

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENAMBAHAN DAMDEX PADA MATERIAL
BATAKO SEKAM PADI TERHADAP ASPEK TEKNIS,
BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN PANAS
(*EXPERIMENTAL STUDY ON ADDITIONAL DAMDEX
TO THE RICE HUSK CONCRETE BLOCK MATERIAL
ON THE ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION
COST, AND THERMAL ABSORPTION*)**

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



**Milenia Putri Ramadhani
18511167**

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

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN DAMDEX PADA MATERIAL BATAKO SEKAM PADI TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN PANAS (*EXPERIMENTAL STUDY ON ADDITIONAL DAMDEX TO THE RICE HUSK CONCRETE BLOCK MATERIAL ON THE ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION COST, AND THERMAL ABSORPTION*)

Disusun Oleh

Milenia Putri Ramadhani

18511167

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

Diuji pada tanggal 15 Agustus 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

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

Penguji 1



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

Penguji 2

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

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



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 13 Juli 2022
Yang membuat pernyataan,



Milenia Putri Ramadhani
(18511167)

ABSTRAK

Kebutuhan masyarakat akan bahan bangunan tidak pernah surut. Ini mendorong para ahli untuk menghasilkan produk inovatif yang murah dan bermanfaat. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah sekam padi sebagai agregat. Sekam merupakan bahan sisa dari proses penggilingan padi yang penghancuran limbahnya secara alami berlangsung lambat. Pada penelitian ini sekam akan digunakan untuk menggantikan penggunaan pasir pada pembuatan batako. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penambahan bahan kimia mempengaruhi aspek teknis, biaya produksi dan redaman panas pada batako sekam padi.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental berupa pemeriksaan bahan, pembuatan sampel dan pengujian. Bahan susunnya meliputi semen, abu batu, sekam padi dan Damdex yang dicampur dalam berbagai variasi. Sesuai dengan SNI 03-0349-1989, pengujian yang dilakukan meliputi kuat desak, penyerapan air. Selain itu, akan dilakukan pengujian redaman panas serta dihitung harga pokok produksinya sehingga dapat dibandingkan dengan harga batako yang ada di pasaran. Penelitian ini juga menguji Bricon dengan pengujian yang sama dengan batako sekam padi yang ditambah Damdex sebagai material control.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa selisih kuat tekan 4,226 kg/cm² (batako variasi 1) ke 5,641 kg/cm² (batako variasi 5), terdapat kenaikan kuat tekan yang tidak signifikan, yaitu hanya 1,415 kg/cm². Sementara itu, selisih harga pokok produksi batako variasi 1 ke batako variasi ke 5 adalah Rp. 5.824,- dengan selisih kuat desaknya sebesar 1,415 kg/cm². Sehingga terdapat kenaikan harga Rp.4.115,90,- per kenaikan 1 kg/cm² dalam kuat desak batako. Pada akhirnya, apabila diperlukan kenaikan kuat tekan batako, lebih hemat dengan penambahan semen saja.

Kata kunci : batako sekam padi, bahan kimia, kuat desak, serapan air, redaman panas, harga produksi

ABSTRACT

The community's need for building materials has never diminished. This encourages experts to come up with innovative products that are affordable and useful. One is the use of rice husk scraps as a concrete block aggregate. One is the use of rice husk waste as an aggregate. The husk is a residual material from the rice milling process, which is naturally slow to decay. In this study, rice husk is used instead of the use of sand in the production of concrete block. The aim of this study was to determine whether the addition of chemicals affects the technical aspects, production costs and thermal absorption of rice husk concrete block.

This research uses experimental methods in the form of material testing, sample fabrication and testing. Ingredients include cement, stone ash, rice husks and Damdex mixed together in different variations. According to SNI 03-0349-1989, the tests performed include compressive strength, water absorption. In addition, a heat loss test is carried out and the production cost is calculated in order to compare it with the price of concrete block in the market. This study also tested Bricon with the same test using rice husk stones to which Damdex was added as the control material.

The results of this test show that the difference in compressive strength from 4.226 kg/cm² (brick variant 1) to 5.641 kg/cm² (brick variant 5) represents an insignificant increase in compressive strength, amounting at only 1.415 kg/cm². Meanwhile, the difference in production costs of Variant 1 bricks compared to Variant 5 bricks is Rs. 5,824 with a compressive strength difference of 1,415 kg/cm². This means that the price increases by Rp. 4,115.90 per 1 kg/cm² increase in the compressive strength of the brick. Finally, if it is necessary to increase the compressive strength of the bricks, it is more economical to add only cement.

Keywords : rice husk brick, chemical additive, compressive strength, water absorption, thermal insulation, cost of production

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Damdex pada Material Batako Sekam Padi terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan 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 penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing
2. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I
3. Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II
4. Bapak dan Ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Stevany A, Octaviani G, Annisa N, Muafi F, dan Rizal R selaku rekan satu tim penelitian.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Juli 2022
Penulis,

Milenia Putri Ramadhani
18511167

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.1.1 Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen	7
2.1.2 Batako Sekam Padi Berlubang dengan Filler dan Tanpa Pasir	9
2.1.3 Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi	9
2.1.4 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual	11
2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan	12
BAB III LANDASAN TEORI	17
3.1 Batako	17

vii

3.2	Material Penyusun Batako	21
3.2.1	Semen Portland	21
3.2.2	Air	22
3.2.3	Sekam Padi	22
3.2.4	Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggergajian Batu	23
3.2.5	Bahan Kimia Tambah	23
3.3	Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan	24
3.3.1	Uji Kuat Desak	24
3.3.2	Uji Penyerapan Air	26
3.3.3	Uji Redaman Panas	26
3.3.4	Pengujian SEM	27
3.4	Harga Pokok Produksi	28
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Umum	31
4.2	Pelaksanaan Penelitian	31
4.2.1	Tahap Persiapan Penelitian	31
4.2.2	Perencanaan Komposisi	34
4.2.3	Pelaksanaan Penelitian	35
4.3	Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	41
4.3.1	Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi	41
4.3.2	Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium	41
4.3.3	Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi	47
4.3.4	Tahap Analisis Data dan Pembahasan	47
4.3.5	Tahap Kesimpulan	48
4.3.6	Bagan Alir Penelitian	48
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		50
5.1	Tinjauan Umum	50
5.2	Pengujian Bahan – Bahan Susun	50
5.3	Perhitungan Kebutuhan Campuran	54
5.4	Pengujian Kuat Desak Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah	
	Damdex	56

5.5 Pengujian Penyerapan Air Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah Damdex	58
5.6 Pengujian Redaman Panas Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah Damdex	62
5.7 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	66
5.8 Perhitungan Harga Pokok Produksi	67
5.9 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu	74
5.10 Analisis Perbandingan Kelayakan Harga	75
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1	Syarat-syarat Fisik Bata Beton	19
Tabel 3.2	Ukuran Bata Beton	20
Tabel 3.3	Kandungan Kimia Sekam Padi	22
Tabel 4.1	Komposisi Bahan Susun Batako	34
Tabel 5.1	Pemeriksaan Bahan-Bahan Susun	50
Tabel 5.2	Berat Bahan	51
Tabel 5.3	Hasil Hitungan Berat Volume Batako	53
Tabel 5.4	Perbandingan Campuran pada Batako Sekam Padi	54
Tabel 5.5	Komposisi Campuran Batako Sekam Padi	56
Tabel 5.6	Hasil Kuat Desak dan Berat Volume	57
Tabel 5.7	Hasil Uji Penyerapan Air Batako Sekam Padi	59
Tabel 5.8	Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Penyerapan Air	61
Tabel 5.9	Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi dan Bricon	63
Tabel 5.10	Hasil Uji Redaman Panas Batako	64
Tabel 5.11	Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Bricon	74
Tabel 5.12	Hasil Perbandingan Penelitian Batako (dikonversikan)	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batako Sekam Padi Dilapisi Plester Mortar Semen	7
Gambar 2.2	Batako Sekam Padi Berlubang	10
Gambar 3.1	Batako Pejal	18
Gambar 3.2	Batako Berlubang	18
Gambar 3.3	Skema Uji Desak	26
Gambar 4.1	Alat Mixer Machine	32
Gambar 4.2	Alat Press Machine	32
Gambar 4.3	Alat Cetak Batako	33
Gambar 4.4	Bahan Batako	35
Gambar 4.5	Pembersihan Alat Mixer Machine	36
Gambar 4.6	Pencampuran Bahan dengan Alat Mixer Machine	37
Gambar 4.7	Bahan Batako yang Sudah Tercampur Rata	37
Gambar 4.8	Papan Kayu	38
Gambar 4.9	Batako Press yang Utuh	39
Gambar 4.10	Penataan Batako Setelah Dicitak	40
Gambar 4.11	Tumpukkan Batako Sehari Setelah Dicitak	40
Gambar 4.12	Pengukuran Berat Batako	42
Gambar 4.13	Batako Diletakkan pada Alat Desak	43
Gambar 4.14	Potongan Batako dalam 1 Sampel	44
Gambar 4.15	Penggelapan Permukaan Batako	45
Gambar 4.16	Titik Pemasangan Kabel Thermocouple	46
Gambar 4.17	Peletakan Kabel Thermocouple	46
Gambar 4.18	Bagan Alir Penelitian	49
Gambar 5.1	Batako Pejal	51
Gambar 5.2	Volume Ember Ukur	52
Gambar 5.3	Kurva Kuat Tekan Batako dan Bricon	58
Gambar 5.4	Kurva Penyerapan Air Batako	61

Gambar 5.5	Hasil foto (pembesaran 5000x) Metode SEM 5000x untuk Batako Sekam Padi Variasi I-V	66
Gambar 5.6	Hasil foto (pembesaran 5000x) Metode SEM untuk Bata Bricon	66
Gambar 5.7	Kurva Redaman Panas	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Benda Uji	83
Lampiran 2	Pengujian Kuat Desak	84
Lampiran 3	Pengujian Penyerapan Air	85
Lampiran 4	Pengujian Redaman Panas	87
Lampiran 5	Pengujian SEM	87

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat Desak (kg/cm^2)
P	= Beban Maksimum (kg)
A	= Luas Penampang (cm^2)
BV	= Berat Volume (gr/cm^3)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i> / Jenuh Kering Permukaan
PC	= Portland Cement
Fas	= Faktor Air Semen

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklm tropis di Indonesia menyebabkan tipikal rumah rumah hunian di Indonesia harus didesain untuk terpapar sinar matahari sepanjang tahun. Untuk itu, pemilihan material dinding sudah semestinya mempertimbangkan tingkat redaman panas. Selain dikaitkan dengan redaman panas, material dinding sering dipilih dari bahan yang relatif ringan agar memudahkan dan mempercepat proses pemasangan konstruksi dindingnya.

Seperti yang sudah diketahui bersama, salah satu bahan material pembuat dinding yang sudah populer dan menjadi pilihan masyarakat di Indonesia sampai dengan saat ini adalah batu bata dan batako. Batako adalah bahan beton terbuat dari campuran semen, pasir, agregat dan air dengan berbagai macam perbandingan komposisinya, yang mana berat volume rata-rata $> 2000 \text{ kg/m}^3$, dengan kuat desak bervariasi 3 MPa – 5 MPa (SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding). Ditinjau dari berat volumenya, batako tergolong cukup berat sehingga untuk proses instalasi sebagai konstruksi dinding memerlukan tenaga yang cukup kuat dan waktu yang lama Simbolon (2009).

Berat volume batako ini dapat dikurangi yaitu dalam pembuatannya dengan mencampurkan dalam adukan batako berupa bahan-bahan yang ringan seperti sekam padi, ijuk, ampas tebu, batu apung, serat kelapa, serutan bambu, atau styrofoam sebagai komponen agregat. Sekam padi merupakan limbah organik yang berasal dari proses penggilingan padi yang sekarang ini belum optimal pemanfaatannya. Proses penggilingan padi menghasilkan limbah sekam padi sekitar 20-30%, dedak 8-12% dan beras giling 52%. Berdasarkan data dari Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan (2020), di Indonesia terdapat 54,65 juta ton hasil padi kering, berarti akan menghasilkan sekitar 16,39 juta ton sekam padi (atau sekitar 30% dari padi kering). Jumlah sekam padi yang melimpah di Indonesia menunjukkan fakta bahwa sekam padi ini merupakan tantangan baru dengan

menggunakannya sebagai agregat pada pembuatan batako yang memenuhi standar teknis sesuai SNI Nomor 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Dalam beberapa tahun belakangan ini, pemanfaatan limbah sudah banyak dilakukan penelitian, terutama sisa hasil pertanian untuk material batako atau beton. Beberapa contoh beton ramah lingkungan dengan menggunakan sekam padi untuk bahan susun batako berlubang telah diteliti oleh Winarno (2018), dimana kuat desak batako yang memenuhi SNI (Standar kuat desak batako berlubang minimum = 17 kg/cm^2) tercapai pada komposisi: 1 semen, 0,63 filler, 6 sekam padi dengan kuat desak hasil pengujian rata-rata adalah $17,59 \text{ kg/cm}^2$ dan berat volume 1018 kg/m^3 . Winarno (2018) juga mengungkapkan bahwa proses pencetakan batako dalam penelitian ini dilakukan dengan dicetak pada posisi berdiri dengan tinggi 20 cm. Proses produksi batako sekam padi dengan posisi berdiri seperti di atas sangat rawan terjadi keretakan sehingga pemindahan batako segar dari mesin cetak ke tempat rak pengerasannya dilakukan secara manual oleh tukang cetak dan harus diangkat dengan hati-hati. Untuk menjamin batako segar dalam kondisi utuh dan tanpa cacat dan proses produksinya cepat, proses pencetakan batako sekam padi dengan posisi tidur adalah salah satu solusi yang terbaik.

Dalam penelitian batako pejal dengan sekam padi ditemukan bahwa pada komposisi campuran semen dan sekam padi (tanpa pasir) sebesar 1 semen dan 0,43 sekam padi dalam perbandingan berat akan menghasilkan kuat desak yang rendah, yaitu sebesar 1,12 MPa (atau sekitar $11,2 \text{ kg/cm}^2$), tetapi menghasilkan berat volume yang rendah, yaitu sebesar 799 kg/cm^3 (Sumaryanto dkk, 2009). Dalam penelitian batako pejal dengan sekam padi sebagai agregat dengan perbandingan volume semen, pasir, dan sekam padi sebesar 1 : 1 : 7 menghasilkan kuat desak sebesar $37,41 \text{ kg/cm}^2$, tetapi batako ini memiliki berat volume yang tinggi sebesar 2226 kg/m^3 Budirahardjo dkk (2014). Standar kuat desak minimum batako pejal adalah 25 kg/m^2 , sehingga penelitian Sumaryanto dkk (2009) tidak memenuhi syarat SNI tentang kuat desak, sedangkan penelitian Budirahardjo dkk (2014) memenuhi syarat SNI, tetapi berat volumenya yang masih setara dengan berat batako normal.

Dari hasil ketiga penelitian di atas, penelitian Winarno (2018) dilakukan pencetakan batako berlubang dengan mesin sehingga penelitian ini lebih berorientasi pada produksi massal yang dapat digunakan sebagai acuan untuk inovasi baru untuk produksi secara massal. Selain itu penelitian Winarno (2018) masih perlu dilanjutkan dengan proses pencetakan batako dalam posisi tidur sehingga produk yang cacat dapat dihindari dan dimensi batako sekam padi dapat lebih presisi. Sementara itu, penelitian dari Budiraharjo dkk (2014) masih perlu dikembangkan untuk menghasilkan batako sekam padi pejal yang ringan. Agar batako sekam padi memiliki berat volume yang ringan dan mempunyai kekuatan yang relatif tinggi, penggunaan bahan kimia tambahan untuk meningkatkan kuat desaknya perlu dilakukan. Lebih lanjut, topik penelitian perlu dikembangkan dengan pengujian redaman panas karena wilayah Indonesia di zona iklim tropis.

Penelitian Winarno (2018) menggunakan batako berlubang yang memiliki banyak kelemahan, sehingga pada penelitian ini perlu dikembangkan menjadi batako pejal yang lebih presisi dengan penambahan bahan kimia agar diperoleh kuat desak yang lebih tinggi, karena persyaratan kuat desak batako pejal lebih tinggi dibandingkan dengan batako berlubang. Bahan susun batako adalah semen, abu batu, dan air dan kemudian proporsi bahan tambah kimia dibuat bervariasi. Nilai redaman panas perlu dikaji juga untuk mendukung material dinding di daerah tropis seperti di Indonesia.

Saat ini banyak dijual bata ringan berwarna putih yang menggantikan bata merah dan batako konvensional. Hasil survei awal berdasarkan brosur yang ada menguraikan bahwa bata ringan memiliki berat volume sekitar $600-800 \text{ kg/m}^3$, yang cukup ringan dibandingkan dengan batako konvensional dengan berat volume sekitar 2000 kg/m^3 . Bata ringan dengan ukuran $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ harganya mencapai Rp10.000 per buah atau Rp750.000,- per m^3 . Bata ringan memiliki bentuk dan dimensi yang seragam, sehingga pada saat pemasangan antar bata ringan cukup direkatkan dengan lem khusus atau mortar dengan ketebalan $3\text{mm} - 5\text{mm}$. Bata ringan ini memiliki rongga-rongga udara di dalamnya yang ditengarai dapat menambah redaman panas.

Kenyataannya, batako sekam padi memiliki rongga-rongga udara juga dan dapat dibuat lebih presisi sehingga dapat bersaing dengan bata ringan yang sudah sering dipakai masyarakat, penelitian tentang pengaruh tambahan bahan kimia pada batako sekam padi merupakan sebuah tantangan baru dengan merujuk pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan. Sifat persisi, aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman panas perlu diuji dan dibandingkan pada kedua material pembuat dinding tersebut, yaitu material batako sekam padi dan bata ringan yang berada di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana komposisi bahan kimia tambahan pada batako sekam padi yang optimal yang memenuhi aspek teknis?
2. Bagaimana harga pokok produksi batako sekam padi yang optimal pada batako sekam padi dengan bahan tambah kimia?
3. Bagaimana nilai redaman panas pada batako sekam padi dengan bahan tambah kimia?
4. Bagaimana nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan Bricon?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui komposisi bahan tambah kimia yang optimal pada batako sekam padi yang memenuhi aspek teknis.
2. Mengetahui harga pokok produksi batako sekam padi dengan bahan tambah kimia yang optimal.
3. Mengetahui nilai redaman panas pada batako sekam padi dengan bahan tambah kimia.
4. Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada bata ringan Bricon.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bahan kimia digunakan adalah merk Damdex, yang sudah digunakan dalam pengerasan beton pada Winarno dkk (2015).
2. Untuk menjadikan batako lebih ringan dari hasil penelitian Winarno (2018), komposisi yang dipakai adalah 1 semen : 1 abu batu : 8 sekam padi, sedangkan proporsi bahan tambah kimia Damdex bervariasi mulai dari variasi 1 sampai dengan variasi 5. Dimana variasi 1 menggunakan Damdex sebanyak 0,2 liter, variasi 2 sebanyak 0,4 liter, variasi 3 sebanyak 0,6 liter, variasi 4 sebanyak 0,8 liter dan variasi 5 sebanyak 1 liter.
3. Pengujian ini menggunakan cetakan batako tipe pejal dengan ukuran dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm.
4. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air dan redaman panas.
5. Perhitungan biaya produksi batako sekam padi menggunakan data-data survey di wilayah Sleman, Yogyakarta.
6. Bata ringan yang dipakai sebagai perbandingan adalah bata ringan merk Bricon.
7. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*), merk Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
8. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Dengan pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.
9. Orientasi penelitian diasumsikan untuk produksi massal yang layak dijadikan investasi sehingga dapat menjadi lahan usaha.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberi kemanfaatan berupa:

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

1.6 Lokasi Penelitian

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

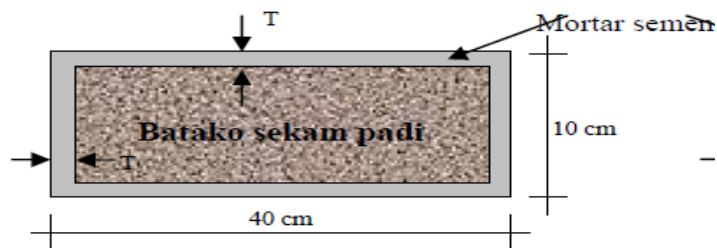
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

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

2.1.1 Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen

Sumaryanto dkk (2009) telah meneliti batako sekam padi dengan berbahan semen, sekam padi, dan air. Dengan komposisi semen dan sekam padi (tanpa pasir) sebesar 1: 0,45 dalam perbandingan berat. Penelitian ini hanya menggunakan volume sekam padi dalam proporsi yang relatif kecil. Proporsi di atas menghasilkan kuat desak yang rendah, yaitu 1,12 MPa (atau sekitar 11,2 kg/cm²). Untuk mendukung kekuatan batako ini, maka sisi samping batako ini diselimuti dengan lapisan plester. Ketebalan plester bervariasi mulai dari 5 mm, 10 mm, dan 15 mm, dan terdapat kawat anyaman untuk penguat juga. Bahan penyusun plester adalah campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1: 1,5. Penelitian ini diakhiri dengan perhitungan biaya material penyusunnya Gambar 2.1 menguraikan skema batako yang dilapisi mortar semen atau plester.



**Gambar 2.1 Batako Sekam Padi Dilapisi Plester Mortar Semen
(Sumaryanto dkk, 2009)**

Secara garis besar, kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai berat satuan bahan sebesar 113 kg/cm^3 dan kadar air sekam sebesar 21,14 %.
2. Nilai serapan air lapisan luar diperoleh sebesar 2,01% untuk perendaman selama 10 menit dan sebesar 7,06 % untuk peredaman selama 24 jam. Nilai persentase serapan air ini memenuhi syarat dari SNI 03-0349-1989 tentang bata beton, dimana nilai serapan air lebih kecil dari syarat penyerapan air maksimum 25% untuk batako mutu I.
3. Kuat desak batako sekam dengan tambahan plester tebal 5 mm, 10 mm, dan 15 mm tanpa kawat ayam, berturut-turut adalah 16,8 MPa, 5,16 MPa, dan 6,51 MPa. Sedangkan menggunakan kawat ayam, berturut-turut adalah 1,97 MPa, 5,72 MPa, dan 6,70 MPa.
4. Klasifikasi mutu dan kuat desak minimum yang disyaratkan SNI 03-0349-1989, hanya batako sekam dengan variasi ketebalan 10 mm dan 15 mm, baik tanpa kawat maupun yang menggunakan kawat ayam yang memenuhi syarat batako mutu III.
5. Berat volume batako sekam dengan tebal plester 5 mm, 10 mm, dan 15 mm tanpa kawat ayam yang dihasilkan berturut-turut $929,01 \text{ kg/m}^3$, $1149,62 \text{ kg/m}^3$, dan $1307,63 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan sampel yang menggunakan kawat ayam menghasilkan berat volume berikut berturut-turut $1072,32 \text{ kg/m}^3$, $1260,55 \text{ kg/m}^3$, $1417,54 \text{ kg/m}^3$.
6. Berat per biji batako sekam dengan tebal plester 5 mm, 10 mm, dan 15 mm tanpa kawat ayam dihasilkan berturut-turut 7,88 kg, 9,42 kg, dan 10,70 kg. Sedangkan menggunakan kawat ayam dihasilkan berturut-turut 9,28 kg, 10,46 kg, dan 11,71 kg.
7. Berat per m^2 luas dinding batako sekam komposit variasi ketebalan 5 mm, 10 mm, dan 15 mm tanpa kawat ayam antara dihasilkan berturut-turut 102,44 kg, 122,46 kg, dan 139,10 kg. Sedangkan sampel dengan menggunakan kawat ayam menghasilkan berat berturut-turut 120,40 kg, 135,98 kg, dan 152,23 kg.

8. Batako sekam yang optimal adalah yang memiliki tebal plester 10 mm tanpa kawat ayam, ditinjau dari hasil kuat desak yang telah memenuhi persyaratan, berat yang ringan, dan segi biaya yang ekonomis.

2.1.2 Batako Sekam Padi Berlubang dengan Filler dan Tanpa Pasir

Hesti (2014) telah meneliti batako sekam padi tanpa pasir tetapi dengan ditambah *filler* dari pasir halus hasil limbah penggergajian batu andesit. Di tempat penggergajian batu andesit, bongkahan besar batu andesit digergaji untuk dijadikan ubin atau aksesoris batu alam yang sering digunakan untuk memperindah bangunan rumah atau gedung. Saat ini terdapat banyak penggergajian batu andesit yang berada di sekitar Gunung Merapi, Yogyakarta, sehingga volume limbah penggergajian ini cukup melimpah. Sementara sekam padi sebagai hasil buangan dari penggilingan padi tersedia dalam volume yang sangat banyak di Yogyakarta dan sekitarnya.

Dalam penelitian ini, perbandingan volume yang optimal dari semen, *filler*, dan sekam padi adalah 1:3:4 (atau sekitar 1:1,19:0,89 dalam perbandingan berat). Proporsi sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini jumlahnya lebih besar dari penelitian yang dilakukan Sumaryanto dkk (2009). Komposisi campuran ini memiliki kuat desak batako yang mencapai $20,85 \text{ kg/cm}^2$ atau sekitar 2,08 MPa. Pada kondisi perbandingan optimal antara semen dan *filler*, yaitu 1:3. Hesti (2014) tidak mengkaji lebih lanjut bagaimana kekuatannya apabila komponen semen dan *filler* dibuat konstan sedangkan volume sekam dibuat variasi dengan dinaikkan dari angka 4 dan seterusnya. Kadar air dari material penyusun batako sekam padi juga tidak ada analisisnya.

2.1.3 Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi

Penelitian ini dilakukan oleh Winarno (2018) dan melanjutkan penelitian Hesti (2014). Pada penelitian ini, batako sekam padi merupakan tipe batako berlobang, dengan berbahan semen, *filler* abu batu, dan sekam padi. Dengan komposisi semen dan sekam padi (tanpa pasir) sebesar 1:0,63 (atau sekitar 1:0,25 dalam perbandingan berat) dengan konstan. Gambar 2.2 menguraikan skema batako berlobang sekam padi.



Gambar 2.2 Batako Sekam Padi Berlubang

Proses pencetakan batako sekam padi dengan mesin press dilakukan dengan posisi batako berdiri dengan tinggi batako sebesar 20 cm. Proses ini cenderung menghasilkan batako yang memiliki banyak keretakan atau cacat karena batako segar yang sudah selesai dicetak (masih rapuh) harus dipindahkan atau diangkut secara manual dari mesin cetak oleh tukang cetak ke tempat rak pengerasan. Batako menjadi retak karena pada saat pemindahan sering terjadi guncangan. Kemampuan produksi dengan mesin press adalah hanya 150 buah batako/hari. Proses pencetakan manual dengan posisi tidur adalah penyelesaian yang tepat sehingga kecacatan produk dapat dihindari.

Proporsi *filler* yang digunakan dalam penelitian ini jumlahnya lebih kecil dari penelitian yang dilakukan (Hesti, 2014), akan tetapi Winarno (2018) mengkaji lebih lanjut dengan bagaimana kekuatannya apabila komponen semen dan *filler* dibuat konstan dan variasi sekam padi dinaikan menjadi 2, 4, 6, 8, 10, dan 12. Dalam penelitian ini menghasilkan kuat desak batako yang memenuhi Standar SNI (sebesar 17 kg/cm^2 tipe batako berlobang) tercapai pada komposisi 1 Semen; 0,63 *Filler* : 4 Sekam dengan kuat desak hasil pengujian rata-rata adalah $19,02 \text{ kg/cm}^2$ (atau sekitar 1,90 MPa). Dalam penelitian ini juga mencari perhitungan harga pokok produksi batako berlubang sekam padi yang didapatkan harga pokok produksi per buah batako berlubang sekam padi adalah Rp 3.298 per buah, sangat relevan terhadap harga batako sejenis dengan harga perbuah adalah 3.300 per buah.

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

2.1.4 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual

Amali (2019) telah meneliti batako sekam padi berbentuk pejal yang dicetak secara manual, metode ini memiliki kemudahan produksi batako yang baik, presisi dan tanpa cacat. Namun produksi batako sekam padi secara manual hanya mampu menghasilkan 60 buah batako setiap hari dengan 2 orang pekerja.

Proses pencetakan batako sekam padi dengan cara manual memiliki kemudahan produksi batako yang baik, presisi, dan tanpa cacat. Campuran batako pejal konvensional adalah batako sekam padi variasi I dengan perbandingan semen: abu batu : sekam padi, 1 : 3 : 2.5 karena memiliki kuat tekan tertinggi yaitu sebesar $79,472 \text{ kg/cm}^2$ yang masuk pada kategori mutu kelas II sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989. Variasi lain yang sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 adalah variasi II, III, IV, dan V. Variasi VI sampai dengan X tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan oleh SNI.

Dari perhitungan harga sebuah batako didapatkan harga sebesar Rp.10.000,-/batako sementara harga di pasaran untuk batako serupa hanya Rp.5.318'-. Dengan demikian harga batako hasil penelitian lebih mahal 1,88% dari harga di pasaran, sehingga dapat dinyatakan tidak layak secara ekonomi.

2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sumaryanto (2009)	Hesti (2014)	Winarno (2018)	Amali (2019)
Judul	Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen	Batako Sekam Padi dengan <i>Filler</i> dan Tanpa Pasir	Batako Sekam Padi dengan Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi.	Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual
Tujuan Penelitian	Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan peningkatan kekuatan secara komposit dengan memberikan lapisan luar berupa campuran semen	Untuk mengetahui proses produksi batako sekam padi yang dicetak pada posisi berdiri dengan menggunakan mesin cetak berpenggetar, mengetahui komposisi	Mengetahui komposisi campuran material penyusun batako sekam padi agar memenuhi persyaratan sifat-sifat fisik yang sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989	Untuk Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi agar memenuhi persyaratan kuat desak yang sesuai dengan standar SNI-03-0349-1989 tentang bata beton,

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sumaryanto (2009)	Hesti (2014)	Winarno (2018)	Amali (2019)
Penelitian	dan pasir (mortar semen)	material penyusun batako sekam padi agar memenuhi syarat kuat desak yang sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton.	material penyusun batako sekam padi agar memenuhi syarat kuat desak yang sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton.	mengetahui nilai penyerapan air bata beton, untuk mengetahui harga sebuah batako sekam padi hasil penelitian yang kompetitif di pasaran.
Metode Pencetakan	Beton praletak (<i>preplaced concrete</i>), dimana meletakkan terlebih dahulu campuran beton sekam padi yang sudah berbentuk batako kedalam cetakan	Menggunakan mesin mixer dan mesin cetak berpenggetar, pencetakan batako dilakukan pada posisi berdiri.	Terdapat dua proses metode percetakan, yaitu menggunakan mesin press dengan posisi batako berdiri dan secara manual dengan posisi batako tidur	Menggunakan mesin mixer dan menggunakan cetakan batako manual. Pencetakan batako dilakukan pada posisi tidur.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sumaryanto (2009)	Hesti (2014)	Winarno (2018)	Amali (2019)
Metode pencetakan	batako sesuai dengan variasi ketebalan lapisan luar yang dibutuhkan.			
Bahan tambah	Sekam padi, dan penambahan sisi samping batako ini diselimuti dengan lapisan plester, ketebalan plester bervariasi mulai dari 5 mm, 10 mm, dan 15 mm. dan terdapat kawat anyam untuk penguat juga.	Sekam padi dan <i>filler</i> abu batu	sekam padi dan <i>filler</i> abu batu	Sekam padi dan <i>filler</i> abu batu

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sumaryanto (2009)	Hesti (2014)	Winarno (2018)	Amali (2019)
Hasil Penelitian	<p>Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai berat satuan bahan sebesar 113 kg/m³ dan kadar air sekam sebesar 21,14 %. Kuat tekan batako sekam komposit untuk variasi 5 mm, 10 mm dan 15 mm tanpa kawat ayam, berturut-turut adalah 1,68 Mpa, 5,16 Mpa, dan 6,51 Mpa. Sedangkan menggunakan kawat</p>	<p>Dalam penelitian ini, perbandingan volume yang optimal dari semen, <i>filler</i>, dan sekam padi adalah 1:3:4 (atau sekitar 1:1,9:0,89 dalam perbandingan berat) dan komposisi campuran ini memiliki kuat desak batako yang mencapai 20,85 kg/cm² atau sekitar 2,08 MPa.</p>	<p>Proses pencetakan batako sekam padi menggunakan mesin press dengan posisi batako berdiri cenderung menghasilkan batako yang memiliki banyak keretakan atau cacat karena batako segar rentah rapuh saat di pindahkan oleh tukang ke tempat lainnya, sedangkan proses pencetakan manual dengan posisi tidur adalah</p>	<p>Proses pencetakan batako sekam padi dengan cara manual memiliki kemudahan produksi batako yang baik, presisi dan tanpa cacat. Campuran batako pejal konvensional adalah batako sekam padi variasi I dengan perbandingan semen : abu batu : sekam padi, 1 : 3 : 2.5 karena memiliki kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 79,472 kg/cm² yang masuk</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sumaryanto (2009)	Hesti (2014)	Winarno (2018)	Amali (2019)
Hasil penelitian	<p>ayam, berturut-turut adalah 1,97 MPa, 5,72 MPa, dan 6,70 MPa. Hanya batako sekam komposit variasi ketebalan 10 mm dan 15 membaik tanpa kawat maupun yang menggunakan kawat ayam yang memenuhi syarat batako mutu III.</p>		<p>penyelesaian yang tepat sehingga tidak ada batako cacat. Batako yang paling optimal (memenuhi syarat type IV) adalah pada komposisi campuran semen, <i>filler</i>, dan sekam padi sebesar 1:0,63:6 atau komposisi volume sebesar 1:0,25:5 dan pada perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi adalah Rp. 3.298.</p>	<p>pada kategori mutu kelas II sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989. Variasi lain yang sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 adalah variasi II,III,IV dan V. Variasi VI sampai dengan X tidak memenuhi kuat tekan yang disarankan oleh SNI.</p>

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Bata beton atau yang biasanya dikenal dengan batako merupakan suatu jenis unsur bahan bangunan berbentuk bata yang dibentuk dari material utama yaitu pasir bercampur dengan semen dan air. Menurut SNI 03-0349-1989 *conblock (concrete block)* atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau pozolan, pasir, air, dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Sedangkan menurut PUBI-1982, “Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lingkungan yang lembab”

Batako difokuskan sebagai konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural. Batako yang baik adalah batako yang memiliki permukaan rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Batako sendiri dibedakan menjadi dua jenis yaitu bata beton pejal dan bata berlobang. Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75%, volume bata seluruhnya. Bata beton berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan memiliki volume lubang lebih dari 25% volume batanya seluruhnya. Batako pejal dan batako berlobang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Batako Pejal



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Menurut Heinz Frick dan Ch Koosmartadi (1999) menyatakan pemakaian batako bila dibandingkan dengan bata merah terlihat penghematannya dalam beberapa segi sebagai berikut.

1. Per m² luas tembok lebih sedikit jumlah batako yang dibutuhkan, sehingga terdapat penghematan.
2. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75%.
3. Berat tembok lebih ringan sehingga beban yang diterima pondasi juga berkurang.
4. Jika kualitas batako yang dihasilkan baik, maka tembok tidak perlu diplester
5. Dapat dibuat dengan mudah dan dengan alat-alat atau mesin yang sederhana dan tidak perlu dibakar.

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

Tabel 3.1 Syarat-syarat Fisik Bata Beton

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

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

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

satuan : mm

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

Sumber: SNI 03-0349-1989

Berdasarkan persyaratan mutu bata beton dibedakan menjadi empat tingkatan mutunya, yaitu mulai tingkat mutu I sampai tingkat mutu IV, sebagai berikut.

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

3.2 Material Penyusun Batako

3.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi bangunan. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*) Mulyono (2003).

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

Dalam tujuan pemakaiannya, PUBI (1982) semen *portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

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

Beberapa jenis semen lainnya tergolong dalam semen campuran. Semen campuran merupakan semen yang dibuat karena dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen *portland*.

3.2.2 Air

Air merupakan kebutuhan dalam pembuatan batako, salah satunya air dicampur dengan semen *portland* maka akan terjadi reaksi kimia terkandung dalam semen *portland*. Reaksi kimia dengan air ini disebut “hidrasi”. Hasil dari reaksi kimia ini menentukan bagaimana semen *portland* mengeras dan memperoleh kekuatan.

Air yang digunakan dalam pembuatan batako harus menggunakan yang bersih. Air yang mengandung garam, minyak, asam, alkali atau bahan lainnya tidak boleh digunakan karena mengurangi kualitas batako.

3.2.3 Sekam Padi

Sekam padi merupakan kulit luar dari butiran beras. Sekam padi diperoleh dari hasil penggilingan atau penumpukkan gabah yang merupakan lapisan keras yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari bulir beras dan menjadi bahan sisa/limbah. Unsur-unsur yang terkandung dalam sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia Sekam Padi

Komponen	% Berat
Sellulosa	50%
Lignin	25% - 30%
Silika	15% - 20”

(Ismail dan Waliuddin, 1996)

Sekam padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, abu gosok, bahan bakar, dan sebagai pembuatan batu bata. Dibandingkan jika sekam padi dibuang dalam jumlah yang banyak akan membutuhkan lahan yang banyak pula dan dapat mengurangi estetika atau dibakar secara langsung dapat menambah emisi karbon dalam atmosfer. Untuk memaksimalkan limbah sekam padi, sangat perlu untuk dicari alternatif inovasi teknologi yang lebih bermanfaat. Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat, yang mana hampir

60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton. Pembuatan batako sekam padi merupakan sebuah tantangan kekinian dimana sekam padi yang dimaksud disini adalah sekam yang telah dibersihkan dan di angin-anginkan kemudian dicampurkan dengan bahan material pembuatan batako agar dapat digunakan sebagai material dinding bangunan.

Penggunaan sekam padi mentah dan utuh dalam bahan batako atau beton tanpa pembakaran jarang diselidiki. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan pemanfaatan sekam padi sebagai campuran komposisi batako dimana didapatkan keuntungan ekonomis dan struktural bangunan. Secara struktural yaitu dengan penambahan sekam padi dapat mengurangi berat batako sehingga besarnya beban yang bekerja pada struktur mati bangunan dapat berkurang. Dengan pengurangan pada beban struktur mati bangunan tersebut, beban yang harus ditanggung oleh pondasi bangunan juga akan berkurang dan kebutuhan akan pondasi yang lebih besar dapat dihindarkan sehingga nilai RAB juga dapat diperkecil.

3.2.4 Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggergajian Batu

Filler yang dipakai dalam penelitian ini adalah abu batu hasil limbah penggergajian batu andesit yang banyak terdapat di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Abu batu ini menjadi material buangan yang belum banyak dimanfaatkan. Penggunaan abu batu ini selaras dengan isu lingkungan yang saat ini banyak menjadi tantangan bagi peneliti untuk memanfaatkannya. Filler dari abu batu dipakai untuk membuat batako sekam padi menjadi lebih padat dan juga untuk menghemat penggunaan semen.

3.2.5 Bahan Kimia Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adonan batako sekam padi selama pengadukan. Tujuannya adalah untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Berdasarkan American Concrete Institute bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambah sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Maksud dari bahan tambah adalah untuk

merubah sifat beton dalam keadaan segar atau setengah mengeras. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah berupa Damdex.

Damdex adalah cairan kimia berwarna coklat pekat yang apabila dicampur dengan semen dan air akan membuat sifat semen akan menjadi lebih rekat dan keras. Damdex sering dipakai oleh para perajin ornamen dari material semen-pasir dalam rangka untuk memberikan kekuatan tekan yang tinggi di awal umurnya. Dengan kekuatan yang tinggi tersebut, produk ornamen dapat segera keras, tidak mudah retak, sehingga dapat segera dikirim dan dipasang di lokasi proyek. Kekuatan beton dengan atau tanpa Damdex setelah 28 hari belum ada data yang diperoleh.

Pemberian Damdex pada batako sekam padi diharapkan dapat digunakan untuk menambah daya tekan batako sekam padi sehingga lebih kuat. Penggunaan bahan Damdex karena bahan mudah diperoleh dengan harga Rp58.000,- per liter.

Winarno dkk (2015) menggunakan bahan kimia tambah Damdex untuk mempercepat kering dan membuat beton kedap air sehingga dapat mencegah kebocoran pada tendon air beton pracetak. Dengan digunakannya komposisi bahan injeksi berupa campuran 1 PC: 1 Pasir Halus : 0,5 Air ; 0,05 Damdex pada penelitian tersebut didapati tidak adanya kebocoran sama sekali pada titik sambungan antar panel-panel pracetak yang diinjeksi.

3.3 Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

Berikut ini adalah pengujian batako yang dilakukan pada penelitian ini.

3.3.1 Uji Kuat Desak

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

Murdock dan Brook (1991) menyatakan beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat

pemadatannya. Di samping dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton, dan jenis bahan admixture.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.1.

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

Keterangan :

- f'c = Kuat desak beton (kg/cm²)
 P = Beban maksimum (kg)
 A = Luas penampang benda uji (cm²)

Standar yang digunakan untuk memenuhi karakteristik kuat desak dan nilai porositas bata beton berdasarkan SNI 03-0349-1989. SNI tersebut berisikan tentang bata beton untuk pasangan dinding, dimana bata beton yang disyaratkan terdiri dari 2 macam yaitu:

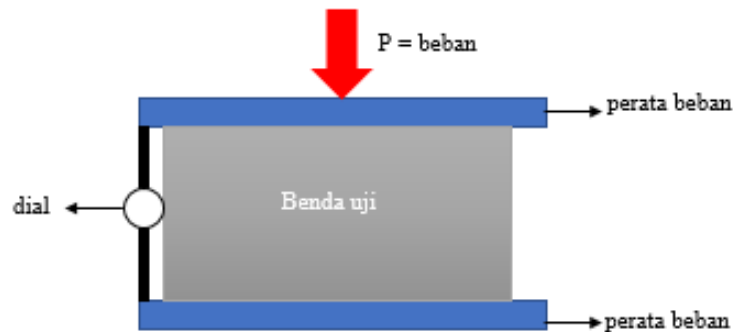
1. Bata Beton Pejal

Yaitu bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya.

2. Bata Beton Berlubang

Yaitu bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume luas seluruhnya.

Untuk skema pengujian desak sampel batako dan bata ringan dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Skema Uji Desak

3.3.2 Uji Penyerapan Air

Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air beton dalam kondisi keras. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-0349-1989 yang dirumuskan dalam Persamaan 3.2 berikut ini:

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

Keterangan:

A = Berat benda uji keadaan basah (gram)

B = Berat benda uji keadaan kering (gram)

3.3.3 Uji Redaman Panas

Setiap material pasti mengalami proses perpindahan panas, namun proses ini tidak diamati tetapi pengaruhnya bisa dirasakan dan diukur. Perpindahan panas meliputi konduksi, konveksi, dan radiasi, dimana proses-proses perpindahan panas ini banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contohnya, yaitu saat memanaskan air. Proses perpindahan panas yang pada umumnya terjadi pada zat cair. Perpindahan panas secara konveksi merupakan perpindahan panas yang diikuti pergerakan media perambatnya.

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bersuhu tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Kesetimbangan panas terjadi jika panas dari sumber panas sama dengan jumlah panas benda yang dipanaskan dengan panas yang disebabkan

oleh benda tersebut ke medium sekitarnya. Proses perpindahan panas ini berlangsung 3 mekanisme, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

Konduksi adalah perpindahan panas atau kalor satu jenis zat sehingga konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya terjadi di dalam bahan. Arah aliran energi kalor adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah. Perpindahan panas konduksi umumnya terjadi pada zat padat.

Teori mengenai perpindahan panas melalui suatu benda yang mengacu pada hukum Fourier akan dijelaskan dalam Persamaan 3.3.

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

Keterangan :

ΔT = Selisih suhu pada permukaan atas dan bawah

T_1 = Suhu pada permukaan

T_2 = suhu pada bawah permukaan

3.3.4 Pengujian SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah instrumen yang berfungsi untuk melihat morfologi atau struktur dari suatu permukaan sebuah sampel yang diperlihatkan dalam bentuk gambar. Hasil dari pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) berupa sebuah gambar atau foto namun dengan pembesaran benda uji hingga ribuan bahkan jutaan kali lipat dengan kualitas gambar yang masih terlihat jelas.

Material yang dikarakteristikan SEM adalah material yang mempunyai ketebalan 20 μm dari permukaan. Gambar topografi permukaan berupa tonjolan, lekukan, dan ketebalan lapisan tipis dari penampang melintangnya (Mulder, 1996). Perbedaan jenis yang berbeda dari SEM menghasilkan penggunaan yang berbeda pula antara lain untuk studi morfologi, analisis komposisi, kekasaran permukaan, porositas, distribusi ukuran partikel, homogenitas material atau studi lingkungan tentang masalah sensitifitas bahan (Sitorus, 2009). Analisis foto SEM dalam penelitian ini dipakai untuk melihat lubang pori-pori pada batako sekam padi dan

bata ringan. Dari analisis foto SEM diharapkan dapat diketahui lubang pada batako mana yang tertutup rapat, sehingga dapat meningkatkan redaman suara.

3.4 Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi sangat berpengaruh terhadap penetapan harga jual suatu produk, sekaligus penetapan keuntungan yang diinginkan. Perhitungan harga pokok produksi harus benar-benar diperhatikan, karena kesalahan pada perhitungan dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan tersebut. Harga suatu produk akan mempengaruhi keuntungan dan kemampuan bersaing produk sejenis yang dihasilkan perusahaan lain.

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

Terdapat beberapa unsur dari harga pokok produksi, yaitu sebagai berikut.

1. Biaya bahan baku

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

2. Biaya tenaga kerja langsung

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

3. Biaya *overhead* pabrik

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

Harga pokok produksi memiliki fungsi sebagai berikut.

1. Sebagai penetapan harga jual

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

2. Sebagai dasar penetapan laba

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

3. Sebagai dasar penilaian efisiensi

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

4. Sebagai dasar pengambil keputusan manajemen

Harga pokok produksi adalah pedoman penting dan juga dapat dijadikan sebagai unsur untuk mengambil keputusan khusus bagi perusahaan, misalnya:

- a. Menetapkan perubahan harga jual.
- b. Menetapkan penyesuaian proses produksi.
- c. Menetapkan strategi persaingan di pasaran.
- d. Menetapkan ekspansi perusahaan.
- e. Pengambilan keputusan-keputusan khusus manajemen, seperti apakah perusahaan akan membeli atau membuat suku cadang sendiri, apakah perusahaan menerima suatu pesanan dengan harga khusus atau tidak.

Dengan diketahuinya harga pokok produksi serta harga jualnya, maka dapat dianalisis kelayakan investasinya dengan menghitung Break Even Point(BEP).

BEP sendiri adalah titik keseimbangan hasil dari pendapatan dan modal yang dikeluarkan, sehingga tidak terjadi kerugian atau keuntungan. Atau dapat dikatakan BEP adalah operasional perusahaan menggunakan biaya tetap (fixed cost) dan volume penjualan hanya cukup untuk menutup biaya tetap dan biaya variabel (variable cost).

Dalam menganalisa BEP dapat menggunakan metode BEP per unit seperti pada persamaan dibawah ini.

$$\text{BEP Per Unit} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Harga Per Unit} - \text{Variable Cost Per Unit}} \quad (3.4)$$

Manfaat BEP diantaranya :

1. Mengetahui biaya total produksi
2. Sebagai dasar perhitungan laba
3. Mengetahui estimasi waktu balik modal
4. Analisa profitabilitas bisnis

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

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

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:

4.2.1 Tahap Persiapan Penelitian

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

1. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a. Terpal sebagai alas untuk mengangin-anginkan sekam padi dan abu batu agar memiliki kondisi jenuh dan kering permukaan (*Saturated Surface Dry (SSD)*).

- b. Saringan ukuran 5 mm dan 2 mm untuk menyaring abu batu dari gumpalan-gumpalan.
- c. Sekop, berfungsi untuk meratakan sekam padi dan memindahkan abu batu dari satu tempat ke tempat lain sedikit demi sedikit.
- d. Ember digunakan sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran,
- e. Gelas ukur, untuk sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
- f. *Mixed Machine*, sebagai alat untuk mengaduk campuran. Alat *mixed machine* dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Alat Mixer Machine

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



Gambar 4.2 Alat Press Machine

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



Gambar 4.3 Alat Cetak Batako

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

4.2.2 Perencanaan Komposisi

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

Proses pencetakan dengan mesin press dengan penggetar ini sama dengan apa yang dilakukan Hesti (2014). Berikut komposisi campuran pada pembuatan batako sekam padi pada Tabel 4.1. Dalam setiap variasi campuran, benda uji untuk masing-masing varian sebanyak tujuh (7), maka total sampel benda uji pada setiap skema adalah sebanyak lima puluh lima (35) buah. Sebagai pembanding terdapat 5 buah varian sampel bata ringan merk Bricon.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako

Variasi	Komposisi dalam volume			
	PC	Filler	Sekam padi	Damdex*
Variasi 1	1	1	8	I
Variasi 2	1	1	8	II
Variasi 3	1	1	8	III
Variasi 4	1	1	8	IV
Variasi 5	1	1	8	V

*) Komposisi Damdex dengan hitungan khusus

Dalam setiap Variasi, dapat dibuat sebanyak 7 buah batako. Proporsi Damdex bervariasi mulai dari 1 sampai dengan 5, dengan hitungan masing-masing adalah sebagai berikut.

Variasi 1 = 0,2 liter (atau 0,029 liter per batako)

Variasi 2 = 0,4 liter (atau 0,057 liter per batako)

Variasi 3 = 0,6 liter (atau 0,086 liter per batako)

Variasi 4 = 0,8 liter (atau 0,114 liter per batako)

Variasi 5 = 1,0 liter (atau 0,143 liter per batako)

Penambahan Damdex dari Variasi 1 ke Variasi 5 adalah 0,114 liter.

4.2.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini pembuatan dan perawatan benda uji untuk setiap pengujian.

Langkah-langkah pembuatan batako sebagai berikut:

1. Persiapan
 - a. Mengambil sampel sekam padi dan abu batu dari tempat asalnya.
 - b. Mengangin-anginkan sekam padi dan abu batu sehingga mencapai *Saturated Surface Dry* (SSD) dengan menggunakan alas terpal.
 - c. Menyaring Abu batu untuk menyingkirkan agregat yang berbentuk kerikil dengan ayakan 5 mm dan 2 mm.
 - d. Mengukur berat volume sekam padi dan abu batu yang sudah SSD. Dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Bahan Batako

- e. Mengukur berat volume semen.
2. Tahap Pencampuran Bahan Susun Batako
 - a. Membersihkan *Mixer Machine* dan membasahi sedikit air kepada setiap sisi *Mixer Machine* agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi resapan air di sisi *Mixer Machine* yang mengakibatkan berkurangnya volume air pada bahan campuran. Dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.5 Pembersihan Alat Mixer Machine

- b. Menimbang setiap komposisi bahan campuran seperti: sekam padi, abu batu, semen, Damdex dengan perbandingan volume dapat dilihat pada Tabel 4.1
- c. Memasukkan abu batu dan sekam padi bersamaan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam *Mixer Machine* sambil diaduk perlahan. Kemudian memasukkan semen perlahan lahan sampai semua bahan tercampur dengan rata dan homogen, kemudian tahap akhir ditambahkan air. Hasil campuran diuji dengan digenggam menggunakan telapak tangan untuk mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Penambahan air dihentikan jika campuran pada saat digenggam menggunakan telapak tangan tidak pecah saat telapak tangan dibuka, atau sudah banyak air yang melekat di atas telapak tangan. Volume air yang ditambahkan dicatat untuk menghitung fas nya. Pencampuran bahan di dalam alat *mixer machine* dapat dilihat pada **Gambar 4.6**



Gambar 4.6 Pencampuran Bahan dengan Alat Mixer Machine

- d. Proses pencampuran dilakukan hingga semua bahan yang dicampur dengan menggunakan *Mixer Machine* tercampur merata dan tampak homogen, seperti disajikan dalam **Gambar 4.7**



Gambar 4.7 Bahan Batako yang Sudah Tercampur Rata

- e. Adonan batako segar yang sudah homogen dikeluarkan dari alat *mixer* dengan membuka penutup lubang bagian bawah, sehingga adonan batako siap dicetak.
 - f. Sebelum melakukan pencetakan, disiapkan adukan 1 semen dan 4 pasir untuk mengisi lapisan bagian atas batako agar permukaan batako menjadi rata dan rapi. Lapisan ini memiliki ketebalan 4-5 mm.
3. Tahap Pencetakan
- a. Melapisi cetakan dengan minyak solar di sisi bagian dalam agar batako tidak lengket ke cetakan dan mudah dilepaskan sehingga tidak terjadi cacat bentuk.
 - b. Cetakan batako yang dipakai adalah cetakan besi dan posisi batako pada saat dicetak ialah dengan posisi tidur, tinggi batako adalah 12 cm.
 - c. Meletakkan papan kayu sebagai alas cetakan besi di dalam mesin press berpeggetar. Papan kayu diberi lapisan yang tidak menyerap air, seperti plastik tebal. Dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 Papan Kayu

- d. Memasukkan adonan batako sekam padi ke dalam cetakan sambil mesin digetarkan sekitar 10 detik agar adukan menjadi padat.

- e. Penggetar mesin tidak boleh terlalu lama, agar pasta semen (semen+filler+air) tidak bergerak atau mengalir ke bawah secara gravitasi sehingga mengisi lapisan bagian bawah.
- f. Berikutnya, adukan pasir+semen dihamparkan (tebal 3 cm - 5 cm) di bagian atas agar diperoleh permukaan atas batako yang rata dan rapi. Cetakan diisi penuh dan diratakan dengan kayu perata.
- g. Proses press dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako dan kemudian mesin digetarkan sekitar 10 detik.
- h. Setelah di press, tuas beban dan cetakan diangkat bersamaan sehingga terbentuk batako press yang utuh dan tanpa cacat. Dapat dilihat pada

Gambar 4.9



Gambar 4.9 Batako Press yang Utuh

- i. Batako segar yang sudah dicetak segera diangkat beserta papan kayunya untuk dipindahkan dan di tata ke rak pengerasan di tempat yang teduh. Dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



Gambar 4.10 Penataan Batako Setelah Dicetak

- j. Keesokan harinya, batako yang sudah berumur 1 hari tersebut dilepaskan dari papan alasnya kemudian ditumpuk-tumpuk pada tempat yang teduh dan lembab sehingga proses hidrasi antara semen dan air dapat berlangsung dengan sempurna. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11**



Gambar 4.11 Tumpukkan Batako Sehari Setelah Dicetak

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi

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

4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

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

1. Pengujian Bahan-bahan Penyusun

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

2. Perawatan Benda Uji

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

3. Pengujian Sampel Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

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

a. Pengujian Berat Volume

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

Langkah-langkah pengujian berat volume adalah sebagai berikut.

- 1) Pemberian nama pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako kemudian batako ditimbang.
- 2) Pengukuran dimensinya panjang tinggi dan tebal.
- 3) Perhitungan volumenya berdasarkan dimensinya.
- 4) Pengukuran berat batako dengan timbangan. Dapat dilihat pada **Gambar 4.12**

4.12



Gambar 4.12 Pengukuran Berat Batako

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

b. Pengujian Kuat Desak

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

Langkah-langkah pengujian kuat desak adalah sebagai berikut:

- 1) Pemberian nama pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako.
- 2) Benda uji diletakkan pada alat desak. Dapat dilihat pada **Gambar 4.13**



Gambar 4.13 Batako Diletakkan pada Alat Desak

- 3) Pemasangan dial pengukur penurunan selama pembebanan.
- 4) Pengaktifan mesin alat kuat desak dan pembebanan pada benda uji dimulai
- 5) Pencatatan beban dan penurunan pada setiap interval pembebanan sebesar 250 kgf.
- 6) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap sampai sampel hancur.

c. Pengujian Serapan Air

Pengujian penyerapan air juga dilakukan pada masing-masing varian tipe sebanyak satu benda uji. Benda uji berupa kubus dengan dimensi 10 cm x 3 cm x 5.5 cm, yang diperoleh dari pemotongan sampel utuh sehingga diperoleh ukuran kubus yang dimaksud. Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Pemotongan batako, 1 buah batako utuh dipotong sehingga ada 4 sampel dalam 1 variasi. Dapat dilihat pada **Gambar 4.14**



Gambar 4.14 Potongan Batako dalam 1 Sampel

- 2) Penimbangan benda uji dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi.
- 3) Perendaman benda uji dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 (dua puluh empat) jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji disekat dengan kain lembab, agar air yang berlebih masih melekat di permukaan benda uji terserap oleh kain lembab itu. Benda uji kemudian di timbang (A). Dapat dilihat pada **Gambar 4.15**



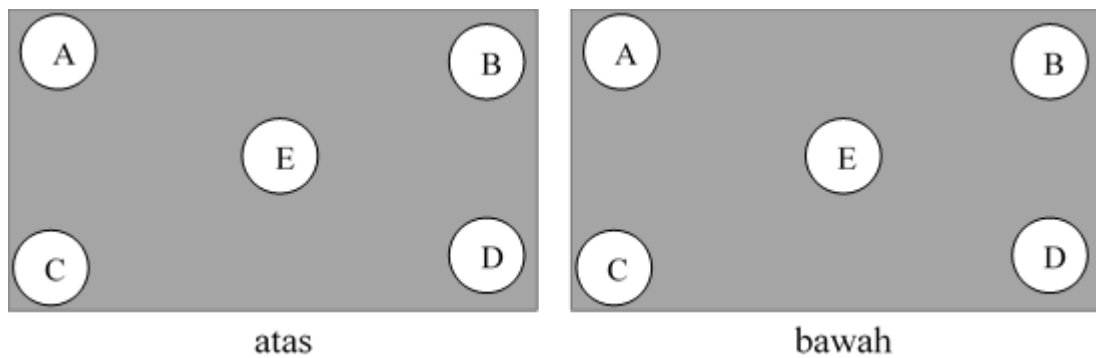
Gambar 4.15 Pengelapan Permukaan Batako

- 4) Pengeringan benda uji dalam dapur pengeringan pada suhu 105 ± 5 °C.
- 5) Penimbangan batako yang telah kering (B).
- 6) Perhitungan penyerapan air dengan Persamaan 3.2

d. Pengujian Redaman Panas

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

- 1) Menjemur batako sekam padi dibawah sinar matahari selama ± 4 jam.
- 2) Peletakan kabel *thermocouple* pada bidang yang terkena panas matahari. Titik-titik *thermocouple* ditempelkan pada daerah yang dianggap mewakili semua bidang uji dari benda tersebut untuk mendapatkan suhu pada masing - masing titik. Dalam penelitian ini terdapat 5 titik ukur suhu seperti yang terlihat pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4.16 Titik Pemasangan Kabel *Thermocouple*

- 3) Pengukuran suhu dengan *thermocouple* juga dilakukan pada sisi sebaliknya yaitu sisi yang tidak terkena panas dengan kedudukan posisi angka yang sama.
- 4) Peletakan benda uji yang telah di pasang kabel *thermocouple* pada alat uji konduktivitas termal, seperti disajikan dalam **Gambar 4.17**



Gambar 4.17 Peletakan Kabel *Thermocouple*

- 5) Nyalakan alat hingga alat menunjukkan suhu untuk kedua sisi yang diukur suhunya.

- 6) Mencatat hasil pengukuran suhu pada daerah yang terkena panas (T) dan daerah yang tidak terkena panas (T').
- 7) Menghitung nilai redaman panas dengan menghitung selisih suhu pada daerah yang terkena panas (T) dan daerah yang tidak terkena panas (T').

4.3.3 Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi

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

1. Objek Penelitian

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

2. Data yang diperlukan

Data yang diperlukan untuk menghitung harga pokok produksi ialah:

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

3. Metode Pengumpulan Data

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

4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan varian batako sekam padi mana yang paling baik. Kriteria baik dari sisi mutu adalah tipe-tipe batako yang memenuhi standar SNI. Semakin bermutu baik, pada umumnya

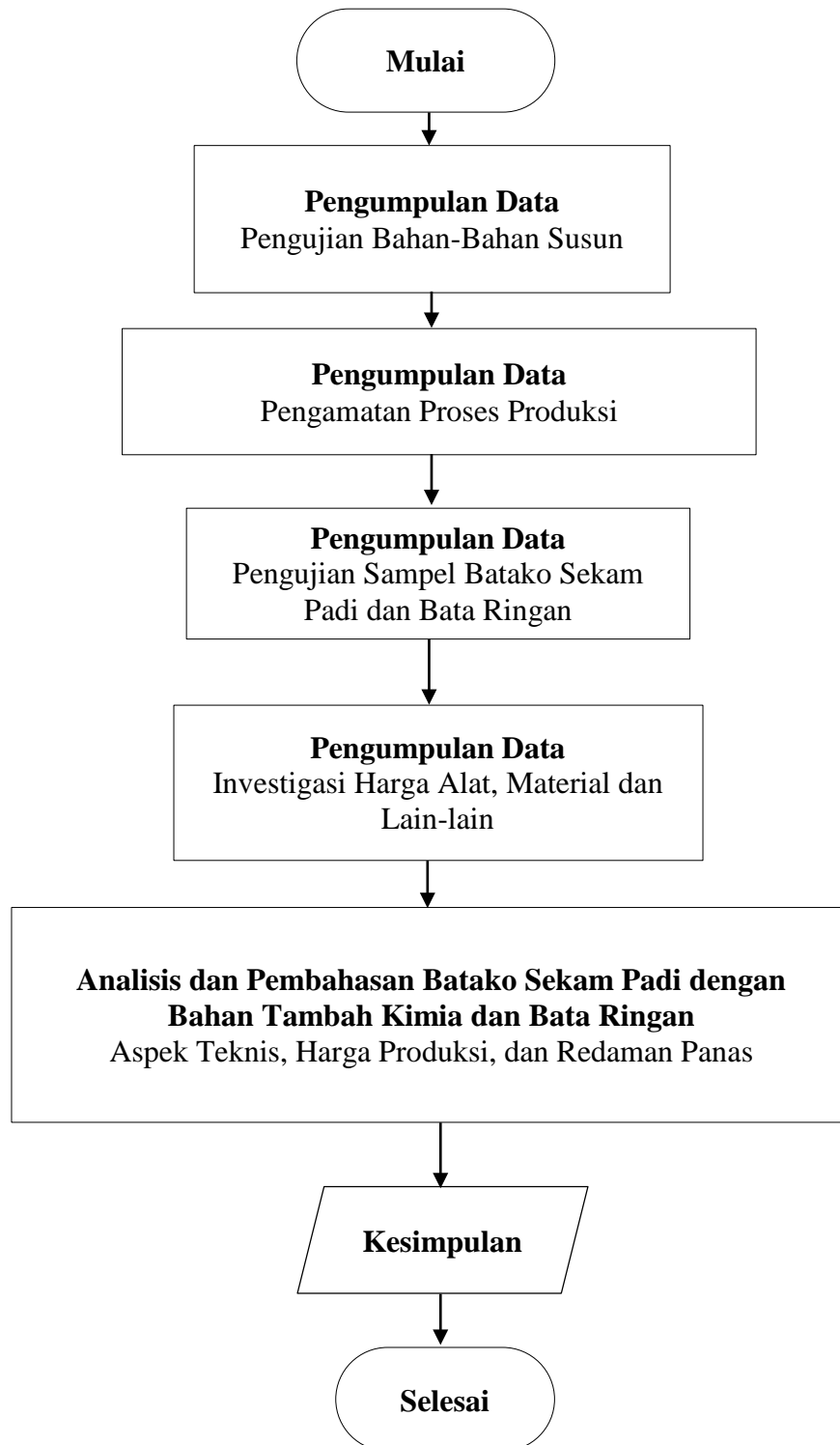
harga pokok produksinya juga semakin mahal. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi sedemikian rupa sehingga diperoleh batako yang memenuhi standar SNI dan memiliki harga yang paling murah.

4.3.5 Tahap Kesimpulan

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

4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Uraian-uraian di atas menggambarkan proses penelitian yang akan dilakukan. Adapun secara sederhana, bagan alir penelitian disajikan dalam **Gambar 4.18** di halaman berikutnya.



Gambar 4.18 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimental penambahan bahan kimia pada material batako sekam padi yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian batako sekam padi tersebut dianalisis mengenai kuat desak, redaman panas, penyerapan air dan harga pokok produksi. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dibandingkan dengan batako ringan merk Bricon. Berikut ini hasil penelitian ini dilampirkan dalam bentuk tabel dan grafik.

5.2 Pengujian Bahan – Bahan Susun

Pemeriksaan bahan dilakukan untuk memperoleh data dan mengetahui kelayakan bahan untuk digunakan sebagai bahan campuran. Pemeriksaan bahan meliputi berat volume (BV) semen, sekam padi, dan abu batu. Damdex ditambahkan sebagai bahan kimia untuk penambahan perkerasan beton dan ditambahkan dalam satuan volume. Hasil pemeriksaan bahan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Pemeriksaan Bahan-Bahan Susun

No.	BV Semen (gr/cm³)	BV Abu Batu (gr/cm³)	BV Sekam Padi (gr/cm³)
1	1,033	0,979	0,710
2	1,026	0,968	0,705
3	1,076	0,968	0,704
4	1,072	0,964	0,709
5	1,085	0,976	0,707
Rata-Rata	1,058	0,971	0,707

1. Analisis Perhitungan

a. Berat Bahan

Berat volume didapatkan dari hasil perhitungan berat bahan. Untuk itu dilakukan pengujian berat bahan yang dapat dilihat pada **Tabel 5.2** sebagai berikut.

Tabel 5.2 Berat Bahan

No.	Berat Semen (gr)	Berat Abu Batu (gr)	Berat Sekam Padi (gr)
1	16070	15230	11050
2	15960	15050	10970
3	16730	15060	10950
4	16670	15000	11030
5	16870	15180	11000
Rata-Rata	16460	15104	11000

b. Volume Batako

Berikut ini merupakan perhitungan dimensi dan volume batako sebelum pengujian kuat desak yang dapat dilihat pada **Gambar 5.1** sebagai berikut.



Gambar 5.1 Batako Pejal

Berdasarkan pada Gambar 5.1, volume batako pejal dapat dihitung sebagai berikut:

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

c. Volume Ember Ukur

Berikut ini merupakan perhitungan dimensi dan volume ember untuk perbandingan skala ukur setiap bahan pembuatan batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex, dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Volume Ember Ukur

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

d. Berat Volume Bahan Batako

$$\begin{aligned}
 1) \text{ BV Semen} &= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{16070}{15553,125} \\
 &= 1,033 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ BV Abu Batu} &= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{15230}{15553,125} \\
 &= 0,979 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ BV Sekam Padi} &= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{11050}{15553,125} \\
 &= 0,710 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

e. Berat Volume Batako

Berikut ini merupakan hasil hitungan mencari berat volume batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex, dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Hitungan Berat Volume Batako

Komposisi Campuran	Berat Beton Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:1	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	740,530
	7,7	40	12	22	0,01056	729,167	
	7,8	40	12	22	0,01056	738,636	
	7,7	40	12	22	0,01056	729,167	
	8	40	12	22	0,01056	757,576	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:2	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	744,318
	7,6	40	12	22	0,01056	719,697	
	8	40	12	22	0,01056	757,576	
	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	
	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:3	8,3	40	12	22	0,01056	785,985	767,045
	8,2	40	12	22	0,01056	776,515	
	8,2	40	12	22	0,01056	776,515	
	7,8	40	12	22	0,01056	738,636	
	8	40	12	22	0,01056	757,576	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:4	8,6	40	12	22	0,01056	814,394	810,606
	9	40	12	22	0,01056	852,273	
	7,8	40	12	22	0,01056	738,636	
	9	40	12	22	0,01056	852,273	
	8,4	40	12	22	0,01056	795,455	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:5	8,8	40	12	22	0,01056	833,333	793,561
	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	
	8,2	40	12	22	0,01056	776,515	
	8,5	40	12	22	0,01056	804,924	
	8,5	40	12	22	0,01056	804,924	
Bata Ringan Merk Bricon	9,2	60	10	20	0,01200	766,667	764,294
	9,2	60	10	20	0,01200	766,667	
	9	60	10	20	0,01200	750,000	
	9	60	10	20	0,01200	750,000	
	9,6	60	10	20	0,01218	788,139	

Berikut ini merupakan perhitungan mencari berat volume batako sekam padi.

Berat kering batako sekam padi = 7,9 kg

$$\text{Volume batako sekam padi} = 0.0106 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat volume beton} = 748,106 \text{ kg/m}^3$$

Dari hasil di Tabel 5.4 dapat dibandingkan bahwa batako sekam padi yang memiliki berat volume rata-rata tertinggi adalah batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex variasi 1:1:8:4 sebesar $810,606 \text{ kg/m}^3$ dan bata ringan Bricon sebesar 764.294 kg/m^3 . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex semua variasi termasuk dalam batako ringan ($<1400 \text{ kg/m}^3$).

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Dalam perhitungan kebutuhan campuran dibutuhkan perbandingan campuran. Perbandingan campuran dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Perbandingan Campuran pada Batako Sekam Padi

No	Semen	Abu Batu	Sekam Padi	Damdex	Jumlah Sampel
1	1	1	8	1	7
2	1	1	8	2	7
3	1	1	8	3	7
4	1	1	8	4	7
5	1	1	8	5	7

Dari 7 benda uji batako, 5 diantaranya digunakan untuk uji kuat desak, 1 untuk pengujian redaman panas, 1 untuk pengujian penyerapan air.

Air yang dibutuhkan dalam campuran ini bervariasi, karena disesuaikan dengan tingkat kelecakan dan kemudahan pencampuran dan pematatannya. Setelah membandingkan antara berat air dengan berat semen yang digunakan, kelecakan adukan batako sekam padi yang baik pada campuran ini berkisar 0,81-0,86. Berikut perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap benda uji batako sekam padi.

$$\text{Volume 1 benda uji} = 40 \times 22 \times 12 = 10560 \text{ cm}^3$$

1. Analisis Perhitungan

$$\text{a. Kebutuhan semen untuk 1 batako} = \frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times \text{BV semen}$$

- $$= \frac{1}{10} \times 10560 \times 1,058$$
- $$= 1117,573 \text{ gram}$$
- b. Kebutuhan semen untuk 7 batako = 7 x 1174,606 gram
= 7823,014 gram
- c. Kebutuhan abu batu untuk 1 batako = $\frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times BV \text{ abubatu}$
= $\frac{1}{10} \times 10560 \times 0,971$
= 1025,506 gram
- d. Kebutuhan abu batu untuk 7 batako = 7 x 1140,658 gram
= 7178,542 gram
- e. Kebutuhan sekam untuk 1 batako = $\frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times BV \text{ sekam}$
= $\frac{1}{10} \times 10560 \times 0,710$
= 5974,876 gram
- f. Kebutuhan sekam untuk 7 batako = 7 x 5974,876 gram
= 41824,135 gram

Kebutuhan Damdex dihitung melalui perhitungan pada saat pencampuran. Pada saat proses pencampuran 1:1:8:1, di dalam mesin mixer, telah dicampur 8 ember PC, 1 ember abu batu, dan 8 ember sekam padi dan ditambahkan 0,2 liter Damdex. Campuran ini menghasilkan 7 buah batako, sehingga setiap batako memerlukan 0,029 liter Damdex. Kebutuhan air berbeda-beda tiap variasi karena penggunaannya disesuaikan dengan banyaknya Damdex yang telah ditentukan sehingga memudahkan dalam proses pencampuran dan pencetakan.

Berdasarkan analisis perhitungan di atas, maka kebutuhan bahan batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dengan sampel berjumlah 7 pada setiap variasinya dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Sekam Padi

No	Variasi Campuran	Semen (kg)	Abu Batu (kg)	Sekam Padi (kg)	Damdex (liter)	Jumlah Sampel
1	1:1:8:1	7,823	7,179	41,824	0,2	7
2	1:1:8:2	7,823	7,179	41,824	0,4	7
3	1:1:8:3	7,823	7,179	41,824	0,6	7
4	1:1:8:4	7,823	7,179	41,824	0,8	7
5	1:1:8:5	7,823	7,179	41,824	1,0	7

5.4 Pengujian Kuat Desak Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah Damdex

Pada pengujian kuat desak digunakan 5 sampel untuk setiap variasi campuran batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex. Terdapat 5 variasi campuran yang akan dilakukan pengujian kuat desak, sehingga sampel yang akan di uji sebanyak 25 buah dan 5 buah bata ringan merk Bricon sebagai pembanding. Pengujian kuat desak dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia.

Pengujian kuat desak batako dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat desak batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dari pemberian beban oleh alat uji desak. Beban desak harus diterapkan secara bertahap dengan laju 250 kg/menit hingga mencapai kekuatan maksimum. Kekuatan yang dicapai akan tergantung pada banyaknya faktor diantaranya, faktor semen, kualitas, metode produksi dan komposisi campuran benda uji. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat desak minimum untuk bata beton pejal yaitu 25 kg/cm². Berikut ini merupakan hasil pengujian dari kuat desak batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dan bata ringan merk Bricon dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil Kuat Desak dan Berat Volume

Variasi	No. Sampel	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	A (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata (kg/cm ²)
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:1	1	7,9	1885	480	3,927	4,226
	2	7,7	2045	480	4,260	
	3	8	2155	480	4,490	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:2	1	7,9	2375	480	4,948	4,465
	2	7,6	2040	480	4,250	
	3	8	2015	480	4,198	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:3	1	8,3	2597,5	480	5,411	5,000
	2	8,2	2092,5	480	4,359	
	3	8,2	2510	480	5,229	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:4	1	9	2720	480	5,667	5,495
	2	9	2760	480	5,750	
	3	8,4	2432,5	480	5,068	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:5	1	8,8	2790	480	5,813	5,641
	2	8,2	2697,5	480	5,620	
	3	8,5	2635	480	5,490	
Bata Ringan Bricon	1	9,2	17150	600	28,583	28,319
	2	9	17325	600	28,875	
	3	9	16500	600	28,500	

Sebagai contoh perhitungan kuat desak, diambil hasil pengujian kuat desak batako sekam padi sampel 1 dengan komposisi 1 : 1 : 8 : 1.

Panjang = 40 cm

Lebar = 12 cm

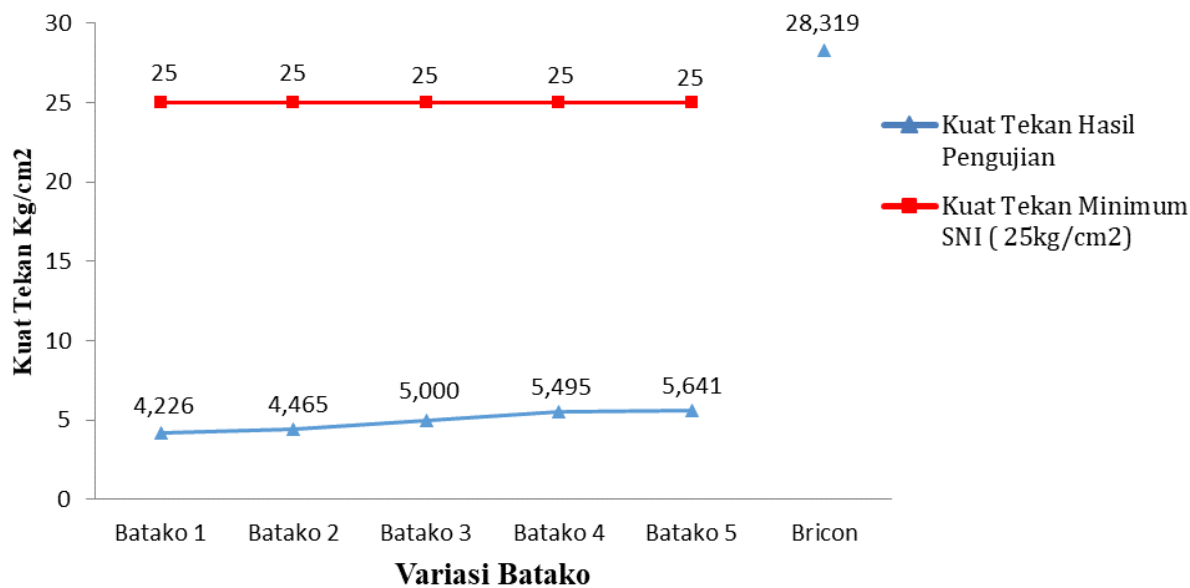
Beban Maks = 1885 kg/cm²

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{Beban Maks}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{1885}{480} \\ &= 3,927 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Perhitungan kuat desak pada sampel 2,3,4 dan 5 sama seperti perhitungan pada sampel 1. Berikut adalah perhitungan kuat desak rata-rata batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex pada komposisi campuran 1 : 1 : 8 : 1 berikut ini.

$$\begin{aligned}\sum \text{rata-rata} &= \frac{3,927+4,260+4,490}{3} \\ &= 4,226 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

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



Gambar 5.3 Kurva Kuat Tekan Batako dan Bricon

Berdasarkan Gambar 5.3, nilai kuat desak standar batako adalah 25 kg/cm². Batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex maksimum adalah 5,597 kg/cm² sedangkan Bricon adalah 28,319 kg/cm². Artinya batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex tidak lebih kuat dari pada Bricon dan tidak ada variasi yang memenuhi standar SNI. Dari kurva di atas didapatkan fakta bahwa adanya peningkatan nilai kuat desak yang diikuti dengan variasi jumlah Damdex yang digunakan tersebut disebabkan oleh komposisi Damdex yang semakin banyak, namun komposisi sekam padi, abu batu dan semen tetap atau tidak bertambah.

5.5 Pengujian Penyerapan Air Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah Damdex

Daya serap air merupakan persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam air. Dalam penelitian ini, benda uji direndam pada air

dalam kurun waktu 24 jam. Perendaman dilakukan untuk mendapatkan hasil penyerapan air maksimal berdasarkan SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%.

Pada pengujian penyerapan air digunakan setiap variasi batako sekam padi 1 sampel dipotong menjadi 4 bagian dan Bricon 1 sampel dipotong menjadi 4 bagian sama rata. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Hasil pengujian penyerapan air batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dan Bricon dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Penyerapan Air Batako Sekam Padi

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Persentase Penyerapan Air Rata-rata (%)
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:1	1	2471	2208	11,911	17,720
	2	2426	1950	24,410	
	3	2328	1872	24,359	
	4	2215	2010	10,199	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:2	1	3000	1963	52,827	29,001
	2	2323	1885	23,236	
	3	2182	1635	33,456	
	4	2496	2344	6,485	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:3	1	2405	2205	9,070	29,686
	2	2347	2213	6,055	
	3	2299	1762	30,477	
	4	3352	1936	73,140	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:4	1	2390	1820	31,319	34,669
	2	2240	1610	39,130	
	3	2220	1670	32,934	
	4	2070	1530	35,294	
Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:5	1	2110	1400	50,714	51,23
	2	2180	1430	52,448	
	3	2170	1440	50,694	
	4	2160	1430	51,049	
Bricon	1	2809	2043	37,494	38,370
	2	2772	1896	46,203	
	3	2772	2126	30,386	
	4	2735	1962	39,399	

Sebagai contoh perhitungan penyerapan air, diambil hasil pengujian penyerapan air batako sekam padi sampel 1 dengan komposisi 1 : 1 : 8 : 1 sebagai berikut.

$$\text{Berat Basah [A]} = 2471 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Kering [B]} = 2208 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2471 - 2208}{2208} \times 100\% \\ &= 11,911 \% \end{aligned}$$

Perhitungan penyerapan air pada sampel 2,3,4 dan 5 seperti perhitungan pada sampel 1. Nilai penyerapan air rata-rata diperoleh dari penjumlahan nilai penyerapan air pada sampel 1, sampel 2 dan seterusnya dibagi dengan banyak sampel. Berikut perhitungan penyerapan air rata-rata batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex pada komposisi campuran 1 : 1 : 8 : 1.

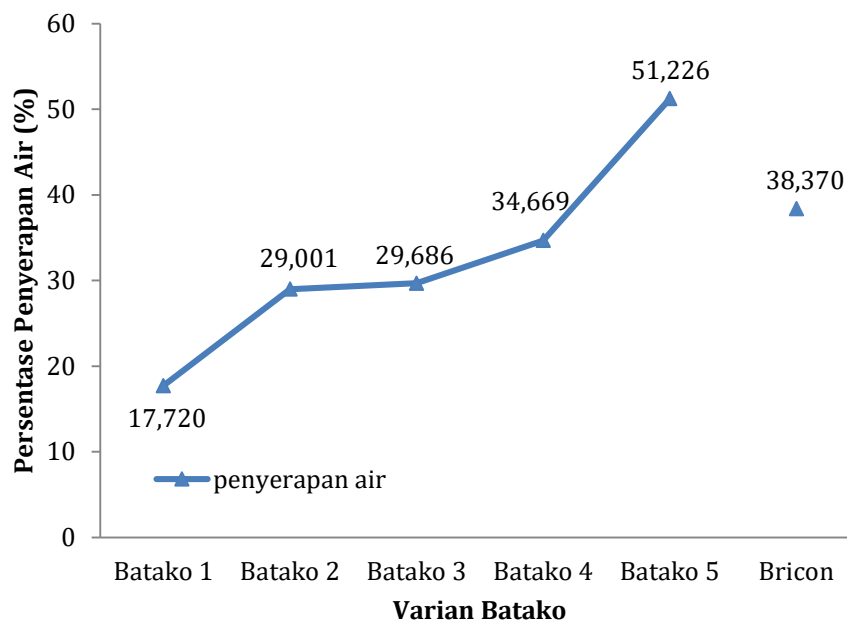
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{11,911+24,410+24,359+10,199}{4} \\ &= 17,720 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air pada seluruh variasi campuran, maka setiap variasi campuran tersebut dapat dilakukan penggolongan mutu batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex berdasarkan SNI-03-0343-1998, dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Penyerapan Air

No	Variasi	Persentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako
1	Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:1	17,720	I
2	Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:2	29,001	II
3	Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:3	29,686	II
4	Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:4	34,669	II
5	Batako Sekam Padi dengan Damdex 1:1:8:1	51,226	-
6	Bricon	38370	-

Hasil pengujian penyerapan air pada Tabel 5.8 di atas kemudian disajikan dalam bentuk kurva seperti pada Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5.4 Kurva Penyerapan Air Batako

Berdasarkan kurva penyerapan diatas dapat diketahui bahwa batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex yang memiliki nilai penyerapan air yang paling baik adalah batako variasi 1 dengan komposisi 1:1:8:1 yaitu sebesar 17.720%,

sedangkan nilai penyerapan air bata ringan Bricon sebesar 38,37%. Batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex nilai penyerapan airnya cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya komposisi Damdex yang ditambahkan ke dalam campuran. Mutu batako sekam padi semakin rendah ketika nilai penyerapan airnya semakin tinggi. Penyerapan air yang tinggi pada batako dikarenakan penggunaan sekam padi yang menyebabkan adanya rongga-rongga pada batako. Hal tersebut diakibatkan karena sekam padi memiliki sifat menyerap air, sehingga batako sekam padi memiliki daya serap yang besar. Adanya rongga pada batako sekam padi telah dibuktikan dengan pengujian SEM, sehingga terlihat adanya rongga pada batako sekam padi.

Berdasarkan SNI 03-03430-1998, batako sekam padi variasi 1:1:8:1 tergolong ke dalam bata beton mutu I yang artinya batako tersebut dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi. Sedangkan variasi 1:1:8:2, variasi 1:1:8:3 dan variasi 1:1:8:4 tergolong ke dalam mutu bata beton II yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban. Untuk batako variasi 1:1:8:5 dan Bricon tidak masuk dalam kriteria SNI 03-0343-1998.

5.6 Pengujian Redaman Panas Batako Sekam Padi dengan Bahan Tambah Damdex

Pengujian redaman panas ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai rambatan panas yang dihasilkan pada batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex, selain itu pengujian ini dilakukan juga pada bata ringan merk Bricon. Untuk mengetahui nilai rambatan panas digunakan 1 sampel setiap variasi batako sekam padi berumur lebih dari 28 hari dan 1 sampel bata ringan merk Bricon. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat *thermocouple*.

Pada penelitian ini diukur pada sisi atas batako sekam padi dan sisi bawah batako sekam padi saat dijemur. Dimana pada tiap sisinya dilakukan pengukuran suhu pada 5 titik berbeda. Pengukuran suhu tersebut dilakukan setelah batako sekam padi dijemur dibawah sinar matahari selama 5 jam.

Tabel 5.9 berikut ini hasil pembacaan suhu menggunakan alat thermocouple dengan benda uji batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dan Bricon.

Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako Sekam Padi dan Bricon

Pengujian Ke-	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3		Variasi 4		Variasi 5		Bricon	
	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)
1	33,6	32,6	33,6	32,4	34,0	32,6	34,1	32,3	34,5	32,5	29,9	29,0
2	34,6	30,9	37,1	31,4	37,9	31,1	37,1	29,2	38,3	29,9	31,2	30,6
3	34,0	31,4	34,4	31,3	36,1	32,6	37,1	33,0	37,6	33,0	31,3	29,2
4	34,8	33,0	35,5	32,9	37,8	34,4	37,1	33,1	37,7	33,6	33,8	32,9
Rata-Rata	34,2	32,0	35,2	32,0	36,4	32,7	36,4	31,9	37,0	32,3	31,6	30,4

Sebagai contoh perhitungan redaman panas, diambil hasil pengujian redaman panas batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex variasi 1 dengan komposisi 1:1:8:1 pada pengujian ke-1 sebagai berikut.

T1 (suhu di permukaan atas batako) = 33,6 °C

T2 (suhu di permukaan bawah batako) = 32,6 °C

Redaman panas = 33,56 °C - 32,56 °C

= 1 °C

Perhitungan redaman panas pada sampel batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex selanjutnya sama seperti perhitungan pada sampel batako dengan komposisi 1:1:8:1 pada pengujian ke-1 diatas. Nilai redaman panas rata-rata diperoleh dari penjumlahan nilai redaman panas pada pengujian ke-1 sampai dengan pengujian ke-4 dibagi dengan banyaknya pengujian. Berikut ini merupakan perhitungan redaman panas rata-rata batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dengan komposisi campuran 1:1:8:1.

$$\begin{aligned} \text{Redaman panas batako variasi 1} &= \frac{1+3,7+2,6+1,8}{4} \\ &= 2,3 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata redaman panas pada batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex pada komposisi 1:1:8:1, maka selanjutnya perhitungan juga dilakukan pada semua variasi batako. Hasil uji redaman panas batako dengan bahan tambah Damdex dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

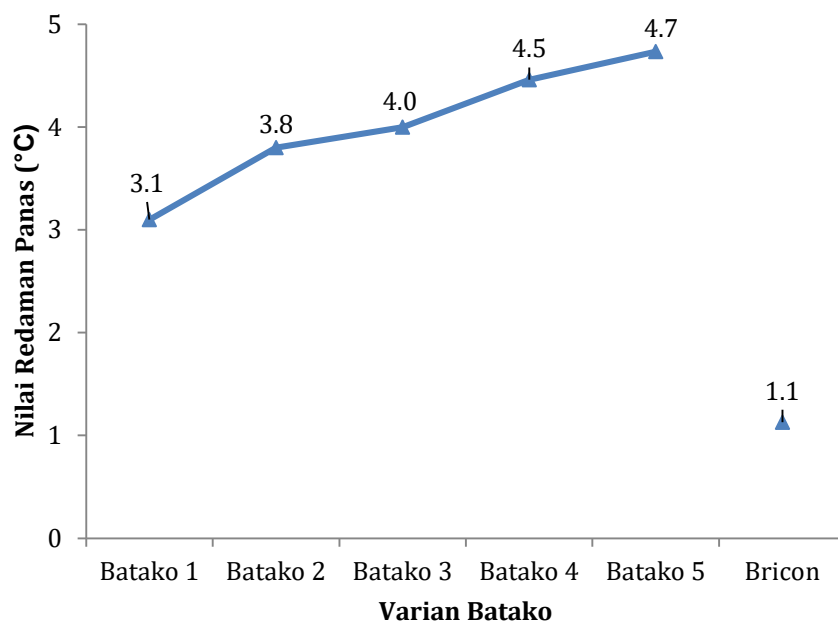
Tabel 5.10 Hasil Uji Redaman Panas Batako

Komposisi Campuran	Pengujian Ke-	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	ΔT Rata-rata (°C)
1:1:8:1	1	33,6	32,6	1,0	2,3
	2	34,6	30,9	3,7	
	3	34,0	31,4	2,6	
	4	34,8	33,0	1,8	
1:1:8:2	1	33,6	32,4	1,3	3,2
	2	37,1	31,4	5,7	
	3	34,4	31,3	3,2	
	4	35,5	32,9	2,6	
1:1:8:3	1	34,0	32,6	1,3	3,7
	2	37,9	31,1	6,8	
	3	36,1	32,6	3,5	
	4	37,8	34,4	3,4	
1:1:8:4	1	34,1	32,3	1,8	4,5
	2	37,1	29,2	7,9	
	3	37,1	33,0	4,1	
	4	37,1	33,1	4,0	

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Uji Redaman Panas Batako

1:1:8:5	1	34,5	32,5	2,0	4,7
	2	38,3	29,9	8,3	
	3	37,6	33,0	4,5	
	4	37,7	33,6	4,1	
Bata Ringan Bricon	1	29,9	29,0	0,9	1,1
	2	31,2	30,6	0,6	
	3	31,3	29,2	2,1	
	4	33,8	32,9	0,9	

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



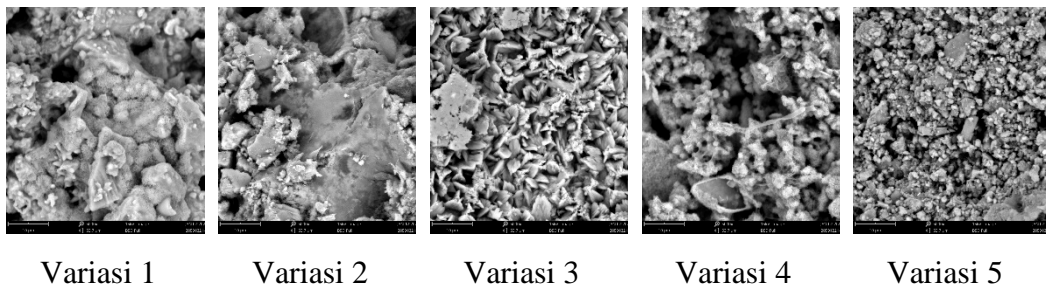
Gambar 5.5 Kurva Redaman Panas

Pada Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa nilai penyerapan panas batako skam padi yang paling baik pada batako variasi 5 dengan komposisi 1:1:8:5 dengan nilai redaman sebesar 4,7 °C dan paling rendah adalah batako dengan komposisi 1:1:8:1 dengan nilai redaman panas sebesar 2,3 °C. Maka dapat kita lihat bahwa semakin bertambahnya komposisi Damdex pada batako sekam padi nilai penyerapan panasnya semakin baik, hal ini disebabkan oleh bahan sekam padi dan

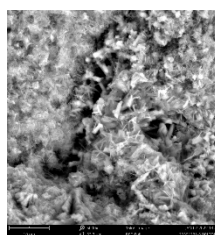
Damdex di dalam batako yang meredam panas dengan baik. Sedangkan jika dibandingkan dengan Bricon dengan nilai redaman panasnya sebesar 1,1 °C, sehingga dapat disimpulkan batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dengan komposisi 1:1:8:5 lebih baik daripada Bricon.

5.7 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) pada penelitian ini bertujuan untuk melihat rongga-rongga bagian dalam dari batako sekam padi dan bata Bricon. Pengujian dilakukan pada satu sampel batako sekam padi per variasi termasuk bata ringan Bricon untuk melihat perbedaan rongga yang ada pada sampel. Hasil dari pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. 6 Hasil foto (pembesaran 5000x) Metode SEM 5000x untuk Batako Sekam Padi Variasi I-V



Bricon

Gambar 5. 7 Hasil foto (pembesaran 5000x) Metode SEM untuk Bata Bricon

Dari Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 diatas didapatkan bahwa rongga-rongga pada batako sekam padi lebih banyak dari pada bata ringan. Rongga-rongga di bata Bricon sangat kecil-kecil. Rongga-rongga dalam batako sekam padi memiliki

kecenderungan bahwa semakin banyak proporsi sekam padi maka semakin banyak rongga-rongganya. Hasil ini linier dengan pengujian serapan air bahwa serapan air pada batako sekam padi yang memiliki proporsi sekam padi semakin besar, maka serapan airnya semakin besar pula.

Rongga-rongga di batako sekam padi lebih besar dari pada bata Bricon, ini yang menyebabkan redaman panas batako sekam padi lebih besar dari bata Bricon. Semakin banyak rongga-rongga nya, maka gelombang panas tidak mudah masuk dan menembus material melalui rongga-rongga tersebut.

5.8 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi dilakukan dengan cara menganalisis perhitungan kelayakan ekonomi. Dengan harga-harga yang digunakan pada perhitungan ini didapatkan dari hasil wawancara penelitian berikutnya serta menggunakan harga dari Standarisasi Harga Barang dan Jasa Tahun Anggaran 2020 Kabupaten Sleman. Berikut ini merupakan perhitungan biaya untuk harga pokok produksi batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex.

1. Menghitung biaya alat

a. Alat Utama

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

b. Alat bantu

1) Cangkul (1)	= Rp. 250.000,-
2) Ember (3)	= Rp. 27.000'-
3) Sekop (1)	= Rp. 55.000,-
4) Cetok (1)	= Rp. 20.000'-

5) Harga total alat bantu	= Rp. 372.000' -
6) Umur alat	= 3 tahun
7) Nilai sisa alat	= Rp. 0,-
8) Jumlah hari kerja	= 300 hari
9) Penyusutan	= $\frac{372.000-0}{3 \times 300}$
	= Rp. 413,333,-/hari

c. Papan alas

1) Total pengerasan batako	= 1 hari
2) Kebutuhan batako/hari	= 200 batako
3) Kebutuhan papan	= 100 papan
4) Harga satuan papan	= Rp. 10.000,-
5) Harga total papan	= Rp. 1.000.000,-
6) Umur papan	= 300 hari
7) Nilai sisa	= Rp. 0,-
8) Penyusutan	= $\frac{1.000.000}{300}$
	= Rp. 3.333,-/hari

2. Menghitung biaya material

Berat tiap material untuk menghasilkan 1 buah batako sekam padi dengan tambahan damdek pada variasi 1:1:8:1 adalah sebagai berikut.

Sekam padi	= 5,975 kg
Semen	= 1,118 kg
Abu batu	= 1,026 kg
Damdex	= 0,029 liter

Kebutuhan material 1 batako sekam padi dengan Damdex variasi 1:1:8:1

a. Kebutuhan semen (PC) per hari

Kebutuhan semen (PC) 1 batako	= 1,118 kg
Harga semen per kg	= Rp. 1.175,-
Kebutuhan semen per hari	= 200 x 1,175 kg
	= 223,515 kg

Biaya semen per hari	= Rp. 1.175 x 223,515
	= Rp. 262.629,-
b. Kebutuhan abu batu per hari	
Kebutuhan abu batu 1 batako	= 1,026 kg
Harga abu batu/m ³	= Rp. 125.000,-
Kebutuhan abu batu per hari	= 200 x 1,026 kg
	= 205,101 kg
Biaya abu batu per hari	= $\frac{205,101}{10^3} \times 125.000$
	= Rp. 256.37,-/hari
c. Kebutuhan sekam padi per hari	
Kebutuhan sekam padi 1 batako	= 5,975 kg
Harga sekam padi m ³	= Rp. 10.000,-
Kebutuhan sekam padi per hari	= 200 x 5,975 kg
	= 1194,975 kg
Biaya sekam padi per hari	= $\frac{1194,975}{10^3} \times 10.000$
	= Rp. 11.949,-/hari
d. Kebutuhan Damdex per hari	
Kebutuhan Damdex 1 batako	= 0,029 liter
Harga Damdex/ liter	= Rp. 58.000,- (per liter)
Kebutuhan Damdex per hari	= 200 x 0,029 liter
	= 5,714 liter
Biaya Damdex per hari	= 0,741 x 58.000
	= Rp. 331.428,-/hari
e. Total biaya material	= Rp. 631.645,-/hari
3. Menghitung biaya bangunan	
a. Harga beli bangunan	= Rp. 10.000.000,-
b. Umur bangunan	= 5 tahun
c. Nilai sisa bangunan	= Rp. 0,-
d. Jumlah hari kerja	= 300 hari

- e. Penyusutan $= \frac{10.000.000}{5 \times 300}$
 $= \text{Rp. } 6.667,-/\text{hari}$
4. Menghitung biaya upah tenaga kerja
- a. Jumlah pekerja $= 2 \text{ orang}$
- b. Upah pekerja $= \text{Rp. } 85.000,-$
- c. Total upah pekerja $= 2 \times 85.000$
 $= \text{Rp. } 170.000,-/\text{hari}$
5. Menghitung biaya konsumsi
- a. Uang makan $= \text{Rp. } 20.000,-$
- b. Total uang makan (2 orang) $= 2 \times 20.000$
 $= \text{Rp. } 40.000,-$
6. Menghitung biaya operasional
- a. Listrik dan air per bulan $= \text{Rp. } 200.000,-$
- b. Listrik dan air per hari $= \frac{200.000}{25}$
 $= \text{Rp. } 8000,-$
7. Menghitung biaya THR
- a. Jumlah pegawai $= 2 \text{ orang}$
- b. THR per pegawai $= \text{Rp. } 250.000,-$
- c. Total THR $= \text{Rp. } 500.000,-$
- d. Jumlah kerja per tahun $= 300 \text{ hari}$
- e. Tabungan THR $= \frac{500.000}{300}$
 $= \text{Rp. } 1.667,-/\text{hari}$
8. Rekapitulasi pengeluaran per hari
- a. Biaya alat utama $= \text{Rp. } 13.333,-/\text{hari}$
- b. Biaya alat bantu $= \text{Rp. } 413,-/\text{hari}$
- c. Biaya papan $= \text{Rp. } 3.333,-/\text{hari}$
- d. Biaya material $= \text{Rp. } 631.645,-/\text{hari}$
- e. Biaya bangunan $= \text{Rp. } 6.666,-/\text{hari}$
- f. Biaya upah tenaga kerja $= \text{Rp. } 170.000,-/\text{hari}$
- g. Biaya konsumsi $= \text{Rp. } 40.000,-/\text{hari}$

- h. Biaya operasional = Rp. 8.000,-/hari
- i. Biaya tunjangan hari raya = Rp. 1.667,-/hari
- j. Total pengeluaran per hari = Rp. 875.059,-/hari
9. Menghitung harga pokok produksi (HPP) lapangan
Produksi batako diasumsikan 200/hari dan habis terjual
- a. Produksi batako per hari = 200 batako/hari
- b. Total biaya pengeluaran = Rp.875.059,-/hari
- HPP lapangan = $\frac{875.059}{200}$
- = Rp. 4.376,- (dibulatkan)
- PPN 11% = Rp. 482,-
- HPP = Rp. 4.858,-/buah (dibulatkan)
- Margin perusahaan 20% = Rp. 990,-
- Harga jual batako = Rp. 5.830,-/buah
10. Menghitung penghasilan produksi per hari
- a. Produksi batako per hari = 200 batako/hari
- b. Harga jual batako = Rp. 5.830,-/buah
- c. Total pemasukan per hari = 200×5.830
- = Rp. 1.166.000,-/hari
11. Menghitung keuntungan per batako sekam padi
- a. Persentase keuntungan per buah = $\frac{5.830-4.858}{4.858} \times 100\%$
- = 21%
- b. Keuntungan per buah = Harga jual – Harga pokok
- = Rp. 5.830 – Rp. 4.858
- = Rp. 972,-/buah
- c. Keuntungan per hari = Pemasukan – (Harga dasar x 200)
- = Rp. 1.166.000 – (Rp. 4.858 x 200)
- = Rp. 194.400,-/hari
- d. Keuntungan per bulan
- Jumlah hari kerja = 25 hari
- Keuntungan per bulan = 25 hari x Keuntungan perhari

	= 25 x Rp. 194.400
	= Rp. 4.860.000,-/bulan
e. Keuntungan per tahun	
Jumlah hari kerja	= 300 hari
Keuntungan per tahun	= 300 hari x Keuntungan perhari
	= 300 x Rp. 194.400
	= Rp. 58.320.000,-/tahun

12. Menghitung Break Event Point (BEP)

a. Modal Awal

▪ Harga mixer dan alat press	= Rp. 25.000.000,-
▪ Cangkul (1)	= Rp. 250.000,-
▪ Ember (3)	= Rp. 27.000'-
▪ Sekop (1)	= Rp. 55.000,-
▪ Cetok (1)	= Rp. 20.000'-
▪ Harga bangunan	= Rp. 10.000.000,-
▪ Kebutuhan papan @100 buah	= Rp. 1.000.000,-
▪ Jumlah keseluruhan modal awal	= Rp. 36.372.000,-

b. BEP	= $\frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}}$
	= $\frac{\text{Rp. 36.372.000}}{\text{Rp. 5.830} - \text{Rp.4.858}}$
BEP per buah jika diamsusikan laku di jual	= 37420 buah
BEP per hari	= $\frac{37420 \text{ buah}}{200 \text{ buah/hari}}$
	= 188 hari
BEP per bulan	= $\frac{188 \text{ hari}}{25}$
	= 7,6 bulan
BEP per tahun	= $\frac{7,6 \text{ bulan}}{12}$
	= 0,7 tahun

Jika harga produksi batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex sebesar Rp. 875.059,- dengan produksi batako per hari adalah 200 buah batako maka harga pokok produksi lapangannya adalah sebesar Rp. 4.376,- per buah,

sedangkan harga jual per batako sebesar Rp. 5.830,- maka menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 972,- per batako dengan keuntungan bersih per tahun sebesar Rp. 58.320.000,-/tahun. Dari hasil perhitungan BEP dengan masa investasi 5 tahun maka analisis investasi BEP dinyatakan layak.

Perhitungan diatas merupakan contoh perhitungan harga pokok produksi dari batako sekam padi pada komposisi campuran 1:1:8:1. Perhitungan harga pokok produksi pada komposisi campuran yang lainnya dihitung dengan perhitungan yang sama seperti di atas. Perbedaannya hanya pada harga material tiap komposisinya.

Berikut ini adalah detail harga pokok produksi sekam padi dengan bahan tambah Damdex.

Variasi 1	= Rp. 4.858,-/buah
Variasi 2	= Rp. 6.084,- /buah
Variasi 3	= Rp. 7.617,- /buah
Variasi 4	= Rp. 9.149,- /buah
Variasi 5	= Rp. 10.682,- /buah

Dimana perbedaan biaya hanya pada biaya Damdex setiap 1 buah batako pada masing-masing variasi seperti berikut ini.

Variasi 1	= Rp. 1.658,-/buah
Variasi 2	= Rp. 3.315,- /buah
Variasi 3	= Rp. 4.972,- /buah
Variasi 4	= Rp. 6.629,- /buah
Variasi 5	= Rp. 8.286,- /buah

Berdasarkan harga pokok produksi yang didapatkan, maka dapat diketahui bahwa semakin rendah harga pokok produksi kuat desak batako yang dihasilkan semakin kecil dengan penyerapan air yang tidak terlalu tinggi. Harga pokok produksi yang paling rendah ialah harga pokok produksi batako sekam padi dengan komposisi 1:1:8:1 sebesar Rp. 4.858 per buah dan dijual seharga Rp. 5.481,- per buah dengan ukuran batako 12 cm x 22 cm x 40 cm serta keuntungannya sebesar Rp. 59.400.000,-/tahun.

5.9 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Tujuan dari usaha batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex adalah untuk menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya dengan sumber daya manusia, material, peralatan, modal dan biaya yang terbatas. Produksi batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex per hari dalam jumlah banyak akan menghasilkan keuntungan yang cukup besar.

Setelah dilakukan analisis mengenai aspek teknis, hasilnya menunjukkan bahwa semua variasi batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex tidak lolos kriteria standar SNI. Dimana pada hasil analisis kuat desak rata-rata batako sekam padi pada komposisi 1:1:8:1 adalah sebesar 4,226 kg/cm² dengan berat volume 740,530 kg/m³ sedangkan kriteria standar SNI bata beton untuk pasangan dinding kuat desak rata-rata sebesar 25 kg/cm². Sedangkan bata ringan bricon dengan kuat desak rata-rata sebesar 28,319 kg/cm² dengan berat volume 764,294 kg/m³ masuk pada kriteria SNI bata beton untuk pasangan dinding. Dengan demikian, nilai kuat bata ringan bricon lebih kuat 85,4% dibandingkan kuat desak rata-rata batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dan berat volume batako sekam padi lebih ringan 3% dibandingkan bata ringan bricon.

Berikut ini Tabel 5.13 yang menyajikan rekapitulasi mutu batako sekam padi dan bata ringan bricon.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Bricon

Komposisi Campuran	Nilai Kuat Desak (kg/cm ²)	Persentase Penyerapan Air (%)	Redaman Panas (°C)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)	Harga Jual/Batako
1:1:8:1	4,226	17,72	2,3	740,530	Rp. 5.830
1:1:8:2	4,465	29,001	3,2	744,318	Rp. 7.301
1:1:8:3	5,000	29,686	3,7	767,045	Rp. 9.141
1:1:8:4	5,495	34,669	4,5	810,606	Rp. 10.979
1:1:8:5	5,641	51,226	4,7	793,561	Rp. 12.819
Bata Ringan Bricon	28,319	38,37	1,1	764,294	Rp. 7.920

Dilihat dari aspek ekonomi harga dan teknis kelayakan terbaik batako sekam padi dengan komposisi 1:1:8:1 dengan nilai kuat desak sebesar 4,226 kg/cm², batako sekam padi berdasarkan kuat desaknya bisa dikategorikan sebagai batako ringan (syarat batako ringan 2 – 6 kg/cm²) dengan harga jual batako di pasaran sebesar Rp. 5.830,- per batako dengan keuntungan perbulan sebesar Rp. 4.860.000,-/bulan.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi harga jual, batako sekam padi yang dihasilkan semakin kuat nilai kuat desaknya karena adanya penggunaan bahan tambah penguat beton Damdex pada campuran batako. Akan tetapi karena batako sekam padi sendiri bersifat *porous* sehingga nilai penyerapan air pada batako sekam padi tinggi.

5.10 Analisis Perbandingan Kelayakan Harga

Untuk membandingkan dengan harga di pasaran, telah dilakukan survey ke 3 toko. Batako hasil penelitian memiliki dimensi 40 cm x 12 cm x 22 cm dengan nilai kuat desak sebesar 4,226 kg/cm², nilai redaman panas sebesar 2,3°C, nilai penyerapan air sebesar 17,72% dengan harga jual Rp. 5.830,- /buah. Sedangkan bata ringan merk Bricon di toko bangunan DM Jaya di Jl. Besi Jangkang memiliki ukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm dengan nilai kuat desak didapatkan sebesar 28,319 kg/cm², nilai redaman panas sebesar 1,1°C, nilai penyerapan air sebesar 38,37% dengan harga jual Rp. 9.000,-/buah.

Agar dapat dibandingkan harganya antara bata ringan merk Bricon dan batako sekam padi maka harga keduanya dihitung per m³. Batako sekam padi dijual Rp. 5.830,-/buah dengan dimensi 40 cm x 12 cm x 22 cm atau Rp. 552.083,- per m³ (dibulatkan). Bata ringan merk Bricon dengan ukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm = 12000 cm³, harga per buah Rp. 9.000,- atau Rp. 756.000,-/m³ (dibulatkan). Jika dikonversikan dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm = 10560 cm³ akan diperoleh batako ringan merk Bricon seharga Rp. 7.920,-/buah. Kemudian volume batako sejenis di pasaran adalah 38 cm x 9 cm x 18 cm = 6156 cm³ dengan harga Rp. 3.000,-/ buah, sehingga jika dikonversikan dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm akan diperoleh harga batako di pasaran sebesar Rp. 5.146,-/per buah.

Dengan bata ringan merk Bricon harganya mencapai Rp. 7.920,-/buah dan batako yang sejenis di pasaran harganya mencapai Rp. 5.146,-/buah, sedangkan harga jual batako sekam padi sebesar Rp. 5.830,-/buah Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex ini dengan bata ringan merk Bricon masih lebih murah 35,8%, sedangkan batako sekam padi dengan batako sejenisnya di pasaran memiliki selisih yang tidak terlalu jauh yaitu 13,3%. Batako sekam padi memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan bata ringan karena menggunakan bahan yang harganya terjangkau dan proses produksinya sangat sederhana dan menggunakan alat press sederhana. Jika dibandingkan dengan bata ringan yang menggunakan bahan yang mahal, proses produksi yang modern dan mahal, seperti alat pengaduk, pencetak, pemotong dan pengering. Berikut ini tabel mengenai perbandingan penelitian batako.

Tabel 5.13 Hasil Perbandingan Penelitian Batako (dikonversikan)

Variasi Batako	Bata ringan merk Bricon	Batako konvensional	Batako sekam padi
Metode Pencetakan	Alat modern, pabrik	Dicetak dengan mesin press	Dicetak dengan mesin press
Hasil	>1000	300	200
Pekerja	>100	2	2
Harga Jual	Rp. 7.920	Rp. 5.146	Rp. 5.830

Setelah dilakukan proses produksi di atas, setelah diamati dapat diketahui bahwa proses produksi yang dicetak pada posisi tidur menggunakan mesin press memiliki kemudahan dalam produksi batako yang presisi dan minim cacat. Sedangkan bata ringan merk Bricon karena dicetak menggunakan alat modern sehingga hasilnya rapi dan menarik. Hal tersebut karena proses produksi batako sekam padi sangat sederhana dibanding dengan proses produksi bata ringan.

Dari pengujian ini didapatkan kuat tekan 4,226 kg/cm² (batako variasi 1) ke 5,641 kg/cm² (batako variasi 5), terdapat kenaikan kuat tekan yang tidak signifikan, yaitu hanya 1,415 kg/cm². Sementara itu, selisih harga pokok produksi batako variasi 1 ke batako variasi ke 5 adalah Rp. 5.824,- dengan selisih kuat desaknya

sebesar $1,415 \text{ kg/cm}^2$, sehingga terdapat kenaikan harga Rp.4.115,90,- per kenaikan 1 kg/cm^2 dalam kuat desak batako.

Sementara itu, pada penelitian Rizal (2021) yang tidak menggunakan bahan tambah Damdex (hanya semen saja), terdapat kenaikan kuat tekan $5,585 \text{ kg/cm}^2$ dan kenaikan biaya sebesar Rp. 1.347,-, yang artinya terdapat kenaikan biaya Rp. $1.347,-/5,585 = \text{Rp. } 241,18$ per kenaikan 1 kg/cm^2 . Artinya, dalam upaya kenaikan kuat tekan 1 kg/cm^2 , diperlukan kenaikan biaya Damdex Rp. 4.115,90,-. Sedangkan jika digunakan semen saja (tanpa Damdex), diperlukan biaya hanya sebesar Rp. 241,18,- atau lebih hemat 17,1 kali lebih murah. Pada akhirnya, apabila diperlukan kenaikan kuat tekan batako, pada adukan material penyusunnya cukup ditambahkan semen saja.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Batako sekam padi dengan bahan tambah Damdex dengan komposisi campuran 1 semen : 1 abu batu : 8 sekam : 5 Damdex, memiliki kuat desak yang paling tinggi yaitu $5,597 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata sebesar $793,561 \text{ kg/cm}^3$ dan nilai penyerapan airnya sebesar $38,37\%$, sehingga batako sekam padi dengan komposisi 1:1:8:1 dapat dikategorikan sebagai batako ringan karena memiliki berat volume $<1.400 \text{ kg/m}^3$.
2. Harga jual batako sekam padi yang optimal adalah pada komposisi 1:1:8:1 yaitu Rp. 5.830,-/buah atau Rp. 552.083,-/m³, sementara itu harga jual Bricon di pasaran adalah Rp. 7.920,-/buah atau Rp. 756.000,-/m³ yang dijual di toko DM Jaya Jl. Besi Jangkang, Yogyakarta. Harga batako sekam padi 35,8% lebih murah. Dalam upaya kenaikan kuat tekan 1 kg/cm^2 , diperlukan kenaikan biaya Damdex Rp. 4.115,90,-. Sedangkan jika digunakan semen saja (tanpa Damdex), diperlukan biaya hanya sebesar Rp. 241,18, atau lebih hemat 17,1 kali lebih murah. Pada akhirnya, apabila diperlukan kenaikan kuat tekan batako, lebih hemat dengan penambahan semen saja.
3. Nilai redaman panas yang paling optimal adalah pada batako sekam padi dengan komposisi 1:1:8:5 yaitu sebesar $4,7^\circ\text{C}$ lebih baik dibandingkan dengan redaman panas bata ringan merk Bricon yang nilai redaman panasnya hanya $1,1^\circ\text{C}$.
4. Bata ringan Bricon memiliki nilai kuat desak rata-rata $28,319 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $764,294 \text{ kg/m}^3$, persentase penyerapan air $38,37\%$, redaman panas sebesar $1,1^\circ\text{C}$ dengan harga jual Rp. 7.920,- per buah.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Proses pencampuran bahan harus dilakukan dengan teliti agar campuran menjadi homogen sehingga tercampur dengan baik dan merata
2. Menggunakan lebih sedikit campuran sekam padi agar menghasilkan produk dengan nilai kuat desak dan penyerapan air yang lebih baik.
3. Menggunakan bahan penguat beton yang memiliki harga yang lebih terjangkau.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R. 2019. Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual. *Tugas Akhir*. dspace.uui.ac.id. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako. *Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982). Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. Peraturan Beton Indonesia 1971. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Heinz, F., dan Koesmartadi, Ch. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hesti, S. I. 2014. Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu sebagai Pengganti Pasir. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ismail, M, S., and Waliuddin, A. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete, *Construction and Building Material* 10: 521-526 (Vol 7).
- Mulyadi. 2007. *Akuntansi Biaya*. Unit Penerbit & Percetakan STIM YKPN. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Murdock, L.J., dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton* Edisi Keempat. Terjemahan oleh Sthephanus Hindarko. Erlangga. Jakarta.
- Poerbo, H. 2001. *Struktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi* Jilid II Detail Struktur dan Konstuksi. Djambatan. Jakarta.
- Rizal, M.. 2021. Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan. 2020. *Luas Panen dan Produksi Beras 2020*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Simbolon, T. 2009. Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Terbuat dari Styrofoam-Semen. *Thesis*. repository.usu.ac.id. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sumaryanto, D., Satyarso, I., Tjokrodimulyo, K. 2009. Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen. *Forum Teknik Sipil No. XIX/1-Januari 2009*.
- Winarno, S. 2018. Comparative Strength and Cost of Rice Husk Concrete Block. *5th International Conference on Sustainable Built Environment, Management of Change for Livable Environment*: 21-26.
- Winarno, S., Rudatin, A., Nugraheni, F. 2015. Inovasi Tandon Air Beton Pracetak: Karakteristik Teknis dan Kelayakan Ekonomi. *Jurnal Teknik Sipil ITB No.1*: 13-22 (Vol 22).
- Winarno, S. dan Pramono, W.A. 2019. *Batako Sekam Padi: Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi*. Laporan Penelitian. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji

**Gambar L 1.1 Batako Sekam Padi
Komposisi 1:1:8:1**



**Gambar L 1.2 Batako Sekam Padi
Komposisi 1:1:8:2**



**Gambar L 1.3 Batako Sekam Padi
Komposisi 1:1:8:3**



**Gambar L 1.4 Batako Sekam Padi
Komposisi 1:1:8:4**



Gambar L 1.5 Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:5

Lampiran 2 Pengujian Kuat Desak



Gambar L 2.1 Pengujian Kuat Desak



Gambar L 2.2 Pengamatan Uji Kuat Desak

Lampiran 3 Pengujian Penyerapan Air



Gambar L 3.1 Potongan Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:1



Gambar L 3.2 Potongan Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:5



Gambar L 3.3 Pemotongan Benda Uji



Gambar L 3.4 Perendaman Benda Uji



Gambar L 3.5 Menyeka Permukaan Batako



Gambar L 3.6 Penimbangan Benda Uji Kondisi Basah



Gambar L 3.7 Pengeringan Benda Uji dengan Oven



Gambar L 3.8 Penimbangan Benda Uji Kondisi Kering

Lampiran 4 Pengujian Redaman Panas

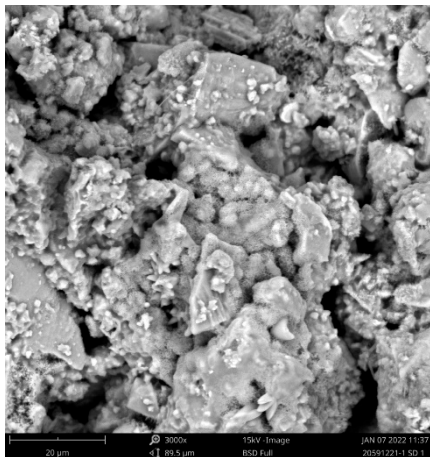


Gambar L 4.1 Penjemuran Batako

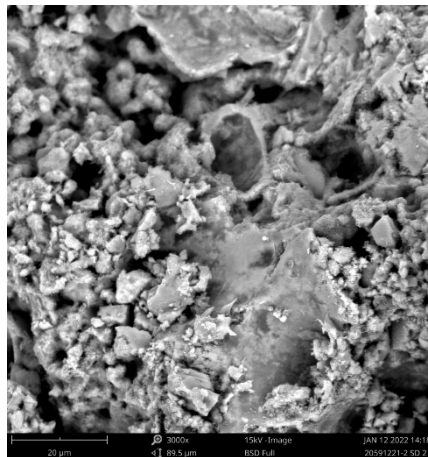


Gambar L 4.2 Pengukuran Suhu T1 dan T2 menggunakan *Thermocouple*

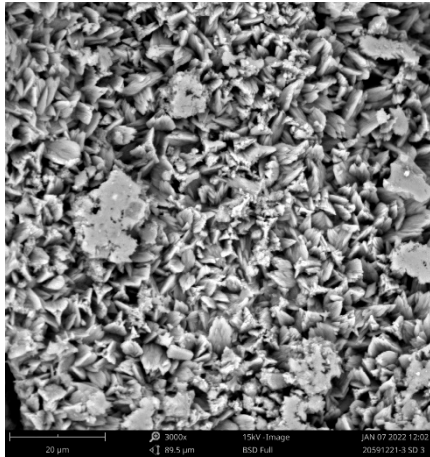
Lampiran 5 Pengujian SEM



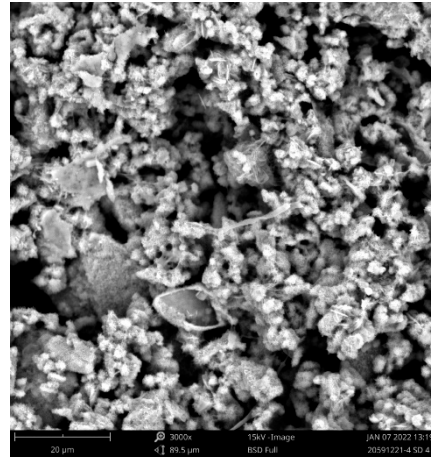
Gambar L 5.1 Pengujian SEM Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:1



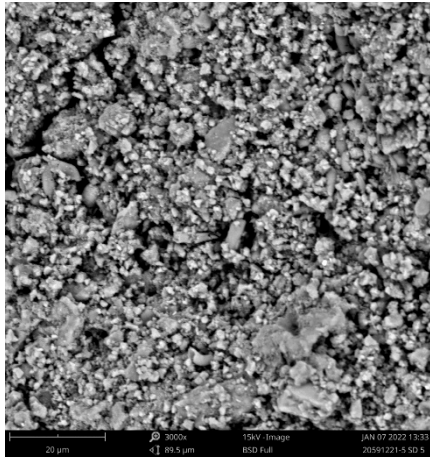
Gambar L 5.2 Pengujian SEM Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:2



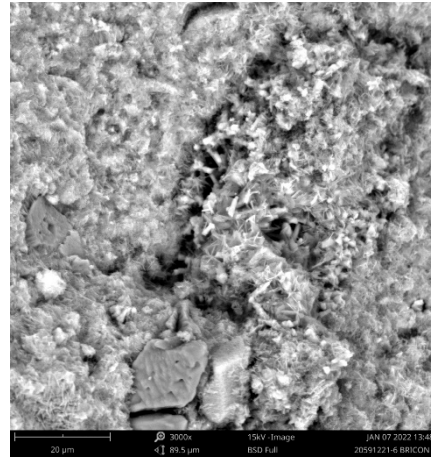
Gambar L 5.3 Pengujian SEM Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:3



Gambar L 5.4 Pengujian SEM Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:4



Gambar L 5.5 Pengujian SEM Batako Sekam Padi Komposisi 1:1:8:5



Gambar L 5.6 Pengujian SEM Bata Ringan Merk Bricon