasi

Panas hidrasi terjadi saat semen bereaksi dengan air.

f. Perubahan volume

Perubahan volume pasta semen yaitu kemampuan bertambahnya volume bahan-bahan campuran tersebut dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah terjadi pengikatan.

2. Sifat kimia

Sifat-sifat kimia semen terdiri atas:

a. Kesegaran semen

Pengujian kehilangan berat akibat dari pembakaran dilakukan karena kehilangan berat terjadi akibat kelembaban yang menyebabkan prehidrasi dan karbonisasi dalam bentuk kapur atau magnesium telah menguap.

b. Sisa yang tak larut

Semakin sedikit bahan yang tak larut atau tak habis saat bereaksi, maka semakin baik pula kualitas semen tersebut.

c. Panas hidrasi semen

Berdasarkan tujuan penggunaannya, semen Portland di Indonesia (PUBI-1982) terbagi menjadi 5 (lima) jenis sebagai berikut.

1. Jenis I. Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II. Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III. Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menurut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV. Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V. Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menurut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Beberapa jenis semen lain, tergolong dalam semen campuran, yaitu semen yang dibuat dengan tujuan dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh jenis semen *portland* tersebut.

3.2.2 Sekam Padi

Sekam padi adalah kulit butiran beras yang diperoleh dari hasil penggilingan beras yang akan memisahkan kulit beras dengan butir beras. Sekam padi termasuk kedalam biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti bahan baku industri kimia, pakan ternak, dll. Sekam padi mengandung beberapa unsur kimia, yaitu selulosa, lignin, serta silika yang masing-masing jumlah kandungannya adalah di Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Kandungan Bahan Kimia Sekam Padi

Komponen	%Berat
Selulosa	50%
Lignin	25% - 30%
Silika	15% - 20%

Sumber : Ismail dan Waliudin (1996)

Jumlah limbah padi yang cukup banyak belum dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. jika dibakar, limbah padi dapat menambah emisi karbon dalam atmosfer. Pemanfaatan limbah padi tanpa diolah (dibakar) terlebih dahulu masih sedikit dilakukan. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan penambahan sekam padi dalam pembuatan batako dapat mengurangi berat batako, sehingga besarnya beban mati struktur dapat dikurangi. Namun diperlukan proporsi campuran yang tepat agar kekuatan yang dihasilkan oleh batako tidak berkurang cukup banyak dan tetap aman digunakan.



Gambar 3. 1 Sekam Padi

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat dibutuhkan dalam pembuatan adukan. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *portland* sehingga dapat timbul reaksi kimia (hidrasi). Proses hidrasi tersebut akan menentukan kekuatan serta bagaimana semen *portland* mengeras.

3.2.4 Abu Batu

Abu batu dalam campuran bahan bangunan berperan sebagai bahan pengisi (*filler*). Abu batu merupakan limbah penggergajian batu andesit yang banyak terdapat pada wilayah industri material vulkanis seperti di Cangkringan, Kabupaten Sleman. Abu batu dimanfaatkan sebagai *filler* karena bersifat mengikat serta akan semakin mengeras jika terkena air sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi penggunaan semen tanpa menurunkan kuat desaknya.



Gambar 3. 2 Abu Batu

3.2.5 Fly Ash

Fly ash atau abu terbang adalah limbah pembakaran batu bara dari PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Seiring dengan bertambahnya jumlah PLTU yang dibangun di Indonesia, mengakibatkan bertambahnya limbah hasil pembakaran. Namun, pemanfaatan limbah tersebut masih belum dilakukan secara maksimal. *Fly ash* bersifat seperti semen, yaitu berfungsi untuk mengikat dan akan semakin mengeras jika terkena air. Hal ini dapat berakibat pada penggunaan semen yang semakin sedikit. Untuk penelitian ini, akan digunakan jenis *fly ash* kelas C (*brown coal*).



Gambar 3. 3 Fly Ash

Komponen utama *fly ash* batu bara adalah silica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium (CaO); dan magnesium, potassium, sodium, titanium, serta belerang dalam jumlah yang sedikit (Setiawati 2018). Tabel 3.4 berikut merupakan komposisi dan klasifikasi *fly ash*.

Tabel 3.4 Komposisi dan Klasifikasi *Fly Ash*

Komponen	Bituminus (%)	Sub-bituminus (%)	Lignit (%)
SiO_2	20-60	40-60	15-45
Al_2O_3	5-35	20-30	20-25
Fe_2O_3	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO_3	0-4	0-2	0-10
Na_2O	0-4	0-2	0-6
K_2O	0-3	0-4	0-4
LO_1	0-15	0-3	0-5

Sumber : Setiawati (2018)

3.3 Pengujian Benda Uji

Berikut ini merupakan berbagai pengujian yang dilakukan pada penelitian.

3.3.1 Kuat Desak (*Compressive Strength*)

Kuat desak atau kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang dapat menyebabkan benda uji hancur ketika diberi beban tertentu. Kuat desak suatu benda uji dapat menjadi identifikasi mutu benda uji tersebut. Semakin tinggi kuat desak benda uji, maka semakin tinggi pula mutu yang dihasilkan. Suatu benda uji harus memiliki campuran yang proporsional agar dapat menghasilkan kuat desak yang memenuhi syarat. Berikut merupakan Persamaan 3.1 untuk menghitung besarnya kuat desak.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan:

$f'c$ = Kuat desak (kg/cm^2)

P = Beban (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

Standar yang digunakan untuk memenuhi karakteristik kuat desak dan nilai porositas bata beton berdasarkan SNI 03-034901989 berisikan tentang bata beton untuk pasangan dinding, dimana beton yang disyaratkan terdiri dari 2 (dua) macam, yaitu:

1. Bata beton pejal atau bata yang mempunyai penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya.
2. Bata beton berlobang yaitu bata yang mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume luas seluruhnya.

3.3.2 Penyerapan Air

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya persentase air yang dapat diserap oleh batako pada saat sudah mengeras. Nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh banyak atau tidaknya rongga yang terbentuk. Rongga-rongga tersebut dapat muncul akibat tidak tepatnya komposisi campuran. Air yang tidak bereaksi akan menguap kemudian meninggalkan lubang akibat rasio material penyusun yang terlalu besar. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-6433-200 yang dirumuskan dalam Persamaan 3.2 berikut.

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{(Wb - Wk)}{Wk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan:

Wb = Berat piknometer berisi air (gram)

Wk = Berat benda uji kering oven (gram)

3.3.3 Redaman Panas

Proses berpindahnya energi pada material yang memiliki perbedaan suhu, dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah, merupakan pengertian dari perpindahan panas. Pada proses perpindahan panas, suhu dari benda yang menerima panas dengan benda yang menghantarkan panas haruslah sama atau setimbang. Pada proses tersebut, mekanisme yang terjadi ada tiga yaitu konduksi, konveksi serta radiasi. Mekanisme berpindahnya panas pada zat padat sering disebut dengan konduksi. Hukum Fourier menjadi acuan dalam proses perhitungan redaman panas yang terjadi pada suatu bahan, dengan Persamaan 3.3 berikut:

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

dengan:

ΔT = Selisih suhu antara permukaan atas dan bawah

T_1 = Suhu di permukaan atas

T_2 = Suhu di permukaan bawah

3.4 Biaya Produksi

Sebelum menetapkan harga jual, penting untuk menghitung besarnya biaya produksi untuk memperoleh keuntungan. Perhitungan besarnya biaya produksi dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan bahan material yang digunakan agar dapat bersaing dipasaran tanpa harus menurunkan kualitas batako itu sendiri. Perhitungan biaya produksi mencakup beberapa hal, yaitu:

1. Biaya bahan dasar: mencakup seluruh biaya yang digunakan langsung untuk proses produksi (harga beli alat beserta perawatannya dan harga bahan dasar).
2. Upah pekerja: yaitu biaya yang dikeluarkan untuk membayar upah pekerja selama proses produksi.
3. Biaya di luar biaya produksi : merupakan biaya di luar biaya produksi, misalnya biaya makan, tunjangan hari raya bagi pekerja, dll.

Selain itu, nilai BEP (*Break Even Point*) juga perlu diperhitungkan agar dapat menentukan nilai kelayakan investasi. Nilai BEP merupakan biaya yang dikeluarkan mulai dari modal awal seperti harga alat dan tempat produksi hingga modal kerja ditambahkan dengan biaya *overhead* tidak langsung berjumlah sama dengan hasil penjualan produk. Singkatnya, BEP menghitung jumlah produksi batako agar besarnya biaya keluar sama dengan biaya masuk untuk mengetahui waktu balik modal.



BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian yaitu suatu prosedur atau langkah-langkah dalam suatu penyelesaian masalah dengan cara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Dalam penelitian ini terdapat variable bebas (*independent variable*) dan variable terikat (*dependent variable*). Variable bebas yang dimaksud adalah penambahan sekam padi pada campuran batako, sedangkan variabel terikat yaitu kuat desak, daya serap air, harga produksi, serta redaman panas. Proporsi semen, abu batu, dan *fly ash* dibuat konstan.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu sebagai berikut.

4.2.1 Alat-alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Ember, untuk alat ukur komposisi campuran.
- b. Saringan pasir ukuran 5 mm, untuk menyaring abu batu, *fly ash*, dan semen.
- c. Sekop, untuk memindahkan material ke ember takar.
- d. Mesin pencampur (*mixed machine*), untuk mengaduk campuran bahan material yang akan digunakan (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Mesin Pencampur (*Mixed Machine*)

- e. *Press machine manual vibration*, untuk membuat batako *press* (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 *Press Machine Manual Vibration*

- f. Cetakan batako ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm, untuk mencetak batako (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Cetakan Batako

- g. Papan kayu ukuran 50 cm x 30 cm, untuk memindahkan batako yang telah dicetak.
- h. *Handphone*, sebagai alat dokumentasi selama proses penelitian.
- i. Gelas ukur, sebagai alat ukur air untuk campuran (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Gelas Ukur

- j. Plastik kresek ukuran besar, sebagai tempat sementara komposisi campuran sebelum dicampur (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Plastik Kresek Ukuran Besar

- k. *Oven*, untuk mengeringkan batako yang telah berusia 28 hari agar dapat diketahui kadar air batako.
- l. Alat uji kuat desak, untuk mengetahui kuat desak batako.
- m. Alat bantu seperti cetok, timbangan, meteran, spidol, dan kalkulator.

4.2.2 Bahan-bahan Penyusun Benda Uji

Bahan-bahan material yang digunakan untuk membuat benda uji yaitu.

- a. Sekam padi, sebagai bahan tambah campuran batako yang didapat dari area persawahan Sleman.
- b. Semen, digunakan Semen *Portland* Tiga Roda sebagai bahan perekat.
- c. Abu batu, berfungsi sebagai *filler* pengganti pasir yang didapat dari limbah penggergajian batu andesit.
- d. *Fly ash*, sebagai *filler* yang berfungsi seperti abu batu yang didapat dari limbah batu bara.
- e. Air, berfungsi sebagai pelarut campuran

4.2.3 Perencanaan Komposisi Benda Uji

Pembuatan komposisi campuran benda uji diukur dalam satuan volume untuk memudahkan proses pencampuran. Pada penelitian ini digunakan 5 (lima) komposisi campuran yang berbeda-beda. Berikut merupakan Tabel 4.1 berupa komposisi campuran untuk masing-masing varian.

Tabel 4.1 Komposisi Campuran Batako

Tipe	Komposisi dalam volume			
	PC	<i>Fly Ash</i>	Abu Batu	Sekam Padi
I	1	0,5	0,5	2
II	1	0,5	0,5	3
III	1	0,5	0,5	4
IV	1	0,5	0,5	5
V	1	0,5	0,5	6

Dari masing-masing variasi campuran, benda uji yang akan digunakan yaitu 7 buah, sehingga total benda uji yang akan diuji berjumlah 35 buah, dan sebagai pembanding akan digunakan 5 buah varian sampel bata ringan dengan merk Falcon.

4.2.4 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan pelaksanaan penelitian dari mulai perisapan, pembuatan, perawatan hingga pengujian benda uji.

1. Tahap Persiapan
 - a. Mengambil bahan material seperti sekam padi dan *fly ash* dari tempat asalnya.
 - b. Abu batu, semen, dan *fly ash* disaring untuk menghilangkan gumpalan-gumpalan.
 - c. Abu batu, *fly ash*, sekam padi, dan semen lalu diukur berat volumenya.
 - d. Setelah diukur berat volumenya kemudian seluruh bahan dimasukkan ke dalam plastik kresek besar sesuai takaran.

2. Tahap Pencampuran

- a. Sebelum dilakukan pencampuran bahan pada *mixed machine*, mesin harus dibersihkan terlebih dahulu dengan memberi sedikit air pada setiap sisi mesin agar saat dilakukan pencampuran bahan tidak terjadi resapan air di sisi mesin yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume air pada campuran.
- b. Kemudian bahan material yang telah dimasukkan kedalam plastik kresek dicampurkan kedalam *mixed machine* untuk selanjutnya dilakukan pengadukan oleh mesin.
- c. Proses memasukkan seluruh bahan kedalam *mixed machine* dilakukan berurutan. Sekam padi dan abu batu dimasukkan terlebih dahulu secara bersama-sama sesuai komposisi yang telah direncanakan pada Tabel 4.1. Kemudian, semen dan *fly ash* dimasukkan perlahan sampai semua bahan kering tercampur rata dan homogen. Penambahan air dilakukan pada proses paling terakhir dan dilakukan sedikit demi sedikit dan diukur menggunakan gelas ukur hingga didapatkan tekstur batako yang tepat (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Memasukkan Bahan ke dalam *Mixed Machine*

- d. Pengadukan bahan campuran oleh *mixed machine* (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Pengadukan Bahan Campuran Oleh *Mixed Machine*

- e. Adonan batako segar yang telah selesai diaduk dan siap dicetak, dikeluarkan dari *mixed machine* dengan membuka penutup lubang bagian bawah (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Adonan Batako Segar

3. Tahap Pencetakan

- 1) Cetakan batako sebelumnya perlu dilapisi dengan minyak solar terlebih dahulu agar batako tidak lengket pada sisi cetakan.
- 2) Cetakan batako yang digunakan adalah cetakan besi dan batako dicetak pada posisi tidur.
- 3) Cetakan besi diberi alas papan kayu yang telah dilapisi oleh plastik atau terpal agar tidak lengket. Papan ini berfungsi agar memudahkan proses pemindahan batako.
- 4) Masukkan adonan segar batako kedalam cetakan, kemudian mesin press digetarkan selama kurang lebih 10 detik. Penggetaran tidak boleh dilakukan terlalu lama karena dapat mengakibatkan pasta semen bergerak mengalir kebawah.
- 5) Siapkan adonan 1 semen dan 4 pasir untuk mengisi lapisan atas batako dengan ketebalan 4 mm - 5 mm agar permukaan batako menjadi lebih rata dan rapi.
- 6) Proses pengepressan dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako kemudian mesin digetarkan (Gambar 4.9).



Gambar 4.9 Adonan Batako di Mesin Press

- 7) Setelah dipress tuas beban dan cetakan diangkat bersama sehingga terbentuk batako press yang utuh.
- 8) Batako yang telah selesai dipress dapat dipindahkan dengan mengangkat papan kayu ke tempat yang teduh dan aman (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Penyusunan Batako

- 9) Setelah didiamkan selama kurang lebih semalaman, batako dapat dilepas dari papan dan disusun di tempat yang teduh untuk didiamkan selama 28 hari.

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Proses Produksi

Pada proses pembuatan batako sekam padi, seluruh bahan penyusun ditakar lalu dicatat sebelum dimasukkan ke dalam mesin pengaduk. Perhitungan waktu dan jumlah unit yang dapat diproduksi dalam satu hari pun juga dilakukan agar dapat menentukan biaya produksi.

4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium

Pada proses pengumpulan data, salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengujian di Laboratorium. Beberapa pengujian yang dilaksanakan antara lain, pengujian pada bahan penyusun dan pengujian pada sampel.

1. Pengujian Pada Bahan Penyusun

Pengujian pada bahan penyusun berupa pengujian kadar air, berat jenis serta berat volume sesuai dengan petunjuk di Laboratorium.

2. Perawatan Pada Benda Uji

Sebelum diuji, selama 1 bulan penuh sampel batako diletakkan di tempat yang teduh dan ditutup dengan plastik agar tidak basah. Kemudian dibiarkan mengeras serta dijaga kelembabannya agar proses hidrasi pada benda uji dapat lebih maksimal.

3. Pengujian Sampel

Tak hanya sampel batako sekam padi saja yang akan diuji berat volume, kuat desak dan regangan, penyerapan air serta konduktivitas panasnya, namun sampel bata ringan merek Falcon pun turut diuji. Berikut merupakan pengujian yang akan dilakukan pada sampel.

- a. Uji Berat Volume

Setiap varian diuji di Laboratorium dengan cara ditimbang dan diukur dimensinya dengan penggaris lalu ditimbang. Berikut merupakan langkah – langkah menguji berat volume.

- 1) Setiap benda uji diberi tanda agar mudah untuk diidentifikasi.
- 2) Benda uji kemudian ditimbang dan diukur dimensinya. Proses penimbangan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Penimbangan Benda Uji

- 3) Perhitungan volume.
 - 4) Perhitungan berat volume dilakukan dengan cara membagi berat dengan volume. Kemudian dihitung berat volume rata – ratanya.
- b. Uji Kuat Desak

Semua varian diuji kuat desaknya dengan menggunakan alat ukur kuat desak yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), UII. Berikut merupakan langkah – langkah pengujian kuat desak.

- 1) Setiap benda uji diberi tanda agar mudah untuk diidentifikasi.
- 2) Alat pengukur dial diletakkan lalu dilakukan pengujian kuat desak dengan alat desak (Gambar 4.12).



Gambar 4.12 Pengujian Kuat Desak Pada Batako Sekam Padi

- 3) Pengujian dilakukan dengan bantuan laboran ahli yang berada di Laboratorium BKT.
- 4) Beban dan penurunan setiap interval dicatat. Uji kuat desak dilakukan hingga benda uji mencapai kuat maksimumnya.

c. Uji Penyerapan Air

Untuk mengetahui daya serap air pada benda uji, setiap sampel utuh dipotong menjadi empat bagian. Berikut merupakan langkah – langkah pengujian penyerapan air.

- 1) Benda uji dipotong menjadi empat bagian dengan menggunakan mesin pemotong besi atau beton. Masing – masing berukuran 10 cm x 3 cm x 5,5 cm. Kemudian diberi tanda untuk memudahkan identifikasi (Gambar 4.13).



Gambar 4.13 Potongan Benda Uji

- 2) Benda uji kemudian ditimbang dan diukur dimensinya.
- 3) Benda uji lalu direndam selama 24 (dua puluh empat) jam dalam air bersuhu ruangan. Setelah itu, sampel diangkat dan dibiarkan selama kurang lebih 1 menit untuk ditiriskan, kemudian ditimbang.
- 4) Dilakukan pengeringan benda uji dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 (dua puluh empat) jam (Gambar 4.14).



Gambar 4.14 Benda Uji di dalam Oven

- 5) Penimbangan kedua dilakukan setelah seluruh sampel dikeluarkan dari oven, lalu dilanjutkan dengan perhitungan penyerapan air.
- d. Uji Redaman Panas

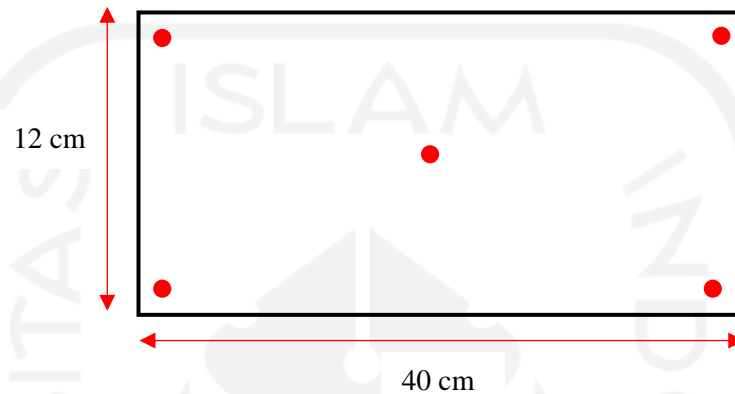
Pengujian redaman panas dilakukan di siang hari pada saat matahari sedang terik. Hal itu dikarenakan agar pengujian redaman panas lebih maksimal. Berikut merupakan langkah – langkah pengujian redaman panas.

- 1) Sebelum dijemur, batako diberi dudukan pada salah satu sisinya agar tidak terkena sinar matahari dan dapat diukur suhunya, kemudian dilubangi beberapa titik.
- 2) Batako kemudian dijemur selama 4 jam pada matahari terik dari jam 08.00 – 12.00 (Gambar 4.15).



Gambar 4.15 Penjemuran Benda Uji

- 3) Kemudian, suhu atas (T_1) dan suhu bawah (T_2) batako diukur menggunakan *thermocouple* secara berkala sebanyak 2 kali pada pukul 11.00 dan 12.00 pada 5 titik yang berbeda seperti pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Skema Titik Pengukuran Suhu

4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Produksi

Proses analisis harga produksi dilakukan dengan melihat banyak aspek. Tujuan utamanya adalah mengetahui harga pokok produksi dan harga jual batako sekam padi serta metode pengumpulan data dengan mewawancarai pihak terkait, dokumentasi serta studi pustaka. Dilakukan pula perhitungan jumlah batako pada titik *Break Even Point*. Data yang dibutuhkan untuk mengetahui harga pokok produksi batako sekam padi yaitu.

- a. Harga alat
- b. Harga material
- c. Biaya operasional
- d. Biaya upah pekerja beserta tunjangan

4.3.4 Analisis Data dan Pembahasan

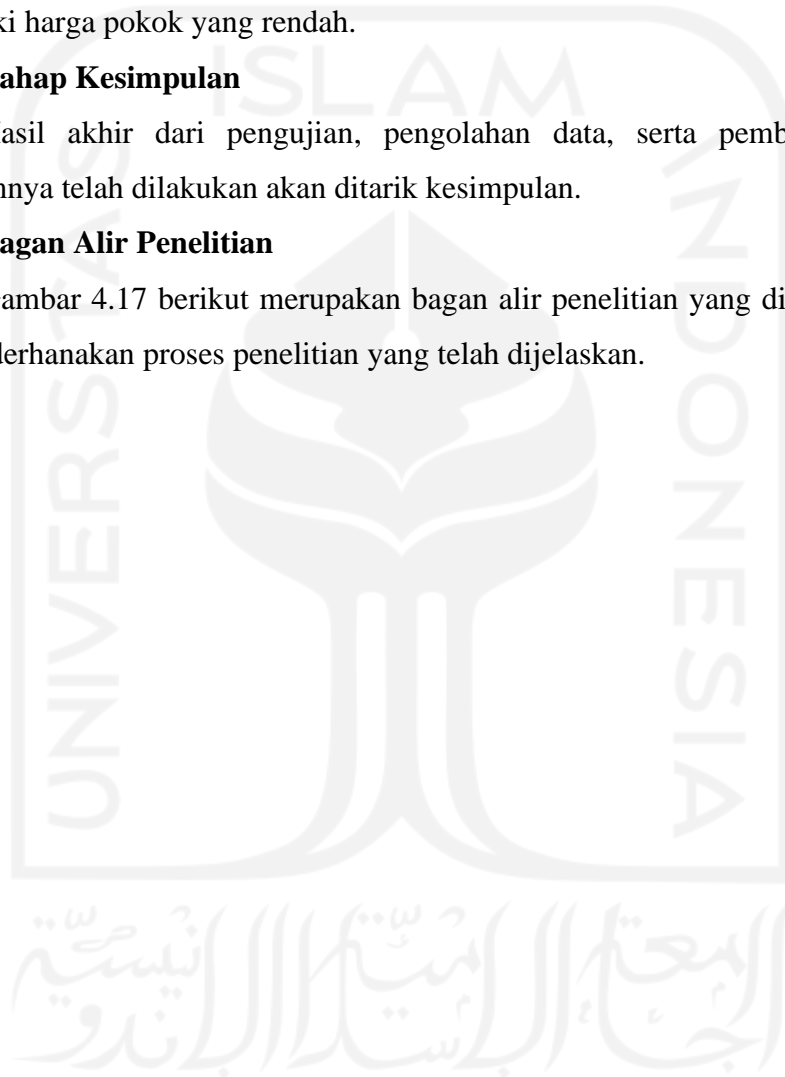
Setelah memperoleh data-data yang dibutuhkan, data tersebut kemudian diolah untuk mengetahui sampel mana yang paling layak. Sampel yang masuk kedalam kategori layak ialah yang memiliki kualitas baik dan memenuhi SNI serta memiliki harga pokok yang rendah.

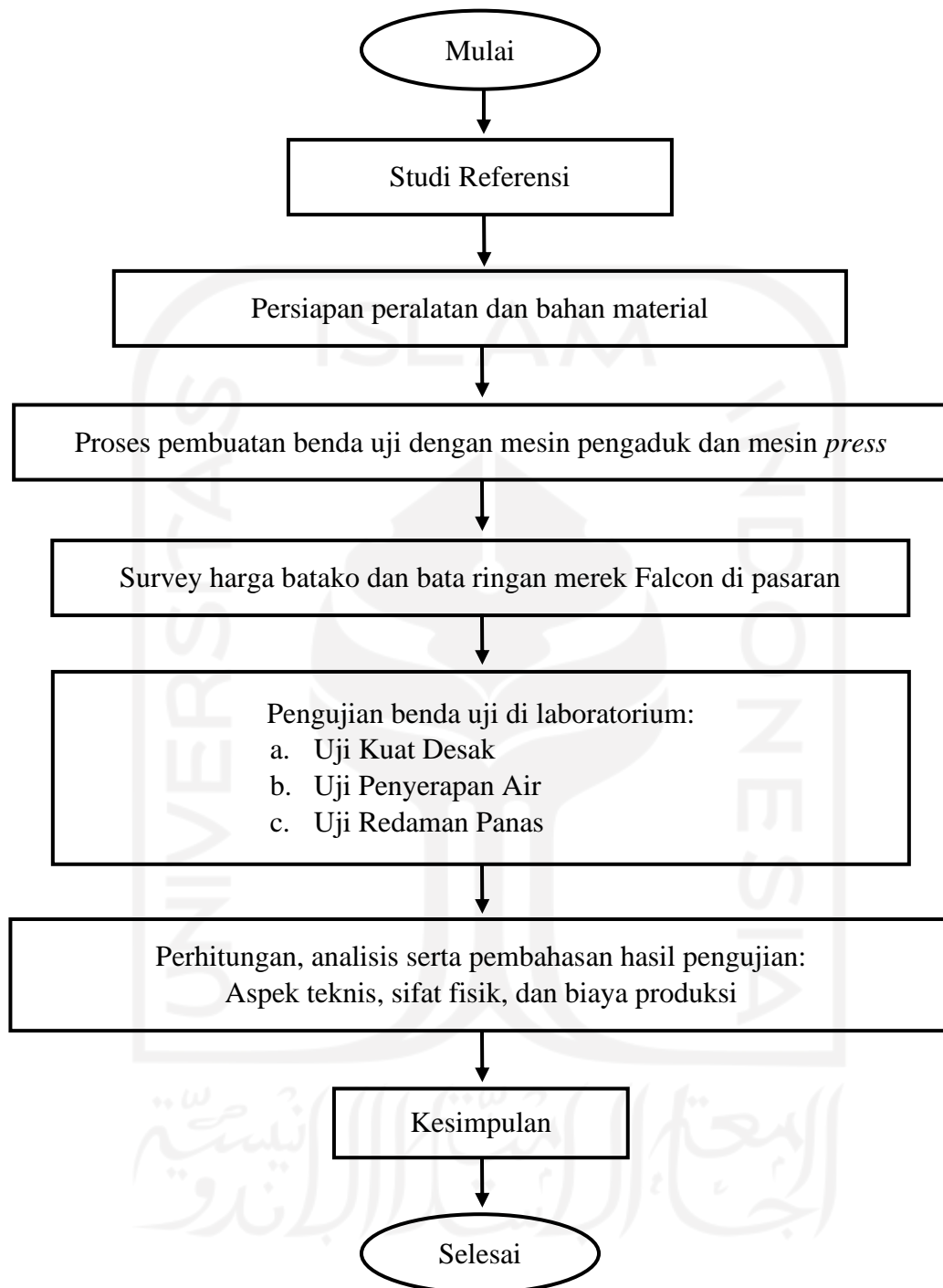
4.3.5 Tahap Kesimpulan

Hasil akhir dari pengujian, pengolahan data, serta pembahasan yang sebelumnya telah dilakukan akan ditarik kesimpulan.

4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Gambar 4.17 berikut merupakan bagan alir penelitian yang disajikan untuk menyederhanakan proses penelitian yang telah dijelaskan.





Gambar 4.17 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Setelah selesai melakukan pengujian di PIMVM dan Laboratorium Bahan Konstruksi (BKT), akan didapatkan beberapa data yang kemudian dapat dianalisis. Hasil olah data tersebut akan dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon. Analisis data yang dilakukan salah satunya adalah dengan melakukan perhitungan terhadap besar kuat desak, daya serap air, besarnya redaman panas serta perhitungan besarnya biaya produksi. Berikut merupakan hasil dari analisis data yang dilakukan.

5.2 Pengujian Bahan Penyusun

Pengujian bahan material penyusun bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya bahan yang akan dipakai untuk pembuatan campuran batako sekam padi. Hasilnya, dapat diketahui berat volume masing-masing bahan seperti, semen, *fly ash*, abu batu, dan sekam padi. Berikut merupakan hasil perhitungan berat volume.

Tabel 5.1 Berat Volume Bahan-Bahan Penyusun

No.	Berat Volume (gr/cm ³)			
	Semen Portland	Abu Batu	<i>Fly Ash</i>	Sekam Padi
1	0,757	0,975	0,866	0,080

1. Analisis Perhitungan

a. Berat Bahan

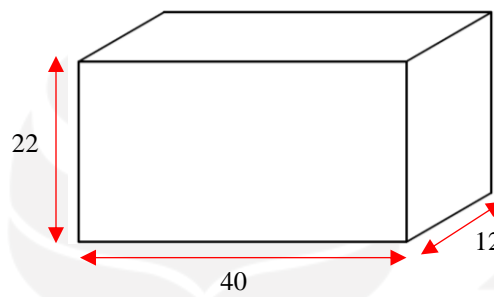
Pengujian berat pada bahan dilakukan untuk menghitung berat volume bahan. Berikut merupakan berat masing-masing bahan campuran yang disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Berat Bahan Material

No.	Berat (gr)			
	Semen Portland	Abu Batu	<i>Fly Ash</i>	Sekam Padi
1	11770	15170	13470	1240

b. Volume Batako

Berdasarkan Gambar 5.1 di bawah, volume batako pejal dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

**Gambar 5.1 Dimensi Batako Pejal**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= p \times l \times t \\
 &= 40 \times 12 \times 22 \\
 &= 10560 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

c. Volume ember ukur

**Gambar 5.2 Volume Ember Ukur**

Berdasarkan Gambar 5.2 di atas, volume ember ukur dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 39,5 \times 31,5 \times 12,5 \\ &= 15553,13 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

d. Berat volume material

$$\begin{aligned}\text{Semen Portland} &= \frac{\text{Berat semen portland}}{\text{Volume cetakan}} \\ &= \frac{11770}{15553,13} \\ &= 0,757 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Abu Batu} &= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{Volume cetakan}} \\ &= \frac{1517}{15553,13} \\ &= 0,975 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fly Ash} &= \frac{\text{Berat fly ash}}{\text{Volume cetakan}} \\ &= \frac{13470}{15553,13} \\ &= 0,866 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sekam Padi} &= \frac{\text{Berat sekam padi}}{\text{Volume cetakan}} \\ &= \frac{1240}{15553,13} \\ &= 0,080 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

e. Berat volume batako

Berikut merupakan contoh langkah-langkah perhitungan serta hasil perhitungan berat volume batako sekam padi perbandingan 1 : 0,5 : 0,5 : 2 sampel 1. Hasil perhitungan berat volume disajikan dalam Tabel 5.3.

$$\text{Berat kering batako (W)} = 13,39 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume batako (v)} &= 10560 \text{ cm}^3 \\ &= 0,01056 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Berat volume beton (d)} = 1267,99 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Berat Volume Benda Uji

Komposisi Campuran	Berat Beton Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm³)	Berat Volume (kg/m³)	Berat Volume rata-rata (kg/m³)
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:2	13,39	40	12	22	10560	1267,99	1255,30
	13,76	40	12	22	10560	1303,03	
	12,67	40	12	22	10560	1199,81	
	13,85	40	12	22	10560	1311,55	
	12,61	40	12	22	10560	1194,13	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:3	13,06	40	12	22	10560	1236,74	1241,10
	12,96	40	12	22	10560	1227,27	
	13,01	40	12	22	10560	1232,01	
	12,92	40	12	22	10560	1223,48	
	13,58	40	12	22	10560	1285,98	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:4	10,71	40	12	22	10560	1014,20	985,80
	10,33	40	12	22	10560	978,22	
	10,26	40	12	22	10560	971,59	
	10,62	40	12	22	10560	1005,68	
	10,13	40	12	22	10560	959,28	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:5	9,57	40	12	22	10560	906,25	917,61
	10,20	40	12	22	10560	965,91	
	9,52	40	12	22	10560	901,52	
	9,71	40	12	22	10560	919,51	
	9,45	40	12	22	10560	894,89	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:6	8,04	40	12	22	10560	761,36	793,75
	8,26	40	12	22	10560	782,20	
	8,50	40	12	22	10560	804,92	
	8,39	40	12	22	10560	794,51	
	8,72	40	12	22	10560	825,76	
Bata ringan merek Falcon	10,3	60	10	20	12000	858,33	856,67
	10,3	60	10	20	12000	858,33	
	10,3	60	10	20	12000	858,33	
	10,3	60	10	20	12000	858,33	
	10,2	60	10	20	12000	850,00	

Berdasarkan hasil perhitungan berat volume, dapat dilihat bahwa semakin sedikit kandungan sekam padi mengakibatkan berat volume batako sekam padi yang semakin kecil pula. Kemudian dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi dengan berat volume rata-rata tertinggi adalah batako dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2 sebesar 1255,30 kg/m³. Sedangkan, berat volume rata-rata batako ringan merek Falcon sebesar 856,67 kg/m³. Nilai berat volume seluruh sampel batako sekam padi masuk ke dalam kategori batako ringan dengan berat volume <1400 kg/m³.

5.3 Perhitungan Campuran

Untuk menentukan komposisi campuran yang tepat diperlukan perhitungan perbandingan campuran. Tabel 5.4 berikut merupakan besarnya perbandingan campuran yang akan dipakai dalam pengujian.

Tabel 5.4 Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi

No.	Semen Portland	Abu Batu	<i>Fly Ash</i>	Sekam Padi	Jumlah Sampel
1	1	0,5	0,5	2	8
2	1	0,5	0,5	3	8
3	1	0,5	0,5	4	8
4	1	0,5	0,5	5	8
5	1	0,5	0,5	6	8

Dari 8 benda uji tersebut, 5 diantaranya dipakai untuk uji kuat desak, 1 untuk uji serap air, sedangkan 1 sisanya digunakan untuk pengujian redaman panas. Kemudian, untuk kebutuhan air tiap campuran berbeda-beda menyesuaikan tingkat kemudahan dalam pencampurannya. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk kebutuhan setiap sampel pada komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2.

1. Analisis Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{a. Kebutuhan semen untuk 8 batako} &= \frac{1}{4} \times 10560 \times 0,757 \times 8 \\
 &= 15983 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan semen untuk 1 batako} &= \frac{15983}{8} \\
 &= 1998 \text{ gram} \\
 \\
 \text{b. Kebutuhan abu batu untuk 8 batako} &= \frac{0,5}{4} \times 10560 \times 0,975 \times 8 \\
 &= 10300 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan abu batu untuk 1 batako} &= \frac{10300}{8} \\
 &= 1287 \text{ gram} \\
 \\
 \text{c. Kebutuhan fly ash untuk 8 batako} &= \frac{0,5}{4} \times 10560 \times 0,866 \times 8 \\
 &= 9146 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan fly ash untuk 1 batako} &= \frac{9146}{8} \\
 &= 1143 \text{ gram} \\
 \\
 \text{d. Kebutuhan sekam padi untuk 8 batako} &= \frac{2}{4} \times 10560 \times 0,080 \times 8 \\
 &= 3368 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan sekam padi untuk 1 batako} &= \frac{3368}{8} \\
 &= 421 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako

No.	Variasi Campuran	Semen Portland (kg)	Abu Batu (kg)	Fly Ash (kg)	Sekam Padi (kg)	Jumlah Sampel
1	1:0,5:0,5:2	15,983	10,300	9,146	3,368	8
2	1:0,5:0,5:3	12,786	8,240	7,317	4,041	8
3	1:0,5:0,5:4	10,655	6,867	6,097	4,490	8
4	1:0,5:0,5:5	9,133	5,886	5,226	4,811	8
5	1:0,5:0,5:6	7,991	5,150	4,573	5,051	8

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas didapatkan hasil perhitungan komposisi campuran dari masing-masing variasi batako sekam padi dengan jumlah setiap variasi 8 sampel.

5.4 Pengujian Kuat Desak Batako Sekam Padi dengan Tambahan *Fly Ash*

Pengujian kuat desak yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) UII menggunakan 5 benda uji dari masing-masing variasi campuran, sehingga jumlah keseluruhan benda uji kuat desak untuk batako sekam padi adalah 25 buah. Sedangkan untuk pembanding, yaitu bata ringan merek Falcon, diambil 5 buah untuk diuji.

Pengujian tersebut dilaksanakan 28 hari setelah benda uji selesai dibuat agar benda uji dapat mengering dengan sempurna. Kekuatan desak benda uji dipengaruhi oleh banyak faktor misalnya, komposisi campuran, faktor air semen, serta kualitas bahan penyusun. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat desak minimum untuk bata beton pejal yaitu 25 kg/cm². Hasil pengujian kuat desak untuk seluruh benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume

Variasi	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks. (kg)	A (cm ²)	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ rata-rata
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:2	1	13.39	13950	480	29.06	29,58
	2	13.76	14350	480	29.90	
	3	12.67	12950	480	26.98	
	4	13.85	14650	480	30.52	
	5	12.61	15100	480	31.46	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:3	1	13.06	11700	480	24.38	22,01
	2	12.96	10400	480	21.67	
	3	13.01	8750	480	18.23	
	4	12.92	12075	480	25.16	
	5	13.58	9900	480	20.63	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:4	1	10.71	6250	480	13.02	12,14
	2	10.33	5350	480	11.15	
	3	10.26	5775	480	12.03	
	4	10.62	5350	480	11.15	
	5	10.13	6400	480	13.33	

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak dan Berat Volume

Variasi	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks. (kg)	A (cm ²)	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ rata-rata
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:5	1	9.57	3430	480	7.15	7,47
	2	10.20	3850	480	8.02	
	3	9.52	3860	480	8.04	
	4	9.71	3770	480	7.85	
	5	9.45	3010	480	6.27	
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:6	1	8.04	1600	480	3.33	3,88
	2	8.26	1740	480	3.63	
	3	8.50	1930	480	4.02	
	4	8.39	1900	480	3.96	
	5	8.72	2150	480	4.48	
Bata ringan merek Falcon	1	10,3	15300	600	25.50	26,00
	2	10,3	16150	600	26.92	
	3	10,3	13750	600	22.92	
	4	10,3	16700	600	27.83	
	5	10,2	16100	600	26.83	

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat desak batako sekam padi dengan perbandingan komposisi 1 : 0,5 : 0,5 : 2.

Panjang = 40 cm

Lebar = 12 cm

Tinggi = 22 cm

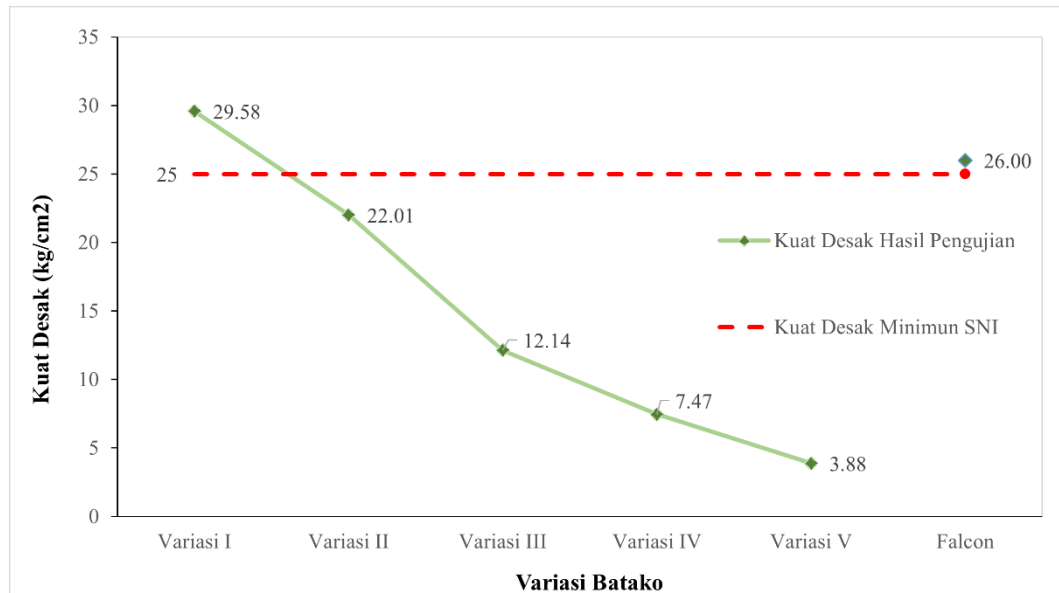
Beban Maks = 13950 kg/cm²

$$\begin{aligned}
 f'c &= \frac{\text{Beban maks}}{\text{Luas penampang}} \\
 &= \frac{13950}{480} \\
 &= 29,06 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai kuat desak terhadap 5 sampel dari masing-masing variasi, kemudian dapat dihitung nilai kuat desak rata-rata pada perbandingan komposisi 1 : 0,5 : 0,5 : 2.

$$\begin{aligned}
 f'c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma}{5} \\
 &= 29,583 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

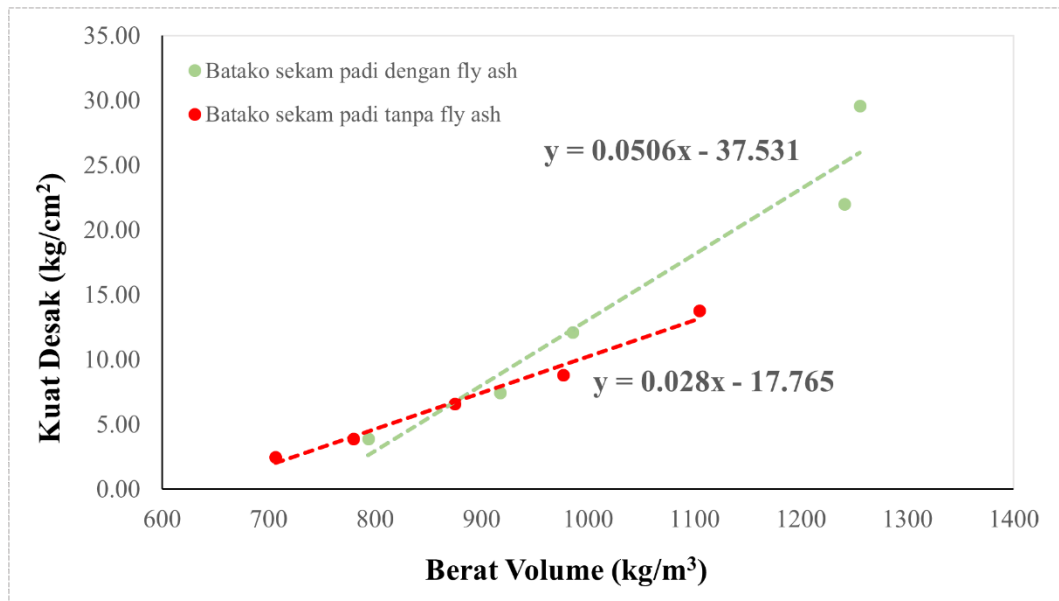
Hasil pengujian kuat desak kemudian dibuat grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Kuat Desak Benda Uji

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas, semakin banyak komposisi sekam padi pada campuran, maka semakin kecil pula kuat desak yang dapat diterima oleh batako sekam padi. Variasi batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* yang memenuhi standar SNI ($>25 \text{ kg/cm}^2$) adalah variasi I dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2 dengan nilai kuat desak $29,58 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan besar kuat desak bata ringan merek Falcon berada pada angka $26,00 \text{ kg/cm}^2$. Dengan demikian, hanya ada 1 variasi batako sekam padi yang kuat desaknya melebihi kuat desak bata ringan pabrikan.

Hasil uji desak dan berat volume tersebut lalu dibandingkan dengan hasil penelitian milik Fahri (2021) yang membuat batako sekam padi tanpa tambahan *fly ash*. Berikut merupakan grafik perbandingan kuat desak dan berat volume dari batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* dan tanpa bahan tambah *fly ash*.



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Kuat Desak dan Berat Volume

Berdasarkan Gambar 5.4 di atas, didapatkan persamaan $y = 0,0506x - 37,531$ untuk batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash*, dan persamaan $y = 0,028x - 17,765$ untuk batako sekam padi tanpa tambahan *fly ash*. Persamaan tersebut digunakan untuk membandingkan jika kedua batako memiliki berat volume yang sama (diasumsikan 1300 kg/cm^3), maka besarnya kuat desak masing-masing batako sekam padi yaitu sebagai berikut.

- a. Batako sekam padi dengan *fly ash*

$$\begin{aligned} y &= 0,0506x - 37,531 \\ &= 0,0506 (1300) - 37,531 \\ &= 28,249 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- b. Batako sekam padi tanpa *fly ash*

$$\begin{aligned} y &= 0,028x - 17,765 \\ &= 0,028 (1300) - 17,765 \\ &= 18,635 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diketahui bahwa dengan penambahan *fly ash* pada batako sekam padi dapat meningkatkan kuat desak batako. Batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* akan memiliki nilai kuat desak yang lebih tinggi

dibandingkan dengan batako sekam padi tanpa bahan tambah *fly ash* jika diasumsikan keduanya memiliki berat volume yang sama.

5.5 Pengujian Penyerapan Air Batako Sekam Padi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya serap air batako sekam padi. Daya serap merupakan besarnya persentase air yang dapat diserap oleh agregat jika dimasukkan ke air. Pada pengujian ini, benda uji direndam di dalam air selama 24 jam. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil penyerapan air maksimal sebesar 25% menurut SNI 03-0349-1989.

Sebelum direndam didalam air, 1 benda uji dipotong menjadi 4 bagian terlebih dahulu dengan ukuran yang sama. Pemotongan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin potong khusus dan dibantu oleh Laboran. Hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Penyerapan Air

Jenis Batako	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Persentase Penyerapan Air rata-rata (%)
Batako Sekam Padi 1:0,5:0,5:2	1	3356	2793	20,158	19,038
	2	3356	2873	16,812	
	3	3397	2782	22,106	
	4	3366	2875	17,078	
Batako Sekam Padi 1:0,5:0,5:3	1	3384	2620	29,160	20,707
	2	3227	2720	18,640	
	3	3270	2913	12,255	
	4	3143	2560	22,773	
Batako Sekam Padi 1:0,5:0,5:4	1	2751	2232	23,253	22,329
	2	2937	2360	24,449	
	3	2894	2401	20,533	
	4	2952	2438	21,083	
Batako Sekam Padi 1:0,5:0,5:5	1	2830	2229	26,963	22,748
	2	2956	2496	18,429	
	3	2732	2225	22,787	
	4	2918	2376	22,811	

Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Uji Penyerapan Air

Batako Sekam Padi 1:0,5:0,5:6	1	2521	2028	24,310	23,417
	2	2542	2196	15,756	
	3	2535	2024	25,247	
	4	2621	2042	28,355	
Bata ringan Falcon	1	2636	1995	32,130	38,477
	2	2683	1846	45,341	
	3	2599	2003	29,755	
	4	2718	1853	46,681	

Contoh perhitungan diambil dari hasil pengujian penyerapan air variasi I dengan komposisi 1 : 0,5 : 0,5 : 2 sebagai berikut.

Berat basah (A) = 3356 gram

Berat kering (B) = 2793 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\
 &= \frac{3356-2793}{2793} \times 100\% \\
 &= 20,158\%
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai penyerapan air dari sampel I, II, III dan IV, kemudian dihitung nilai penyerapan air rata-rata nya. Berikut merupakan perhitungan nilai penyerapan air rata-rata dari variasi I dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2.

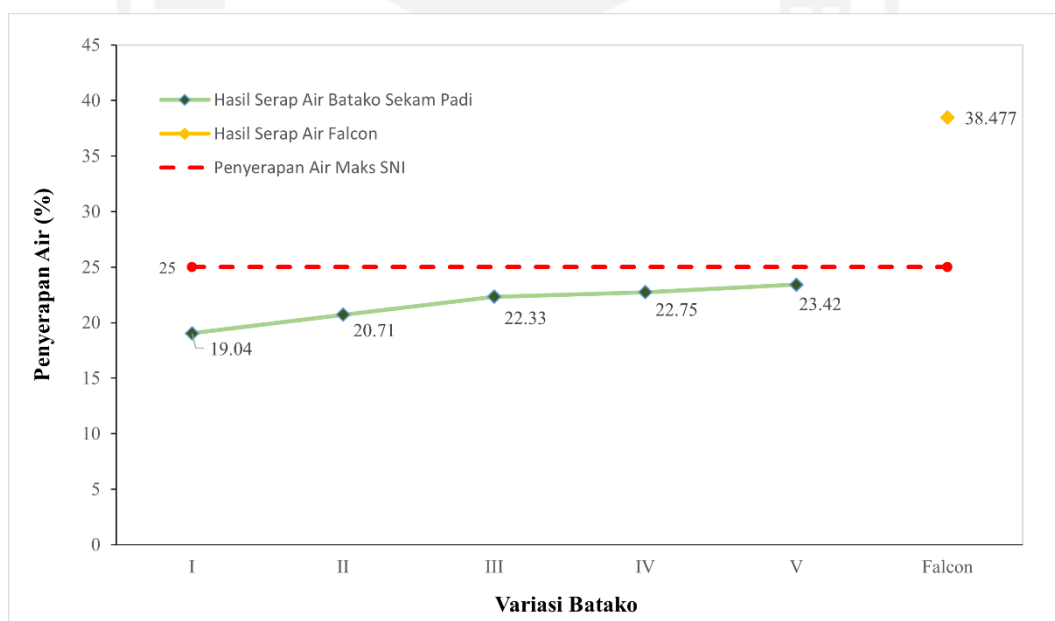
$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air rata-rata (\%)} &= \frac{20,158+16,812+22,106+17,078}{4} \\
 &= 19,038\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air pada seluruh variasi campuran, maka setiap variasi campuran tersebut digolongkan kedalam mutu batako sekam padi berdasarkan SNI-03-0343-1998 mengenai syarat-syarat fisis bata beton, penggolongan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Daya Serap Air Batako Sekam Padi

No.	Jenis Batako	Persentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako
1	Batako Sekap Padi dengan <i>fly ash</i> 1:0,5:0,5:2	19,038	I
2	Batako Sekap Padi dengan <i>fly ash</i> 1:0,5:0,5:3	20,707	I
3	Batako Sekap Padi dengan <i>fly ash</i> 1:0,5:0,5:4	22,329	I
4	Batako Sekap Padi dengan <i>fly ash</i> 1:0,5:0,5:5	22,748	I
5	Batako Sekap Padi dengan <i>fly ash</i> 1:0,5:0,5:6	23,417	I
6	Batako ringan Falcon	38,477	-

Hasil uji serap air tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.4 berikut.

**Gambar 5. 5 Grafik Daya Serap Air**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diubah kedalam bentuk tabel, dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi sekam padi dalam campuran, maka semakin tinggi pula daya serap air nya. Hal ini dibuktikan oleh bentuk grafik yang semakin memuncak. Berdasarkan hasil yang didapat, seluruh variasi batako sekam padi masuk ke Tingkat I mutu bata beton pejal standar SNI dengan daya serap maksimal 25%. Nilai daya serap tertinggi dicapai oleh batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* variasi V yang komposisi campurannya 1 : 0,5 : 0,5 : 6 sebesar 23,417%. Sedangkan bata ringan merek Falcon memiliki nilai daya serap air sebesar 38,477%. Nilai tersebut melampaui batas maksimum daya serap air menurut SNI.

5.6 Redaman Panas Benda Uji dengan *Thermocouple*

Tujuan dari pengujian redaman panas adalah untuk memperoleh besarnya nilai rambatan panas dari benda uji. Setiap variasi benda uji diambil 1 sampel yang telah berumur 28 hari. Setelah itu, seluruh benda uji dijemur selama kurang lebih 4 jam dari pukul 08.00 hingga pukul 12.00. Kemudian diukur suhu masing-masing benda uji menggunakan *thermocouple* pada 5 titik berbeda. Pengukuran suhu dilakukan sebanyak 2 kali pada pukul 11.00 dan 12.00. Berikut merupakan hasil pembacaan suhu pada *thermocouple* yang telah disajikan dalam bentuk Tabel 5.9 dan Tabel 5.10.

Tabel 5.9 Hasil Pembacaan Suhu Pertama Pada Benda Uji

Pengujian Pukul 11.00												
Variasi	T1 (°C)					T2 (°C)					Rata-rata T1 (°C)	Rata-rata T2 (°C)
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
1:0,5:0,5:2	50,1	50,8	51,5	51,4	52,8	39,4	40,0	41,4	41,3	40,4	51,32	40,50
1:0,5:0,5:3	52,8	53,0	52,2	52,8	53,0	40,1	39,5	40,6	42,5	40,0	52,76	40,54
1:0,5:0,5:4	51,9	53,7	54,0	53,4	53,6	41,6	40,2	41,1	40,2	39,9	53,32	40,60
1:0,5:0,5:5	54,8	55,4	54,9	55,6	55,1	39,6	41,3	41,5	40,3	42,1	55,16	40,96
1:0,5:0,5:6	56,2	55,7	56,6	56,7	55,9	39,4	41,8	42,3	39,5	40,2	55,9	40,64
Falcon	41,6	41,7	42,3	43,3	42,9	38,3	38,6	38,2	38,5	37,3	42,9	38,18

Tabel 5.10 Hasil Pembacaan Suhu Kedua Pada Benda Uji

Pengujian Pukul 12.00												
Variasi	T1 (°C)					T2 (°C)					Rata-rata T1 (°C)	Rata-rata T2 (°C)
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
1:0,5:0,5:2	51,6	52,2	53,6	52,9	53,2	40,4	41,6	41,2	42,1	42,5	52,70	41,56
1:0,5:0,5:3	52,9	53,7	54,7	54,5	54,3	41,3	40,6	41,3	42,4	41,7	54,02	41,46
1:0,5:0,5:4	56,2	57,1	56,4	56,7	56,9	42,4	41,2	42,6	41,5	40,5	56,66	41,64
1:0,5:0,5:5	58,7	58,7	59,1	60,1	60,1	40,5	41,9	42,0	40,7	42,9	59,34	41,60
1:0,5:0,5:6	59,7	60,4	59,5	61,8	60,7	40,7	42,2	43,1	40,5	40,9	60,42	42,10
Falcon	44,6	43,5	45,6	45,1	44,7	39,8	40,3	39,7	39,8	39,6	44,70	39,84

Berdasarkan hasil pembacaan suhu, kemudian dilakukan perhitungan nilai redaman panas. Sebagai contoh perhitungan, diambil hasil dari pengujian redaman panas batako sekam padi dengan komposisi sampel 1 : 0,5 : 0,5 : 2 sebagai berikut.

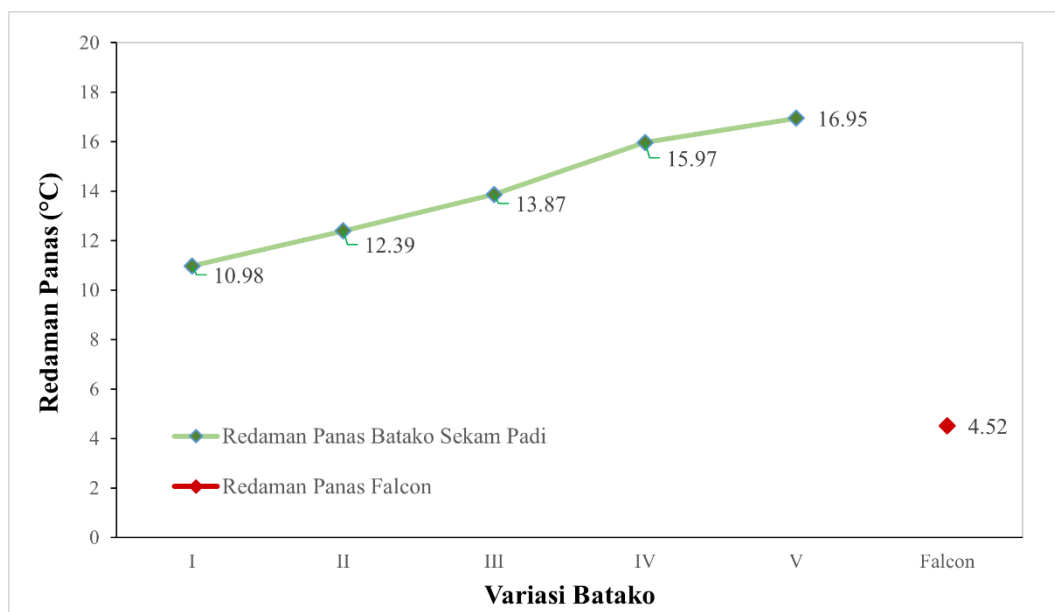
$$\begin{aligned}
 T1 \text{ (suhu di permukaan atas batako)} &= 51,32^{\circ}\text{C} \\
 T2 \text{ (suhu di permukaan bawah batako)} &= 40,50^{\circ}\text{C} \\
 \Delta T \text{ (Redaman panas)} &= T1 - T2 \\
 &= 51,32 - 40,50 \\
 &= 10,82^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Lakukan perhitungan dengan cara yang sama pada seluruh benda uji. Maka, akan didapatkan hasil perhitungan nilai redaman panas pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan Nilai Redaman Panas

Variasi	Pembacaan Suhu		ΔT Rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)
	ΔT Pengujian 1 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT Pengujian 2 ($^{\circ}\text{C}$)	
Batako Sekam Padi Variasi I	10,82	11,14	10,98
Batako Sekam Padi Variasi II	12,22	12,56	12,39
Batako Sekam Padi Variasi III	12,72	15,02	13,87
Batako Sekam Padi Variasi IV	14,20	17,74	15,97
Batako Sekam Padi Variasi V	15,58	18,32	16,95
Falcon	4,18	4,86	4,52

Hasil perhitungan redaman panas dalam Tabel 5.11 dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.6 Grafik Redaman Panas

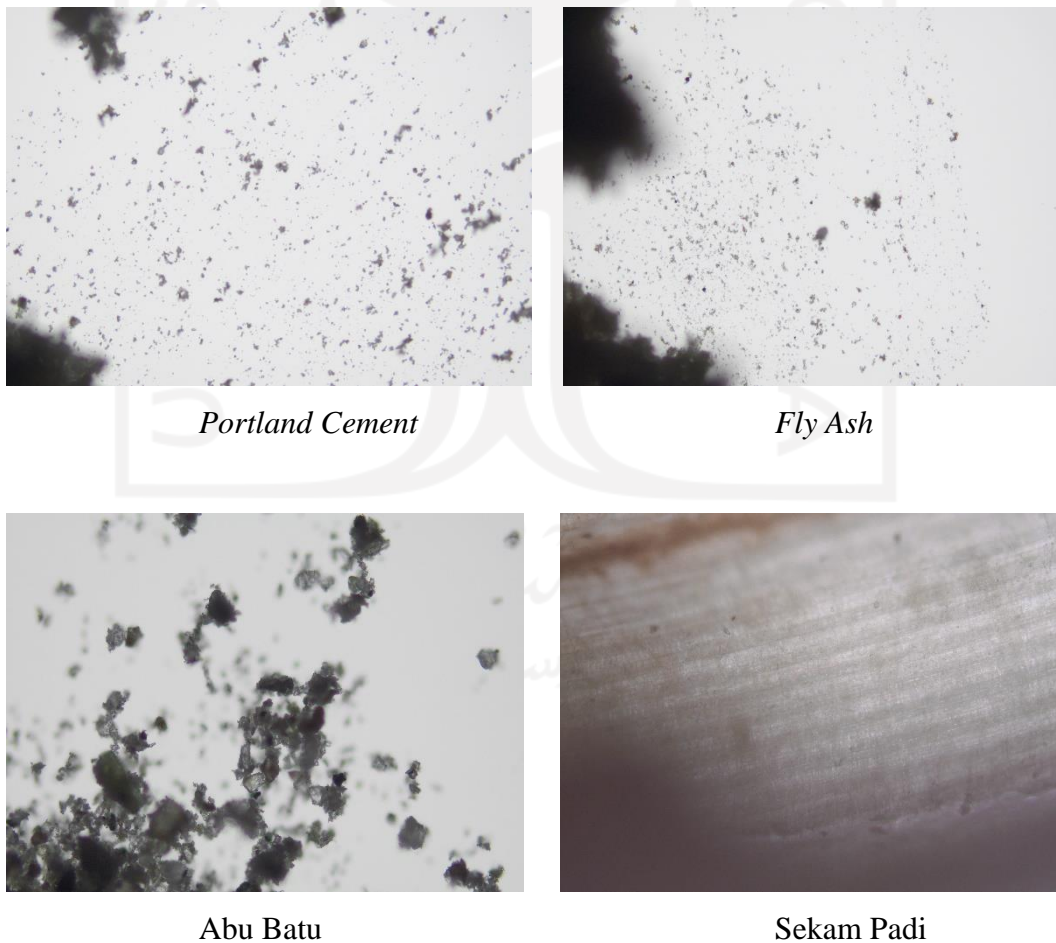
Gambar 5.6 di atas menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi sekam padi, maka semakin tinggi pula nilai redaman panasnya. Nilai redaman panas pada batako sekam padi paling tinggi dimiliki oleh batako sekam padi variasi V dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 6 sebesar 16,95°C. Sedangkan nilai paling rendah yaitu variasi I dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2 sebesar 10,98°C. Kemudian untuk nilai redaman panas pada bata ringan merek Falcon hanya sebesar 4,52°C. Dalam kemampuannya meredam panas, batako sekam padi terbukti lebih tinggi jika dibandingkan dengan bata ringan pabrikan merek Falcon yang dijual di pasaran.

Pada penelitian Fahri (2021), batako sekam padi tanpa tambahan *fly ash* memiliki nilai redaman panas yang lebih rendah daripada batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* yaitu 9,88°C. Hal ini menunjukkan bahwa *fly ash* dapat meredam panas dengan cukup efektif.

5.7 Analisis Rongga Dalam Batako

Untuk mengetahui adanya rongga dan seberapa besar rongga yang terbentuk pada benda uji atau sampel dapat dilakukan dengan mengamatinya menggunakan kamera yang memiliki resolusi mumpuni seperti kamera DSLR (*Digital Single Lens Reflex*). Sebelum dilakukan pengambilan gambar dengan kamera DSLR, benda uji sebelumnya telah diamati terlebih dahulu menggunakan Lup (kaca pembesar).

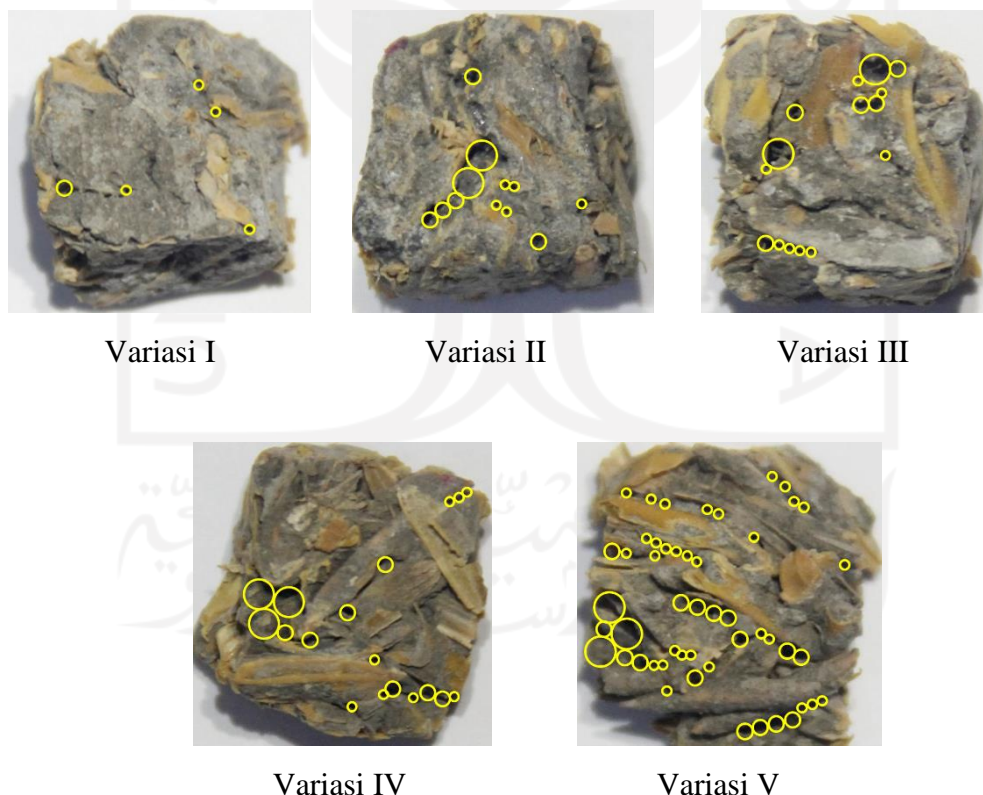
Namun, sebelum dilakukan pengambilan gambar pada benda uji, terlebih dahulu dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop pada seluruh bahan material penyusun batako sekam padi agar dapat diketahui besarnya ukuran bahan penyusun jika diperbesar 100 kali pada mikroskop. Berikut merupakan Gambar 5.6 hasil pengamatan bahan material pada mikroskop.



Gambar 5. 7 Hasil Pengamatan Bahan Penyusun Pada Mikroskop

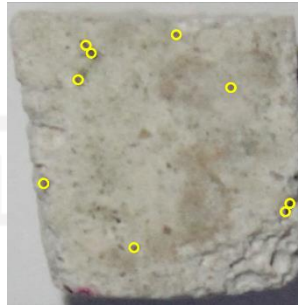
Berdasarkan hasil pengamatan pada mikroskop dengan perbesaran 100 kali, dapat dilihat bahwa semen dan *fly ash* memiliki ukuran partikel yang hampir sama. Sedangkan abu batu memiliki ukuran partikel yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan semen dan *fly ash*. Kemudian untuk sekam padi, ukuran butirannya adalah yang paling besar karena sekam padi memiliki peran yang sama seperti agregat halus.

Setelah masing-masing bahan penyusun diamati dengan mikroskop, hal yang dilakukan selanjutnya adalah pengamatan benda uji. Pengamatan dilakukan menggunakan Lup (kaca pembesar) yang setelah itu gambar benda uji diambil menggunakan kamera DSLR. Pengujian ini dilakukan pada seluruh benda uji termasuk bata ringan sebagai pembanding dengan perbesaran 2,3 kali. Berikut merupakan hasil pengambilan gambar.



Gambar 5. 8 Analisa Rongga Pada Batako Sekam Padi

Sedangkan hasil analisis rongga pada bata ringan merek Falcon disajikan dalam Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Analisa Rongga Pada Bata Ringan Falcon

Kemudian dari hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa semakin banyak proporsi batako sekam padi, maka semakin besar pula rongga yang terbentuk. Rongga pada batako sekam padi lebih besar dibandingkan dengan rongga pada bata ringan Falcon. Hal ini berpengaruh pada besarnya daya serap air yang semakin besar seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada batako sekam padi. Untuk mendapatkan hasil yang kuantitatif dilakukan perhitungan rongga menggunakan besarnya diameter lingkaran yang terbentuk. Berikut merupakan contoh perhitungan pada Variasi I batako sekam padi yang disajikan dalam bentuk persen (%).

- | | | |
|----|-----------------|-------------------|
| a. | Diameter rongga | = 0,5mm |
| | Banyaknya | = 0 |
| | Jumlah | = 0,5 x 0 |
| | | = 0 mm |
| b. | Diameter rongga | = 0,25 mm |
| | Banyaknya | = 1 |
| | Jumlah | = 0,25 x 1 |
| | | = 0,25 mm |
| c. | Diameter rongga | = 0,15 mm |
| | Banyaknya | = 4 |
| | Jumlah | = 0,15 x 4 |
| | | = 0,60 mm |
| d. | Total | = 0 + 0,25 + 0,60 |
| | | = 0,85 mm |

Jumlah rongga dalam benda uji lalu disajikan dalam bentuk Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Jumlah Rongga Pada Benda Uji

Variasi	Banyaknya rongga			Jumlah (mm)
	0,5 mm	0,25 mm	0,15 mm	
	○	◦	◌	
Variasi I	0	1	4	0,85
Variasi II	2	5	5	3,00
Variasi III	2	5	8	3,45
Variasi IV	3	7	8	4,45
Variasi V	3	17	31	10,40
Falcon	0	0	9	1,35

Kemudian, hasil perhitungan tersebut diatas dikonversikan kedalam bentuk persen. Berikut merupakan hasil konversi kedalam bentuk persen seluruh benda uji yang disajikan pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Persentase Rongga Pada Benda Uji

Variasi	Jumlah rongga (%)
Variasi I	4%
Variasi II	13%
Variasi III	15%
Variasi IV	19%
Variasi V	46%
Falcon	6%

Berdasarkan Tabel 5.13, dapat diketahui bahwa semakin banyaknya komposisi sekam padi, maka semakin besar pula rongga yang terbentuk. Batako sekam padi dengan rongga terbanyak adalah Variasi V dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 6, sedangkan rongga yang paling sedikit dimiliki oleh Variasi I dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2. Rongga yang terdapat pada bata ringan merek Falcon lebih sedikit jika dibandingkan dengan batako sekam padi. Banyaknya jumlah rongga dapat mempengaruhi tingginya nilai serapan air dan rendahnya kuat tekan. Namun hal tersebut tidak terlalu mempengaruhi besarnya redaman panas karena adanya sifat bahan material.

5.8 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi didapatkan dengan melakukan analisis terhadap perhitungan kelayakan ekonomi. Harga yang tertera didapatkan dari hasil wawancara terhadap beberapa narasumber terkait serta harga dari Standarisasi Harga Barang dan Jasa Tahun Anggaran 2020 Kabupaten Sleman. Berikut merupakan perhitungan biaya untuk harga pokok produksi batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash*.

1. Menghitung Biaya Alat

a. Alat Utama

1) Harga	= Rp. 25.000.000,-
2) Umur alat	= 5 tahun
3) Nilai sisa	= Rp. 5.000.000,-
4) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
5) Penyusutan	= $\frac{\text{Harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jml hari kerja per tahun}}$
	= $\frac{25.000.000 - 5.000.000}{5 \times 300}$
	= 13.333,- /hari

b. Alat Bantu

1) Cangkul (2)	= Rp. 100.000,-
2) Cetok (1)	= Rp. 15.000,-
3) Ember (3)	= Rp. 30.000,-
4) Harga total	= Rp. 145.000,-
5) Umur alat	= 3 tahun
6) Nilai sisa	= Rp. 0,-
7) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
8) Penyusutan	= $\frac{145.000 - 0}{3 \times 300}$
	= Rp. 161,-/hari

c. Papan Alas

1) Waktu pengerasan batako	= 1 hari
2) Kebutuhan batako/hari	= 150 batako
3) Kebutuhan papan	= 150 papan
4) Harga satuan papan	= Rp. 10.000,-
5) Harga total papan	= Rp. 1.500.000,-
6) Umur papan	= 300 hari
9) Nilai sisa	= Rp. 0,-
7) Penyusutan	= $\frac{1.500.000 - 0}{300}$
	= Rp. 5.000,-/hari

2. Menghitung Biaya Material

Berat tiap material dalam pembuatan 1 batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* dengan komposisi campuran 1:0,5:0,5:2 sebagai berikut.

Semen	= 1,998 kg
Abu batu	= 1,287 kg
<i>Fly ash</i>	= 1,143 kg
Sekam padi	= 0,421 kg

Kebutuhan material 1 batako sekam padi komposisi campuran 1:0,5:0,5:2.

a. Kebutuhan semen portland per hari

Kebutuhan semen untuk 1 batako	= 1,998 kg
Harga semen per zak (40 kg)	= Rp. 45.000,-
Kebutuhan semen per hari	= 1,998 x 150
	= 299,677 kg
	= 300 kg
Kebutuhan zak semen	= $\frac{300}{40}$
	= 7,5 zak
	= 8 zak
Biaya semen per hari	= 8 x 45.000
	= Rp. 360.000,-

b. Kebutuhan abu batu per hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu batu 1 batako} &= 1,287 \text{ kg} \\ &= 1,287 \times \left(\frac{0,975}{1000} \times 10^6\right) \\ &= 0,001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Harga abu batu per m}^3 = \text{Rp. } 125.000,-$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu batu per hari} &= 0,001 \times 150 \\ &= 0,198 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya abu batu per hari} &= 0,198 \times 125.000 \\ &= \text{Rp. } 24.750,-/\text{hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan *fly ash* per hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{fly ash} \text{ 1 batako} &= 1,143 \text{ kg} \\ &= 1,143 \times \left(\frac{0,866}{1000} \times 10^6\right) \\ &= 0,001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Harga } \textit{fly ash} \text{ per m}^3 = \text{Rp. } 572.000,-$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{fly ash} \text{ per hari} &= 0,001 \times 150 \\ &= 0,198 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya } \textit{fly ash} \text{ per hari} &= 0,198 \times 572.000 \\ &= \text{Rp. } 113.256,- \end{aligned}$$

d. Kebutuhan sekam padi per hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan sekam padi 1 batako} &= 0,421 \text{ kg} \\ &= 0,421 \times \left(\frac{0,080}{1000} \times 10^6\right) \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Harga sekam padi per m}^3 = \text{Rp. } 10.000,-$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan sekam padi per hari} &= 0,005 \times 150 \\ &= 0,792 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya sekam padi per hari} = \text{Rp. } 7.920,-$$

$$\text{e. Total biaya material} = \text{Rp. } 506.489,-/\text{hari}$$

3. Menghitung biaya bangunan

$$\text{a. Harga beeli bangunan} = \text{Rp. } 10.000.000,-$$

$$\text{b. Umur bangunan} = 5 \text{ tahun}$$

- c. Nilai sisa bangunan = Rp. 0,-
- d. Jumlah hari kerja per tahun = 300 hari
- e. Penyusutan = $\frac{10.000.000}{5 \times 300}$
= Rp. 6.667,-
4. Menghitung upah tenaga kerja
- a. Jumlah pekerja = 2 orang
- b. Upah pekerja = Rp. 100.000,-
- c. Total upah pekerja = Rp. 200.000,-
5. Menghitung biaya konsumsi
- a. Uang makan = Rp. 25.000,-
- b. Total uang makan = Rp. 50.000,-
6. Menghitung biaya operasional
- a. Biaya listrik dan air per bulan = Rp. 200.000,-
- b. Jumlah hari kerja per bulan = 25 hari
- c. Biaya listrik dan air per hari = Rp. 8.000,-/hari
7. Menghitung biaya Tunjangan Hari Raya (THR)
- a. Jumlah pekerja = 2 orang
- b. THR per pekerja = Rp. 250.000,-
- c. Total THR = Rp. 500.000,-
- d. Jumlah hari kerja per tahun = 300 hari
- e. Tabungan THR = Rp. 1.667,-
8. Rekapitulasi pengeluaran harian
- b. Biaya alat utama = Rp. 13.333,-
- c. Biaya alat bantu = Rp. 161,-
- d. Biaya papan = Rp. 5.000,-
- e. Biaya material = Rp. 506.489,-
- f. Biaya bangunan = Rp. 6.667,-
- g. Upah tenaga kerja = Rp. 200.000,-
- h. Biaya koonsumsi = Rp. 50.000,-
- i. Biaya operasional = Rp. 8.000,-
- j. Tunjangan hari raya = Rp. 1.667,-

- k. Total pengeluaran per hari = Rp. 791.317,-
9. Menghitung biaya pokok produksi (HPP) lapangan
Produksi batako diasumsikan 150 buah per hari dan habis terjual.
- a. Produksi batako per hari = 150 buah
- b. Total biaya pengeluaran = Rp. 791.317,-
- c. HPP lapangan = $\frac{791.317}{150}$
= Rp. 5.276,-
- d. PPN 11% = 5.276 x 11%
= Rp. 580,-
- e. Harga dasar batako = Rp. 5.857,-
- f. Margin perusahaan (20%) = 5.857 x 20%
= Rp. 1.171,-
- g. Harga jual batako = Rp. 7.028,-/buah
10. Menghitung penghasilan produksi dan keuntungan
- a. Produksi batako per hari = 150 buah/hari
- b. Harga jual batako sekam padi = Rp. 7.028,-
- c. Total pemasukan per hari = Rp. 1.054.260,-
- d. Keuntungan per hari = Rp. 175.710,-
- e. Keuntungan per bulan = Rp. 4.392.750,-
- f. Keuntungan per tahun = Rp. 52.713.000,-
11. Menghitung *Break Event Point* (BEP)
- a. Modal Awal
- 1) Alat press dan Mixer = Rp. 25.000.000,-
 - 2) Cangkul (2) = Rp. 100.000,-
 - 3) Cetok (1) = Rp. 15.000,-
 - 4) Ember (3) = Rp. 30.000,-
 - 5) Papan (150) = Rp. 1.500.000,-
 - 6) Harga bangunan = Rp. 10.000.000,-
 - 7) Total = Rp. 36.645.000,-

b. *Break Event Point (BEP)*

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}} \\
 &= \frac{36.645.000}{7.028 - 5.857} \\
 \text{BEP per buah jika diasumsikan laku dijual} &= 31.284 \text{ buah} \\
 \text{BEP dalam hari} &= \frac{31.284}{150} \\
 &= 209 \text{ hari} \\
 \text{BEP dalam bulan} &= \frac{209}{25} \\
 &= 8,36 \text{ bulan} \\
 \text{BEP dalam tahun} &= \frac{8,36}{12} \\
 &= 0,70 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

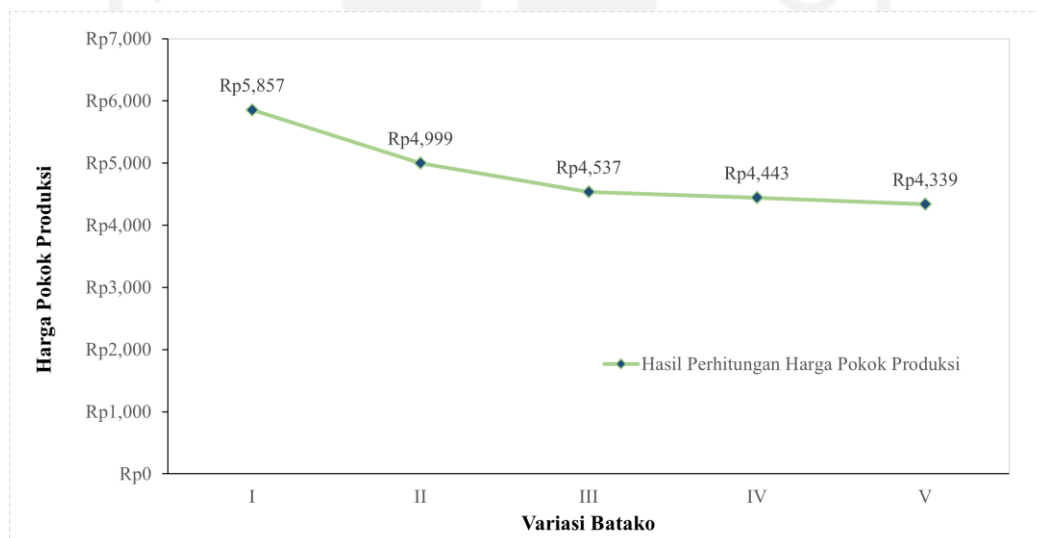
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, untuk memproduksi 150 buah batako per hari dibutuhkan biaya produksi sebesar Rp. 791.317,- dan harga pokok produksi lapangan sebesar Rp. 5.276,- per buah. Sedangkan jika harga yang dijual dipasaran sebesar Rp. 7.028 per buah, maka akan menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 175.710,- per hari dan Rp. 52.713.000,- per tahun. Dengan demikian, hasil perhitungan BEP menghasilkan masa investasi kurang dari 1 tahun. Namun dengan catatan produksi batako 150 buah/hari laku terjual seluruhnya, serta proses produksi dianggap lancar dari mulai proses pembuatan hingga penjualan.

Perhitungan diatas merupakan contoh perhitungan keseluruhan harga pokok produksi untuk batako sekam padi variasi I dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2. Untuk perhitungan pada komposisi campuran lain digunakan cara yang sama dengan cara yang telah dilakukan diatas dengan menyesuaikan jumlah komposisinya. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan harga pokok produksi pada pembuatan batako sekam padi.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi

Variasi	Harga Pokok Produksi (Rp)	Harga Jual per buah (Rp)	BEP (tahun)
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:2	5.857	7.028	0,70
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:3	4.999	5.999	0,82
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:4	4.537	5.444	0,90
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:5	4.443	5.332	0,92
Batako sekam padi 1:0,5:0,5:6	4.339	4.849	1,01

Rekapitulasi hasil perhitungan harga pokok produksi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.9 berikut.

**Gambar 5.10 Grafik Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi**

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa harga pokok produksi batako sekam padi yang paling tinggi sebesar Rp. 5.857,- dan harga jual per buah Rp. 7.028,- dengan komposisi campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2. Harga tersebut akan menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 52.713.000,- per tahun dengan nilai BEP 0,70 tahun.

5.9 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Dapat diketahui bahwa penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* ini dapat bersaing dengan bata ringan pabrikan atau tidak. Hal tersebut dianalisis berdasarkan banyak aspek, seperti besarnya modal, produktivitas hingga kualitas batako itu sendiri. Setelah dilakukan proses analisis dan pengolahan data, hasilnya menunjukkan bahwa variasi batako yang memenuhi syarat kuat desak SNI hanya 1 yaitu variasi dengan komposisi campuran 1 PC : 0,5 FA : 0,2 AB : 2 SP, dengan besar kuat desak rata-rata sebesar 29,583 kg/cm². Nilai tersebut sudah memenuhi nilai minimal dari SNI yaitu 25 kg/cm². Kuat desak batako sekam padi tersebut juga lebih besar dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon yang memiliki kuat desak sebesar 26 kg/cm².

Namun, seiring dengan besarnya kuat desak rata-rata batako sekam padi, berat volume nya pun juga besar. Berat volume rata-rata dari variasi campuran 1 PC : 0,5 FA : 0,2 AB : 2 SP yaitu 1255,30 kg/m³. Nilai tersebut jauh melebihi berat volume rata-rata dari bata ringan merek Falcon yang hanya sebesar 856,667 kg/m³. Sedangkan kemampuannya untuk meredam panas rata-ratanya sebesar 10,98°C. Berikut merupakan Tabel 5.15 yang menyajikan hasil rekapitulasi perbandingan mutu batako sekam padi dengan bata ringan merek Falcon.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Mutu dan Biaya

Komposisi Campuran	Kuat Desak	Persentase Penyerapan Air	Redaman Panas	Berat Volume rata-rata	Harga Jual per buah
	(kg/cm ²)	(%)	(°C)	(kg/m ³)	(Rp)
1 : 0,5 : 0,5 : 2	29,583	19,038	10,98	1255,303	7.028
1 : 0,5 : 0,5 : 3	22,010	20,707	12,39	1241,098	5.999
1 : 0,5 : 0,5 : 4	12,135	22,329	13,87	985,795	5.444
1 : 0,5 : 0,5 : 5	7,467	22,748	15,97	917,614	5.332
1 : 0,5 : 0,5 : 6	3,883	23,417	16,95	793,750	4.849
Falcon	26,000	38,477	4,52	856,667	10.000

Jika dilihat dari tabel diatas, komposisi campuran batako dengan spesifikasi terbaik adalah batako sekam padi variasi I dengan komposisi campuran 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 2 SP. Selain karena nilai kuat desaknya yang paling tinggi, harga jualnya pun cukup terjangkau jika dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon. Selain itu, besarnya berat volume batako sekam padi pada variasi I juga dapat dikategorikan sebagai bata ringan karena memiliki berat volume rata-rata $<1400 \text{ kg/m}^3$. Semakin banyak komposisi campuran sekam padi, maka nilai penyerapan airnya semakin tinggi. Namun, harga jual dan nilai kuat desaknya akan semakin menurun.

5.10 Analisis Perbandingan Kelayakan Harga

Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data pada seluruh sampel, hasilnya kemudian dibandingkan. Untuk membandingkan harga di pasaran, dilakukan *survey* harga di beberapa lokasi. Batako sekam padi dengan *fly ash* memiliki ukuran yang relatif sama dengan batako pejal biasa, yaitu 40 cm x 22 cm x 12 cm. Spesifikasi terbaik dimiliki oleh batako sekam padi variasi I dengan nilai kuat desak tertinggi yaitu $29,583 \text{ kg/cm}^2$, nilai redaman panas $10,98^\circ\text{C}$; daya serap air 19.038% serta harga jual Rp. 7.028,- per buah. Sedangkan bata ringan merek Falcon yang dibeli di Kasongan, Bantul dengan dimensi 60 cm x 10 cm x 20 cm memiliki kuat desak sebesar 26 kg/cm^2 , nilai redaman panas $4,52^\circ\text{C}$; daya serap air 38,477% dijual dengan harga Rp. 10.000,- per buah.

Setelah didapatkan harga per buah dari seluruh variasi dan bata ringan, kemudian dihitung harga per m^3 agar keduanya dapat dibandingkan. Harga batako sekam padi per buah adalah Rp. 7.028,- dengan dimensi 40 cm x 12 cm x 22 cm, sehingga harga per m^3 nya menjadi Rp. 665.568,-. Sedangkan bata ringan merek Falcon dengan dimensi 60 cm x 10 cm x 20 cm dijual dengan harga Rp. 833.333,- per m^3 . Jika dikonversikan dengan ukuran yang sama dengan batako sekam padi, yaitu 40 cm x 12 cm x 22 cm atau 10560 cm^3 , maka akan diperoleh batako merek Falcon dengan harga Rp. 8.800,- per buah. Kemudian, diketahui bahwa dimensi batako *press* pada umumnya adalah 40 cm x 9 cm x 20 cm atau 7200 cm^3 dengan harga Rp. 3.600,- per buah, sehingga jika dikonversikan terhadap ukuran batako

sekam padi akan diperoleh harga batako biasa di pasaran sebesar Rp. 5.280,- per buah.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa harga bata ringan merek Falcon memiliki harga yang cukup tinggi sebesar Rp. 8.800,- per buah, sedangkan harga batako sekam padi berada diantara harga bata ringan merek Falcon dan batako *press* biasa, yaitu Rp. 7.028,- per buah. Kemudian, batako *press* biasa memiliki harga paling rendah, yaitu Rp. 5.280,- per buah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa harga batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* masih lebih rendah 25,2% jika dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon. Sedangkan jika dibandingkan dengan harga batako *press* biasa, maka harga batako sekam padi lebih tinggi 24,9%. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan semen yang lebih sedikit karena batako sekam padi menggunakan bahan tambah *fly ash* serta proses produksi yang lebih sederhana. Berikut merupakan hasil perbandingan penelitian batako yang telah dikonversikan dan disajikan dalam bentuk Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Perbandingan Penelitian Batako (Konversi)

Variasi Batako	Bata Ringan (Falcon)	Batako Konvensional	Batako Sekam Padi
Metode Pencetakan	Alat modern, pabrik	Dicetak dengan mesin press	Dicetak dengan mesin press
Hasil	>1000	300	150
Pekerja	>100	2	2
Harga Jual	Rp. 8.800	Rp. 5.280	Rp. 7.028

Jika dilihat dari proses produksinya, bata ringan merek Falcon dapat menghasilkan produk bata ringan yang lebih rapi karena diproduksi menggunakan mesin modern. Namun, proses produksi menggunakan alat yang sederhana akan menghasilkan batako yang presisi dan minim cacat.

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai kuat desak sebesar 29,583 kg/cm² pada batako sekam padi variasi I dan 3,883 kg/cm² pada batako sekam padi variasi V, sehingga untuk menghitung besarnya harga kenaikan per 1 kg/cm² adaah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Selisih kuat desak} &= 29,583 - 3,883 \\ &= 25,700 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih HPP} &= 5.857 - 4.339 \\ &= \text{Rp. 1.518,-} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga kenaikan per } 1 \text{ kg/cm}^2 &= \frac{1.518}{25,700} \\ &= \text{Rp. 59,-} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa besarnya kenaikan harga per kenaikan 1 kg/cm^2 pada kuat desak batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* sebesar Rp. 59,-. Sedangkan pada penelitian Fahri (2021) pembuatan batako sekam padi tidak diberi bahan tambah *fly ash*, namun hanya menggunakan semen. Dengan cara yang sama dengan cara di atas, dilakukan perhitungan untuk mencari besarnya kenaikan per 1 kg/cm^2 , maka hasilnya adalah.

$$\begin{aligned} \text{Selisih kuat desak} &= 13,800 - 2,500 \\ &= 11,300 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih HPP} &= 5.500 - 4500 \\ &= \text{Rp. 1.000,-} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga kenaikan per } 1 \text{ kg/cm}^2 &= \frac{1.000}{11,300} \\ &= \text{Rp. 89,-} \end{aligned}$$

Berdasarkan seluruh perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa besarnya nilai kenaikan per 1 kg/cm^2 pada batako sekam padi dengan tambahan *fly ash* yaitu sebesar Rp. 59,-. Sedangkan untuk batako sekam padi tanpa tambahan *fly ash* adalah sebesar Rp. 89,-. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada komposisi campuran batako sekam padi untuk menjaga kekuatan batako dan menurunkan harga produksi dinilai cukup efektif.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* memiliki kuat desak yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan batako sekam padi tanpa bahan tambah *fly ash*. Batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* yang memiliki spesifikasi paling optimal adalah batako variasi I dengan komposisi campuran 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 2 SP dengan kuat desak sebesar 29,583 kg/cm² yang telah memenuhi standar SNI yaitu 25 kg/cm². Berat rata-rata volumenya sebesar 1255,30 kg/m³ yang telah sesuai dengan persyaratan batako ringan karena nilainya <1.400 kg/m³. Besar nilai serap airnya adalah 19,04%, dimana nilai tersebut masuk ke dalam kategori mutu I berdasarkan SNI.
2. Harga jual batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash* komposisi campuran 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 2 SP sebesar Rp. 7.028,- per buah atau Rp. 665.568,- per m³. Harga tersebut lebih tinggi 24,9% jika dibandingkan dengan batako *press* biasa, namun 25,2% lebih rendah daripada bata ringan merek Falcon.
3. Nilai redaman panas paling tinggi dimiliki oleh batako sekam padi variasi V dengan komposisi campuran 1 PC : 0,5 AB : 0,5 FA : 6 SP yaitu sebesar 16,95°C yang kemudian menurun seiring dengan semakin rendahnya jumlah komposisi sekam padi.
4. Bata ringan dengan merek Falcon memiliki kuat tekan sebesar 26 kg/cm² yang telah memenuhi persyaratan SNI namun masih lebih rendah daripada batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash*. Daya serap air bata ringan Falcon sebesar 38,48% yang melebihi standar SNI yakni 25%. Sedangkan nilai berat volumenya cukup rendah yaitu 856,67 kg/m³ dan besarnya nilai redaman panas adalah 4,52°C kedua nilai tersebut lebih kecil jika

dibandingkan dengan batako sekam padi dengan *fly ash*. Bata ringan Falcon dijual dipasaran dengan harga Rp. 8.800,- per buah (setelah dikonversi), harga tersebut lebih mahal daripada harga jual batako sekam padi dengan bahan tambah *fly ash*.

6.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan olah data yang telah dilakukan, berikut merupakan beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Dalam proses pembuatan benda uji, diharapkan dapat lebih detail agar menghasilkan batako sekam padi dengan kualitas yang baik dan campurannya merata serta minim cacat.
2. Untuk meninjau suhu didalam batako, maka disarankan untuk menanamkan *thermocouple* pada saat uji redaman panas.
3. Untuk dapat bersaing dengan harga batako konvensional, dapat menambahkan alternatif bahan material yang lebih terjangkau namun tidak mengurangi kekuatan batako itu sendiri.
4. Besar dan jumlah rongga pada batako tidak mempengaruhi besarnya redaman panas, namun hal tersebut dapat dibuktikan jika dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap konduktivitas sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R., Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. (2019)
- Basry, W., & Amir, Y. Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi. *Siimo Engineering: Journal Teknik Sipil*, 3(1), 11-16. (2019)
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., Wardani, A. Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1). (2014)
- Fahri, M. Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, Dan Redaman Panas. (2021).
- Hesti, S. I. Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu sebagai Penggati Pasir, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia. (2014).
- Ismail, M. S, dan Waliudin. A. M. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete, *Construction and Building Material*. 10(11): 521 – 526. (1996).
- Nasional, B. S. SNI 03-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*. (1989).
- Neville, A. Chloride attack of reinforced concrete: an overview. *Materials and Structures*, 28(2), 63-70. (1995).
- Ramadhani, M. P. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Damdex Pada Material Batako Sekam Padi Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, Dan Redaman Panas (Doctoral dissertation). (2022).
- Setiawati, M. Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Prosiding Semnastek*. (2018).
- Sumaryanto, D., Satyarno, I., & Tjokrodimulyo, K. Batako sekam padi komposit mortar semen. In *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* (Vol. 19, No. 1, pp. 1009-1020). (2009, November).
- Tjokrodimuljo, K. Teknologi beton, Bahan Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Terbitan Pertama. Nafiri. Yogyakarta. (1996).
- Umum, D. P. Persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia (PUBI 1982). *Pusat Pengembangan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan PU. Bandung*. (1982).

Wijanarko, W. Analisis Penambahan Jerami Padi dalam Bentuk Block atau Kotak Sebagai Bahan Pengisi Batako Berlubang. *Skripsi Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan Universitas Sebelas Maret. Surakarta.* (2008)

Winarno, S. Comparative strength and cost of rice husk concrete block. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 280, p. 04002). EDP Sciences. (2019).

Winarno, S. Preliminary Study on Hand-cast Lightweight Concrete Block using Raw Rice Husk as Aggregate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 933, No. 1, p. 012005). IOP Publishing. (2021).



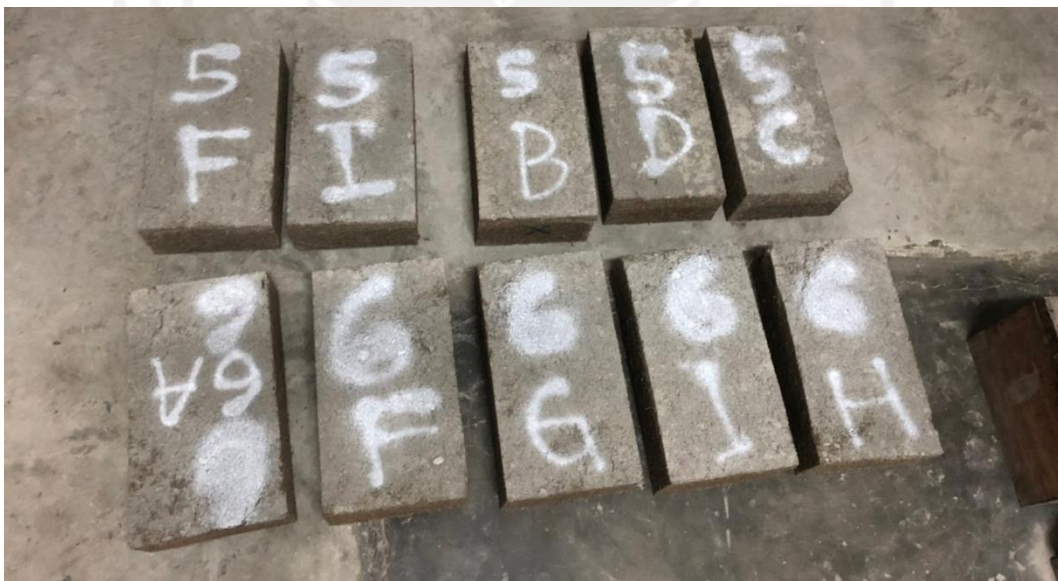


LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji



Gambar L 1. 1 Batako Sekam Padi Tambahan *Fly Ash* Setelah Dicetak



Gambar L 1. 2 Batako Sekam Padi Tambahan *Fly Ash* Sebelum Uji Desak



Gambar L 1. 3 Bata Ringan Falcon



Gambar L 1. 4 Pengukuran Berat Batako Sekam Padi

Lampiran 2 Uji Kuat Desak



Gambar L 2. 1 Pengujian Kuat Desak Batako Sekam Padi



Gambar L 2. 2 Batako Sekam Padi Setelah Pengujian Kuat Desak



Gambar L 2. 3 Pengujian Kuat Desak Bata Ringan Falcon

Lampiran 3 Uji Serap Air



Gambar L 3. 1 Batako Sekam Padi Variasi III Setelah Dipotong



Gambar L 3. 2 Bata Ringan Falcon Setelah Dipotong



Gambar L 3. 3 Perendaman Benda Uji



Gambar L 3. 4 Penyekaan Permukaan Benda Uji



Gambar L 3. 5 Pengeringan Benda Uji dengan Oven



Gambar L 3. 6 Penimbangan Benda Uji Kondisi Basah

Lampiran 4 Uji Redaman Panas



Gambar L 4. 1 Penjemuran Benda Uji



Gambar L 4. 2 Pengukuran Suhu Menggunakan *Thermocouple*