

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN KIMIA DAMDEX TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA PADA BATAKO SEKAM PADI (THE INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIVE DAMDEX TO ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION COSTS, AND SOUND ABSORPTION ON RICE HUSK CONCRETE BLOCK)

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



**Stevany Aliza Khairani
18511228**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN KIMIA DAMDEX TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA PADA BATAKO SEKAM PADI (THE INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIVE DAMDEX TO ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION COSTS, AND SOUND ABSORPTION ON RICE HUSK CONCRETE BLOCK)

Disusun oleh

Stevany Aliza Khairani
18511228

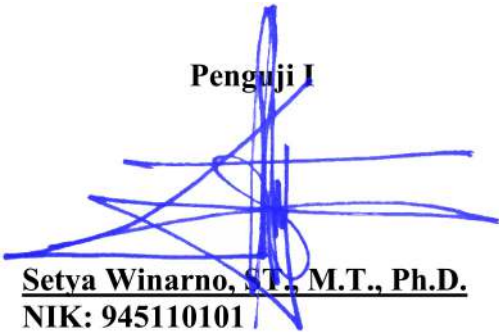
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 5 Agustus 2022

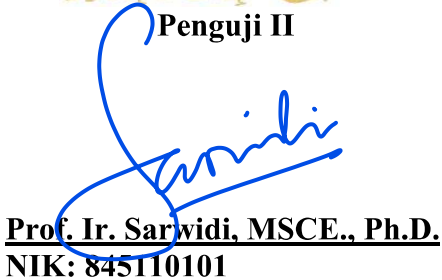
Oleh Dewan Penguji



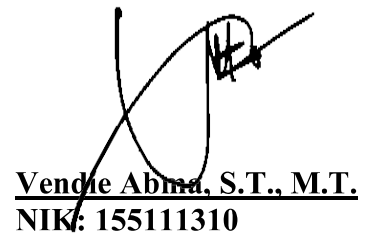
Penguji I


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

Penguji II


Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.
NIK: 845110101

Penguji III


Vendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


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



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 3 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,



Stevany Aliza Khairani
(18511228)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahiim.

Assalaamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Bahan Kimia Damdex Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara pada Batako Sekam Padi" dengan maksimal. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

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

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Setya Winarno, ST., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan dorongan yang diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D. selaku Penguji 2 dalam Sidang Tugas Akhir saya.
4. Vendie Abma, S.T., M.T. selaku Penguji 3 dalam Sidang Tugas Akhir saya.
5. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengujian.
6. Kedua orang tua saya serta adik saya yang selalu memberikan doa, nasihat, dan semangat kepada saya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman penelitian saya Milenia, Annisa, Octaviani, Rizal, dan Fahri yang telah membantu dalam proses penelitian.
8. Teman-teman Teknik Sipil 2018 lainnya yang juga ikut terlibat selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Saya menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan mohon maaf apabila ada kekurangan, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya dan semua pihak yang membaca.

Wassalaamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 5 Agustus 2022

Penulis,



Stevany Aliza Khairani
(18511228)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian	4
1.5 Batasan penelitian	5
1.6 Lokasi penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.1.1 Beton Menggunakan Abu Sekam Padi Tanpa Pengolahan	7
2.1.2 Inovasi Tandon Air Beton Pracetak: Karakteristik Teknis dan Kelayakan Ekonomi	8
2.1.3 Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicetak secara Manual	9
2.1.4 Batako Ringan Sekam Padi sebagai Agregat untuk Bahan Kedap Suara	9
2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan	10
BAB III LANDASAN TEORI	14

3.1	Batako	14
3.2	Material Penyusun Batako	17
3.2.1	Semen <i>Portland</i>	17
3.2.2	Air	19
3.2.3	Sekam Padi	19
3.2.4	Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggergajian Batu	20
3.2.5	Bahan Kimia Tambah	21
3.3	Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan	21
3.3.1	Uji Kuat Desak	21
3.3.2	Uji Penyerapan Air	22
3.3.3	Uji Redaman Suara	23
3.3.4	Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	24
3.4	Harga Pokok Produksi	24
3.5	BEP (<i>Break Even Point</i>)	26
BAB IV METODE PENELITIAN		27
4.1	Umum	27
4.2	Pelaksanaan Penelitian	27
4.2.1	Tahap Persiapan Penelitian	27
4.2.2	Perencanaan Komposisi	29
4.2.3	Pelaksanaan Penelitian	31
4.3	Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	36
4.3.1	Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi	36
4.3.2	Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium	36
4.3.3	Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi	43
4.3.4	Tahap Analisis Data dan Pembahasan	44
4.3.5	Tahap Kesimpulan	44
4.3.6	Bagan Alir Penelitian	44
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		46
5.1	Tinjauan Umum	46
5.2	Perhitungan Berat Volume Batako Sekam Padi	46
5.3	Perhitungan Kebutuhan Campuran	51

5.4	Pengamatan Proses Produksi	53
5.5	Pengujian Kuat Desak	54
5.6	Pengujian Penyerapan Air	57
5.7	Pengujian Redaman Suara	61
5.8	Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	63
5.9	Perhitungan Harga Pokok Produksi	67
5.10	Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu	74
5.11	Analisis Perbandingan	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		79
6.1	Kesimpulan	79
6.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batako Tidak Berlubang	14
Gambar 3.2	Batako Berlubang	15
Gambar 3.3	Skema Uji Desak	22
Gambar 3.4	Skema Pengujian Redaman Suara	24
Gambar 4.1	<i>Mixer Machine</i>	28
Gambar 4.2	<i>Press Machine</i>	28
Gambar 4.3	Cetakan Batako	29
Gambar 4.4	Pengukuran Sekam Padi dan Abu Batu	31
Gambar 4.5	Menimbang Komposisi Bahan Campuran	32
Gambar 4.6	Proses Memasukkan Bahan Campuran	33
Gambar 4.7	Proses Pencampuran	33
Gambar 4.8	Proses Cetakan	35
Gambar 4.9	Batako Segar	35
Gambar 4.10	Pemberian Nama Batako	37
Gambar 4.11	Mengukur Dimensi	38
Gambar 4.12	Mengukur Timbangan	38
Gambar 4.13	Proses Pengujian	39
Gambar 4.14	Pemotongan Batako	40
Gambar 4.15	Penimbangan Benda Uji	40
Gambar 4.16	Proses Perendaman Benda Uji	41
Gambar 4.17	Pengeringan dalam Oven	41
Gambar 4.18	Penimbangan Batako Kering	42
Gambar 4.19	Pengujian Redaman Suara	43
Gambar 4.20	Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 5.1	Batako Sekam Padi	47
Gambar 5.2	Ember Ukur	48
Gambar 5.3	Kurva Berat Volume Rata-rata Batako Sekam Padi dan Bricon	51

Gambar 5.4	Kurva Pengujian Kuat Desak	57
Gambar 5.5	Kurva Penyerapan Air	61
Gambar 5.6	Kurva Redaman Suara	63
Gambar 5.7	Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%	64
Gambar 5.8	Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%	64
Gambar 5.9	Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%	65
Gambar 5.10	Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%	65
Gambar 5.11	Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%	66
Gambar 5.12	Hasil Uji SEM Bata Ringan Bricon	66
Gambar 5.13	Detail Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3.1	Syarat-syarat Fisik Bata Beton	16
Tabel 3.2	Ukuran Bata Beton	17
Tabel 3.3	Kandungan Kimia Sekam Padi	20
Tabel 4.1	Komposisi Bahan Susun Batako	30
Tabel 4.2	Komposisi Campuran Damdex terhadap Volume Semen dalam Batako Sekam Padi	31
Tabel 5.1	Berat Bahan Batako Sekam Padi	47
Tabel 5.2	Berat Volume Bahan Batako Sekam Padi	49
Tabel 5.3	Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Batako	50
Tabel 5.4	Perbandingan Campuran pada Batako Sekam Padi	51
Tabel 5.5	Komposisi Campuran Batako Sekam Padi	53
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Desak	56
Tabel 5.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian Penyerapan Air	59
Tabel 5.8	Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Penyerapan Air	60
Tabel 5.9	Hasil Pembacaan Pengujian Redaman Suara	62
Tabel 5.10	Rekapitulasi Hasil Pengujian Redaman Suara	62
Tabel 5.11	Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Bata Ringan Bricon	75
Tabel 5.12	Hasil Perbandingan Batako Konversi	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Penggunaan Laboratorium	84
Lampiran 2	Gambar Benda Uji	86
Lampiran 3	Pengujian Kuat Desak	87
Lampiran 4	Pengujian Penyerapan Air	89
Lampiran 5	Pengujian Redaman Suara	92
Lampiran 6	Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	93

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

σ	= Kuat Desak (kg/cm^2)
P	= Beban Maksimum (kg)
A	= Luas Penampang (cm^2)
gr	= Gram
kg	= Kilogram
kgf	= Kilogram Force
cm	= Centimeter
m	= Meter
mm	= Milimeter
dB	= Desibel
MPa	= Megapascal
AB	= Abu Batu
SP	= Sekam Padi
RHA	= <i>Rice Husk Ash</i>
BV	= Berat Volume (gr/cm^3)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
$PUBI$	= Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i> / Jenuh Kering Permukaan
PC	= <i>Portland Cement</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>
$SHBJ$	= Standar Harga Barang dan Jasa

ABSTRAK

Batako merupakan bahan bangunan yang terbuat dari pasir, semen, dan air yang digunakan sebagai material dinding bangunan. Untuk membuat batako ringan, agregat pasir dapat digantikan sekam padi, yang merupakan sisa dari pengolahan hasil pertanian. Untuk meningkatkan kekuatan batako, bahan susun batako dapat ditambahkan bahan kimia Damdex. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan bahan kimia Damdex dalam bahan susun batako terhadap kuat desak, penyerapan air, biaya produksi, dan redaman suara. Damdex adalah bahan pencampur semen yang dapat meningkatkan kekuatan beton. Hasil dari penelitian ini dibandingkan dengan pengujian pada bata ringan Bricon.

Tahap awal penelitian ini adalah dengan membuat sampel yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian yang berupa pengujian di laboratorium. Bahan susunnya meliputi semen, abu batu, sekam padi dan Damdex yang dicampur dalam berbagai komposisi. Sesuai dengan SNI 03-0349-1989, pengujian yang dilakukan meliputi kuat desak, penyerapan air. Selain itu, akan dilakukan pengujian redaman suara serta dihitung harga pokok produksinya. Dilakukan pula pengujian pada bata ringan Bricon dengan tipe pengujian yang sama sebagai pembanding.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batako sekam padi dengan tambahan Damdex komposisi campuran 1:1:8:5 memiliki nilai kuat desak tertinggi 5,641 kg/cm², berat volume rata-rata 804,924 kg/m³. Untuk pengujian penyerapan air komposisi campuran 1:1:8:1 memiliki nilai 17,720% termasuk mutu batako I, campuran 1:1:8:2 dengan nilai 29,001%, campuran 1:1:8:3 dengan nilai 29,686%, dan campuran 1:1:8:4 dengan nilai 34,669% termasuk mutu batako II. Harga jual batako sekam padi optimal terdapat pada komposisi campuran 1:1:8:1 yaitu Rp5.893,-/buah, lebih murah 26% dari Bricon dan lebih murah 5% dari batako di pasaran. Untuk redaman suara batako sekam padi komposisi campuran 1:1:8:5 nilai daya redaman lebih baik dari campuran lainnya yaitu 27,5 dB. Dan sebagai pembanding nilai kuat desak Bricon 28,319 kg/cm², berat volume rata-rata 755,556 kg/m³, nilai penyerapan air tidak masuk dalam kategori mutu batako, nilai daya redaman suara 22,8 dB, dan harga jual setelah dikonversi Rp7.920,-/buah.

Kata kunci: batako, sekam padi, damdex

ABSTRACT

Concrete blocks are the preferred construction material made of sand, cement, and water used in the construction of building walls. In order to make lightweight concrete blocks, sand can be substituted with rice husks as agricultural waste. To increase the strength of concrete blocks, concrete blocks can be added with some chemical additive Damdex. This study aims to determine the effect of chemical additives Damdex on the mixture of concrete blocks in terms of compressive strength, water absorption, production costs, and sound absorption. Damdex is a cement mixing material that can increase the strength of concrete. The results of this study were compared with the Bricon lightweight concrete laboratory test.

The initial stage of this research is to make samples, then it continues with laboratory 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 sound absorption 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 study showed that the rice husk concrete block with the addition of Damdex in a mixture composition of 1:8:5 had the highest compressive strength value of 5,641 kg/cm², with an average volume weight of 804,924 kg/m³. For the water absorption test the composition of 1:1:8:1 mixture has a value of 17.720% including the quality of concrete block I, a mixture of 1:1:8:2 with a value of 29.001%, a mixture of 1:8:3 with a value of 29.686%, and a mixture of 1:1:8:4 with a value of 34,669% including the quality of concrete block II. The optimal selling price of rice husk bricks is found in the 1:1:8:1 mixture composition, which is Rp.5,893,-/pcs, 26% cheaper than Bricon and 5% cheaper than bricks on the market. For the absorption of the sound of the rice husk bricks with a composition of 1:1:8:5 the attenuation power value is better than the other mixtures, which is 27.5 dB. And as a comparison, the Bricon pressure strength value is 28.319 kg/cm², the average volume weight is 755.556 kg/m³, the water absorption value is not included in the brick quality category, the sound absorption value is 22.8 dB, and the selling price after conversion is Rp.7,920, -/pcs.

Keywords: concrete block, rice husk, damdex

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan bahan bangunan di Indonesia saat ini semakin berkembang, hal ini membuat kebutuhan akan bahan bangunan juga meningkat. Bahan bangunan yang biasa digunakan untuk struktur terdiri dari dinding, lantai, atap, dan bahan lainnya. Salah satu bahan pembuat dinding yang sudah terkenal dan menjadi pilihan masyarakat di Indonesia pada saat ini adalah batu bata dan batako. Batako merupakan bahan struktur pilihan untuk menggantikan batu bata yang terbuat dari agregat, campuran semen, dan air dengan memanfaatkan komposisi tertentu yang banyak digunakan dalam pembangunan dinding bangunan. Saat ini, batako telah banyak digunakan pada bangunan tempat tinggal sebagai pengganti batu bata yang bertujuan untuk mempercepat waktu pembangunan. Kualitas batako dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis semen yang digunakan, bahan tambahan pada kualitas pasir, agregat yang digunakan, kelembaban, dan suhu selama pengeringan. Pada umumnya karakteristik batako memiliki berat volume rata-rata $>2000 \text{ kg/m}^3$, dengan kuat desak yang berkomposisi yaitu 3 MPa - 5 MPa (Simbolon, 2009).

Dilihat dari berat volumenya batako termasuk material yang cukup berat, sehingga berat volume batako dapat dikurangi dengan cara pada saat pembuatannya dapat menggunakan bahan-bahan yang ringan, seperti sekam padi, ijuk, batu apung, *styrofoam*, dan ampas tebu sebagai komponen agregat. Berdasarkan data dari Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan (2020), terdapat 55,16 juta ton hasil padi kering di Indonesia, yang berarti akan menghasilkan sekitar 16,54 juta ton sekam padi (atau sekitar 30% dari padi kering). Dari banyaknya jumlah sekam padi tersebut maka pelaku konstruksi akan mendapatkan tantangan baru untuk memanfaatkan sekam padi sebagai agregat batako yang akan dipakai dalam produksi berskala besar dan tetap harus mengacu pada standar teknis sesuai SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Dalam beberapa tahun terakhir sudah banyak penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan material-material sisa yang terbuang atau limbah, terutama sisa hasil pertanian untuk material beton atau batako. Beberapa contoh beton ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan abu sekam padi tanpa pengolahan seperti dalam penelitian Zerbino dkk (2011) yang bertujuan untuk menganalisis kelayakan dan keuntungan ekonomis untuk penggunaan abu sekam padi (*rice husk ash*) residu alami pada beton struktural konvensional dan material berbasis semen lainnya. Penggabungan RHA alami dalam beton merupakan alternatif yang baik untuk mengambil keuntungan atau untuk pembuangan residu, bahkan tanpa optimasi sebelumnya melalui proses penggilingan.

Winarno, dkk (2015) dalam penelitian inovasi tandon air beton pracetak menggunakan bahan kimia Damdex untuk mempercepat dan membuat kedap air dengan komposisi bahan injeksi yang optimal yaitu 1 semen : 1 pasir halus : 0,5 air : 0,05 bahan kimia. Tandon air yang sudah diinjeksi kemudian diuji kebocorannya keesokan harinya. Metode yang akan dilakukan untuk pengujian sangat sederhana yaitu tandon diisi dengan air sampai penuh, lalu dilakukan pengamatan di titik-titik sambungan yang akan dilakukan 4x sehari dan berlangsung selama 30 hari. Setelah 30 hari, sambungan antar panel pracetak dicek kembali dan hasil pengujian ini menunjukkan bahwa tidak ada kebocoran sama sekali.

Amali (2019) dalam penelitian inovasi batako sekam padi yang dicetak secara manual tanpa mesin memiliki kemudahan produksi batako yang baik, presisi, dan tanpa cacat. Pembuatan batako dilakukan dengan menggunakan mesin pencampur dan dicetak secara manual yang terdiri dari 2 proses. Proses yang pertama adalah pengambilan bahan baku dengan kaleng ukur yang terdiri dari sekam padi, semen, dan abu batu kemudian dituang ke dalam mesin pencampur untuk proses pencampuran, sedangkan pada proses yang kedua adalah pemindahan campuran atau hasil adukan bahan susun dari alat pencampur ke cetakan. Proses pencetakan dilakukan dalam posisi tidur dan tidak menggunakan mesin press berpeggetar melainkan dilakukan secara manual yaitu dengan cara ditusuk-tusuk dan dipukul-pukul untuk proses pemadatan.

Berutu (2010) dalam penelitian penggunaan sekam padi sebagai bahan tambahan pembuatan batako ringan guna menentukan perbandingan bahan penyusun batako ringan yang terbaik, melalui sifat mekanik dan fisik bata ringan, dan dapat membandingkan redaman suara batako ringan dengan batako konvensional. Komposisi bahan susunnya adalah semen, pasir, dan sekam padi serta air dalam perbandingan berat. Komposisi sekam padi berkombinasi mulai dari 0% sampai dengan 5%. Semakin banyak proporsi sekam padi, berat volume kuat tekan, kuat impak, dan kekerasan semakin rendah, namun penyerapan air dan redaman suara membesar.

Saat ini sudah banyak dijual bata ringan berwarna putih yang menggantikan bata merah dan batako konvensional, salah satunya adalah bata ringan Bricon. Bata ringan Bricon sangat mudah dijumpai di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya, dan merupakan produk berbahan material yang ramah lingkungan. Bata ringan ini memiliki berat volume sekitar 600 kg/m^3 yang cukup ringan dibandingkan dengan batako konvensional dengan berat volume sekitar 2000 kg/m^3 . Untuk harga dari bata ringan Bricon adalah sekitar Rp750.000,- per m^3 . Bentuk bata ringan Bricon memiliki dimensi dengan presisi yang tinggi, sehingga pada saat pemasangan, antar bata ringan cukup direkatkan dengan mortar atau lem khusus, dengan ketebalan 3 mm–5 mm dan memiliki rongga-rongga udara di dalamnya sehingga ditengarai memiliki redaman suara yang baik.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya batako sekam padi dapat dibuat lebih presisi dan bisa bersaing dengan bata ringan. Di samping itu, rongga-rongga udara dalam batako sekam padi juga ditengarai memiliki sifat redaman suara yang baik dan dapat bersaing pula dengan bata ringan. Penelitian tentang batako dengan agregat sekam padi merupakan sebuah tantangan baru dengan merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya. Sifat presisi, aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara perlu diuji dan dibandingkan pada kedua material dinding tersebut, yaitu material batako sekam padi dan bata ringan Bricon.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana komposisi tambahan bahan kimia Damdex yang optimal dalam pembuatan batako sekam padi yang memenuhi aspek teknis?
2. Bagaimana harga pokok produksi batako sekam padi dengan tambahan bahan kimia Damdex yang optimal?
3. Bagaimana nilai redaman suara pada batako sekam padi dengan tambahan bahan kimia Damdex?
4. Bagaimana nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi tambahan bahan kimia Damdex dalam pembuatan batako sekam padi yang memenuhi aspek teknis.
2. Mengetahui harga pokok produksi batako sekam padi dengan tambahan bahan kimia Damdex.
3. Mengetahui nilai redaman suara pada batako sekam padi dengan tambahan bahan kimia Damdex.
4. Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan yang ada di pasaran.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat antara lain sebagai berikut.

1. Pemilik toko bangunan, konsultan, dan kontraktor dapat memberikan komposisi material dinding berupa batako sekam padi dengan tambahan bahan kimia Damdex untuk pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur yang lain.

2. Dalam skala yang lebih luas, bangunan menjadi lebih ringan dapat mendukung konsep rumah tahan bencana gempa bagi perencanaan bangunan.

1.5 Batasan penelitian

Batasan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bahan kimia digunakan adalah merek Damdex, yang sudah digunakan dalam pengerasan beton pada Winarno dkk (2015).
2. Untuk menjadikan batako lebih ringan dari hasil penelitian Winarno (2019). Komposisi yang dipakai adalah 1 semen : 1 abu batu : 8 sekam padi, sedangkan proporsi bahan tambah kimia Damdex berkomposisi mulai dari komposisi 1 sebanyak 0,2 liter, komposisi 2 sebanyak 0,4 liter, komposisi 3 sebanyak 0,6 liter, komposisi 4 sebanyak 0,8 liter, dan komposisi 5 sebanyak 1 liter. Setiap komposisi campuran menghasilkan 7 sampel batako.
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 suara.
5. Perhitungan biaya produksi batako sekam padi menggunakan harga pada SHBJ (Standar Barang Harga dan Jasa) Sleman Tahun 2022 dan data-data survei di wilayah Sleman.
6. Bata ringan yang dipakai sebagai pembanding adalah bata ringan merek 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 dan redaman suara dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII sedangkan pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
9. Orientasi penelitian diasumsikan untuk usaha.

1.6 Lokasi penelitian

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

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

2.1.1 Beton Menggunakan Abu Sekam Padi Tanpa Pengolahan

Zerbino dkk. (2015) telah meneliti beton yang mengandung abu sekam padi tanpa pengolahan. Sekam padi merupakan residu yang tidak sesuai sebagai pakan ternak karena kandungan nutrisinya yang rendah. Komposisi silikanya tahan terhadap degradasi alami, yang menghasilkan masalah akumulasi limbah yang serius. Di daerah penghasil beras di Brazil, pembakaran abu, selain menjadi metode yang sangat efektif untuk mengurangi volume sekam padi, juga digunakan untuk pembangkit energi. Saat dibakar, sekam padi menghasilkan sejumlah besar abu sekam padi (*rice husk ash*). Rata-rata setiap ton beras menghasilkan 200 kg sekam, yang pada pembakaran sempurna menghasilkan 40 kg RHA.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah abu sekam padi alami merupakan residu yang cenderung dimasukkan ke dalam bahan berbasis semen dan mengurangi kandungan semen dengan konsekuensi dampak lingkungan yang positif, hasil ini secara definitif membuktikan bahwa penggabungan RHA alami dalam beton merupakan alternatif yang baik untuk mengambil keuntungan atau untuk pembuangan residu, bahkan tanpa optimasi sebelumnya melalui proses penggilingan. Ini merupakan dampak positif ekologis yang signifikan, dan membuka kemungkinan menarik untuk diterapkan dalam konstruksi skala kecil. Pada penelitian ini, komposisi campuran kontrol (C) tanpa RHA, dan dua beton yang menggantikan 15% berat semen oleh NRHA (RHA alami) dan GRHA

(*Grinded* RHA) didapatkan hasil kuat tekan pada 28 hari (rata – rata tiga benda uji) 27 MPa untuk beton kontrol, 33 MPa untuk GRHA, dan 30,3 MPa untuk NRHA.

2.1.2 Inovasi Tandon Air Beton Pracetak: Karakteristik Teknis dan Kelayakan Ekonomi

Winarno dkk (2015) telah meneliti inovasi tandon air beton dengan metode pracetak yang sesuai dengan karakteristik teknis SNI. Penelitian ini diawali dengan melakukan peninjauan pada pabrik pembuatan tandon air beton, selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik bahan-bahan untuk pembuatan beton dan panel-panel pracetak beserta diameter besi tulangan dengan berbagai macam komposisi sebagai perkuatan, selanjutnya diinjeksi menggunakan bahan kimia tambahan untuk mencegah kebocoran panel-panel pracetak akan disambung. Untuk kekuatan struktur akan diuji terhadap kuat desak dan kuat lentur. Sedangkan untuk keamanan di bawah tanah seperti di garasi mobil akan dilakukan dengan cara optimasi dalam penentuan diameter besi tulangan. Kemudian dilakukan studi kelayakan ekonomi melalui perhitungan harga pokok produksi, yang kemudian dibandingkan dengan harga pasar melalui survei.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah komposisi campuran dengan perbandingan 1 : 2 : 2 : 1 menggunakan material beton seperti semen, kerikil, pasir kasar, dan pasir halus menghasilkan kuat desak beton sebesar 25,31 MPa. Untuk panel pracetak sebesar 6 cm yang diperkuat dengan besi anyaman diameter 2,6 mm memiliki angka aman 187% yaitu sudah cukup memadai untuk standar keselamatan di bidang teknik sipil. Dan apabila terjadi kebocoran pada sambungan antar panel pracetak untuk pencegahannya dapat diatasi dengan menggunakan bahan kimia tambahan dengan komposisi campuran 1 semen : 1 pasir halus : 0,5 air : 0,05 bahan kimia Damdex. Dan untuk perhitungan harga tandon air beton pracetak volume 1000 liter di Yogyakarta adalah sebesar Rp1.300.000,- dan sudah cukup mampu bersaing dengan tandon air beton konvensional sebesar Rp1.350.000,- dan tandon air *stainless steel* sebesar Rp2.125.000,-.

2.1.3 Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicitak secara Manual

Amali (2019) melanjutkan penelitian Hesti (2014) yang metode pencetakannya menggunakan mesin cetak berpengetar dan batako dicetak dalam posisi berdiri dan penelitian Winarno (2019) memperbaiki komposisi batako sekam padi dengan menambahkan adukan pasir semen pada sisi-sisi batako yang rapuh agar tidak mudah berubah bentuk. Pada penelitian ini proses pencetakan batako dilakukan dengan posisi tidur dan tidak menggunakan mesin. Dan dalam penelitian ini juga akan menganalisis harga batako yang akan dibandingkan dengan harga batako sejenis yang ada di pasaran.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah batako segar yang baru saja dicetak secara manual tanpa mesin memiliki kemudahan produksi yang baik, presisi, dan tanpa cacat. Sampel yang telah dibuat akan dilakukan pengujian uji tekan dan didapatkan hasil komposisi campuran yang paling baik adalah batako komposisi I dengan perbandingan 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi karena memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar $79,472 \text{ kg/cm}^2$ dan termasuk dalam kategori mutu kelas II (batas minimal mutu kelas II adalah 70 kg/cm^2 menurut standar SNI 03-0349-1989). Komposisi lain yang memenuhi nilai kuat tekan sesuai standar SNI 03-0349-1989 adalah komposisi II dengan nilai kuat tekan rata-rata $51,120 \text{ kg/cm}^2$, komposisi III dengan nilai kuat tekan rata-rata $35,637 \text{ kg/cm}^2$, komposisi IV dengan nilai kuat tekan rata-rata $26,342 \text{ kg/cm}^2$, dan komposisi V dengan nilai kuat tekan rata-rata 25.240 kg/cm^2 . Untuk komposisi VI sampai X tidak memenuhi kuat tekan menurut standar SNI karena komposisi sekam padi yang semakin banyak sehingga mengakibatkan nilai kuat tekannya semakin rendah. Dan untuk harga batako dari hasil penelitian diperoleh 1,88% lebih mahal dari harga di pasar, sehingga dapat dinyatakan tidak layak secara ekonomi.

2.1.4 Batako Ringan Sekam Padi sebagai Agregat untuk Bahan Kedap Suara

Berutu (2010) telah meneliti pembuatan batako ringan yang terbuat dari sekam padi, semen, dan pasir dengan tujuan memanfaatkan sekam padi sebagai bahan tambahan pembuatan batako ringan kedap suara. Parameter pengujian yang dilakukan yaitu massa jenis, daya serap air, kuat tekan, kuat impak, kekerasan dan

peredaman suara. Pembuatan batako ringan dengan campuran semen, pasir dan sekam padi dibuat dengan waktu pengerasan konvensional selama 28 hari. Karakteristik batako ringan dapat diketahui dengan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Sifat fisik yaitu meliputi massa jenis, daya serap air, dan redaman suara. Sedangkan sifat mekanik yaitu meliputi kuat tekan, kuat impak, dan kekerasan suatu material.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah komposisi perbandingan sekam padi terhadap pasir terdiri dari 1:79; 2:78; 3:77, 4:76; dan 5:75 dalam perbandingan berat dan waktu pengerasan dilakukan selama 28 hari. Setelah dilakukan pengerasan selama 28 hari dilakukan pengujian terhadap seluruh sampel batako dengan nilai densitas $1,49 \text{ gr/cm}^3$ - $1,78 \text{ gr/cm}^3$, nilai serapan air 9,99% - 14,92%, nilai kuat tekan 1,9 MPa - 6,47 MPa, nilai kuat impak $633,99 \text{ J/m}^2$ - $1032,08 \text{ J/m}^2$, nilai kekerasan 86VHN - 117VHN dan mampu menyerap suara pada frekuensi 125, 250, 500, 1000, dan 2000 Hz sekitar 1,0% - 10,47%.

2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Zerbino dkk. (2011)	Winarno dkk. (2015)	Amali (2019)	Berutu (2010)
Judul	<i>Concrete incorporating rice-husk ash without processing</i>	Inovasi Tandon Air Beton Pracetak: Karakteristik Teknis dan Kelayakan Ekonomi	Inovasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual	Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan dengan Memanfaatkan Sekam Padi Sebagai Agregat Untuk Bahan Kedap Suara
Tujuan Penelitian	Untuk menganalisis kelayakan dan keuntungan ekonomis untuk penggunaan RHA residu alami (tanpa kontrol pembakaran dan pengoptimalan penggilingan) pada beton struktural konvensional dan bahan berbasis semen lainnya	Untuk melakukan inovasi baru berupa tandon air beton pracetak melalui pengkajian karakteristik teknis dan kelayakan ekonomi dalam usaha produksi tandon air yang tujuannya untuk kepentingan rumah tangga yang menggunakan air PAM sebagai pasokan air bersih	Untuk menguji sifat fisik dan mekanik batako dan menganalisa harga hasil penelitian yang kemudian akan dibandingkan dengan harga batako sejenis di pasaran	Untuk pemanfaatan sekam padi sebagai bahan tambahan pembuatan batako ringan, mengetahui rasio terbaik pembuatan batako ringan, mengetahui sifat mekanik dan fisik batako ringan, dan membandingkan kedap suara batako ringan dengan bata konvensional

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Zerbino dkk. (2011)	Winarno dkk. (2015)	Amali (2019)	Berutu (2010)
Metode Pencetakan	Menggunakan cetakan manual	Menggunakan beton pracetak	Menggunakan cetakan manual dan dicetak dalam posisi tidur	Menggunakan cetakan manual
Bahan tambah	Abu sekam padi	Bahan kimia Damdex	Sekam padi dan abu batu	Sekam padi
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan abu sekam padi dapat digunakan walaupun diperoleh tanpa kontrol pembakaran (residu RHA). Ini merupakan dampak positif ekologis yang signifikan, dan membuka kemungkinan menarik untuk	Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel pracetak yang sesuai standar SNI memiliki kuat desak beton rata-rata 25,8 MPa dan kuat lentur terendah 157,23 kg.m pada perkuatan dengan besi anyaman 2,6 mm. Tandon ini aman untuk diletakkan di bawah garasi mobil keluarga dengan faktor aman sebesar 187%. Perhitungan harga tandon air beton pracetak volume 1000	Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran terbaik untuk batako konvensional adalah batako komposisi I dengan perbandingan 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi, karena memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 79,472 kg/cm ² dan termasuk dalam kategori mutu kelas II. Komposisi lain yang memenuhi nilai kuat tekan menurut standar SNI 03-0349-1989 adalah dengan nilai kuat	Hasil penelitian menunjukkan komposisi bata sekam padi yang terbaik dalam hal kedap suara adalah komposisi 5% sekam padi dan 75% pasir dengan persentase semen tetap 20% dan waktu pengerasan alami 28 hari, suara daya serap sekam padi dengan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Zerbino dkk. (2011)	Winarno dkk. (2015)	Amali (2019)	Berutu (2010)
	diterapkan dalam konstruksi skala kecil. Pada penelitian ini, komposisi campuran kontrol (C) tanpa RHA, dan dua beton yang menggantikan 15% berat semen oleh NRHA (RHA alami) dan GRHA (Grinded RHA) diperoleh hasil kuat tekan pada 28 hari (rata-rata tiga benda uji) 27 MPa untuk beton control, 33 MPa untuk GRHA, dan 30.3 MPa untuk NRHA	liter di Yogyakarta sebesar Rp1.300.000,- yang relatif dapat bersaing dengan tandon air beton konvensional sehingga Rp1.350.000,- dan tandon air stainless steel sebesar Rp2.125.000,-	tekan rata-rata 51,120 kg/cm ² , 35,637 kg/cm ² , dan 26,342 kg/cm ² , dan 25.240 kg/cm ² . Komposisi yang tidak memenuhi kuat tekan yang dipersyaratkan SNI karena semakin banyak komposisi sekam padi maka semakin rendah nilai kuat tekannya	komposisi 5% pada frekuensi: 250, 500, 1000, dan 2000 Hz, dengan tingkat penyerapan suara pada masing-masing frekuensi: 2,24%, 6,76%, 10,47% dan 0,63%, dan sifatnya batak ringan yang dihasilkan dengan campuran 5% sekam padi adalah sebagai berikut: berat jenis 1,49 gr/cm ³ , daya serap air 14,92%, kuat tekan 1,90 MPa, kuat impak 961,80 J/m ² dan kekerasan 90,0 VHN

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Menurut SNI 03-0349-1989 batako adalah jenis elemen bangunan berbentuk bata yang terbuat dari bahan utama semen *portland*, air, dan agregat yang digunakan untuk pasangan dinding. Menurut bentuknya batako dibedakan menjadi dua yaitu batako berlubang (*hollow block*) dan batako tidak berlubang (*solid block*). Batako berlubang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume batas seluruhnya. Sedangkan batako tidak berlubang atau bata beton pejal adalah bata yang mempunyai penampang pejal 75% atau lebih dari total luas penampang dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% dari total volume bata. Batako tidak berlubang dan batako berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Batako Tidak Berlubang



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Batako dianggap baik apabila setiap permukaannya rata dan saling tegak lurus, serta memiliki nilai kuat tekan yang tinggi. Persyaratan batako menurut PUBI-(1982) pasal 6 adalah “permukaan batako harus mulus, berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus sudah kering, berukuran panjang ± 400 mm, \pm lebar 200 mm, dan tebal 100-200 mm, kadar air 25-35% dari berat, dan kuat tekan antara 2-7 N/mm²”.

Menurut Supribadi (1986), keuntungan pemakaian batako sebagai pengganti batu bata sebagai berikut.

1. Setiap m² pasangan tembok membutuhkan batako lebih sedikit daripada menggunakan batu bata, sehingga secara kuantitatif ada pengurangan.
2. Pembuatannya mudah dan ukurannya sama.
3. Berukuran besar sehingga waktu dan biaya pemasangan juga lebih hemat.
4. Untuk batako jenis berlubang dapat berfungsi sebagai isolasi udara.
5. Tidak perlu diplester apabila pekerjaan dilakukan dengan rapi.
6. Untuk sambungan tertentu akan lebih mudah dipotong.
7. Tidak perlu direndam air saat sebelum pemakaian.

Sedangkan menurut Frick dan Koemartadi (1999), batako memiliki beberapa keuntungan pemakaian jika dibandingkan dengan bata merah sebagai berikut.

1. Terdapat penghematan karena lebih sedikit jumlah batako yang dibutuhkan pada setiap m² luas dinding.
2. Penghematan dalam penggunaan adukan sampai 75%.
3. Berat tembok lebih ringan sehingga beban yang diterima pondasi juga berkurang.
4. Bentuk batako memiliki komposisi yang cukup banyak dan jika kualitas batako yang dihasilkan baik maka tembok tidak perlu dipleseter.
5. Pembuatannya mudah 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	Sa- tu- an.	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* ra- ta-rata min.	kg/ cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat-tekan bruto masing- masing ben- da uji min.	kg/ cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	—	—	25	35	—	—

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

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

satuan : mm

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

Berdasarkan persyaratan mutu bata beton dibagi menjadi empat tingkat mutu, mulai dari tingkat mutu I sampai dengan tingkat mutu IV sebagai berikut.

1. Bata beton mutu I, yaitu beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
2. Bata beton mutu II, yaitu 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, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya (dibawah atap).
4. Bata beton mutu IV, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi seperti yang digunakan pada 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 *portland* adalah semen yang dapat mengeras apabila bereaksi dengan air yang dihasilkan dengan memproduksi klinker, terutama dari kalsium silikat terhidrolisis bersama dengan gips sebagai aditif. Semen dalam proses konstruksi

beton merupakan bahan pengikat yang terkenal dan paling banyak digunakan. Pada dasarnya menurut Kardiyono Tjokrodimulyo (1996) semen *Portland* terdiri dari 4 unsur penting yaitu sebagai berikut.

1. *Trikalsium Silikat* (C_3S), memiliki sifat hampir yang sama dengan semen yaitu menjadi kaku dan mengeras jika ditambahkan air. C_3S mendukung kekuatan awal semen dan menghasilkan panas hidrasi sekitar 58 kalori/gram setelah 3 hari.
2. *Dilkasium Silikat* (C_2S), setelah reaksi ditambahkan air pasta akan mengeras dan menghasilkan panas 12 kalori/gram setelah 3 hari dan perkembangan kekuatannya akan stabil dan lambat dalam beberapa minggu dan kemudian mencapai kuat tekan akhir hampir sama dengan C_3S .
3. *Trikalsium Aluminat* (C_3A), ketika bereaksi dengan air akan menyebabkan panas hidrasi tinggi yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari. Untuk perkembangan kekuatannya akan terjadi dalam satu sampai dua hari tetapi sangat rendah.
4. *Tetrakalsium Aluminoforit* (C_4AF), ketika bereaksi dengan air pasta akan berlangsung dengan sangat cepat dan pasta akan terbentuk dalam beberapa menit dan menghasilkan panas hidrasi sebesar 68 kalori/gram.

Ditinjau dari penggunaannya, semen *portland* di indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

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

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

3.2.2 Air

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam proses pembuatan batako. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga menjadi reaksi kimia sehingga terjadi pengikatan dan berlangsung proses pengerasan. Air yang digunakan dalam pembuatan batako harus menggunakan air bersih. Air yang mengandung garam, minyak, asam, alkali atau bahan lain tidak boleh digunakan karena dapat menurunkan kualitas batako. Persyaratan air dalam campuran batako sebaiknya memenuhi syarat yang tercantum dalam PUI 1982 sebagai berikut.

1. Air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya lebih dari 2 gram per liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 15 gram per liter.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.
4. Air untuk perawatan dapat menggunakan air bekas pengadukan asalkan tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan.

3.2.3 Sekam Padi

Padi merupakan salah satu produk utama pertanian. Produksi padi mampu memenuhi kebutuhan pangan dan menghasilkan limbah berupa sekam padi. Sekam padi adalah kulit terluar dari butiran beras. Sekam padi diperoleh dari penggilingan atau penumpukkan gabah yang merupakan lapisan keras yang saling berhubungan. Dalam proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butiran beras dan menjadi bahan limbah. Unsur-unsur yang terkandung dalam sekam 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"

Sumber: Ismail dan Waliuddin (1996)

Sekam padi sering disebut sebagai limbah pengolahan karena sering diartikan sebagai bahan buangan atau bahan sisa dari pengolahan hasil pertanian. Dibandingkan jika sekam padi dibuang dalam jumlah banyak, maka akan membutuhkan banyak lahan, dan jika dibakar secara langsung dapat meningkatkan emisi karbon di atmosfer. Untuk memaksimalkan limbah sekam padi perlu dicari alternatif inovasi teknologi yang lebih bermanfaat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan pemanfaatan sekam padi sebagai campuran komposisi batako dimana didapatkan keuntungan ekonomis dan struktural bangunan. Secara struktural, penambahan sekam padi dapat mengurangi berat batako sehingga besarnya beban yang bekerja pada struktur mati bangunan dapat dikurangi. Dengan mengurangi beban mati struktur bangunan maka beban yang harus dipikul oleh pondasi bangunan juga akan berkurang dan kebutuhan akan pondasi yang lebih besar dapat dihindari sehingga nilai RAB juga dapat dikurangi.

3.2.4 Filler dari Abu Batu Hasil Limbah Penggajian Batu

Filler atau bahan pengisi dari abu batu bertujuan untuk mengisi rongga-rongga kecil pada beton dan membuat beton semakin padat sehingga dapat meningkatkan mutu beton. Filler yang dipakai dalam penelitian ini adalah abu batu hasil limbah penggajian 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 kimia tambah merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam campuran batako sekam padi yang bertujuan untuk menambah kekuatan batako tersebut. Bahan kimia tambah yang digunakan pada penelitian ini yaitu Damdex. Damdex adalah cairan kimia berwarna coklat pekat yang apabila dicampur dengan semen dan air akan membuat sifat semen menjadi lebih rekat dan lebih keras. Damdex sering dipakai oleh para perajin ornamen dari material semen-pasir karena dapat memberikan kekuatan tekan yang tinggi di awal umurnya. Dengan kekuatan tekan yang tinggi tersebut, produk ornamen dapat mengeras dengan cepat dan tidak mudah retak. Bahan kimia tambah Damdex juga mudah didapatkan di Toko Bangunan dengan harga sekitar Rp 58.000,- per liter.

Bahan kimia Damdex juga telah dipakai di penelitian Winarno, dkk (2015) yang berfungsi untuk mempercepat dan membuat kedap air. Pencegahan kebocoran pada sambungan antar panel pracetak dapat diatasi dengan menggunakan Damdex dengan metode yang sederhana yaitu mengisi tandon dengan air secara penuh, lalu dilakukan pengamatan di titik-titik sambungan dan dilakukan 4 kali setiap hari selama 30 hari. Setelah sampai 30 hari, hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sambungan antar panel-panel pracetak tidak ada kebocoran sama sekali.

3.3 Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

3.3.1 Uji Kuat Desak

Pengujian kuat desak dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan 5 sampel uji untuk setiap komposisi. Kuat desak beton menentukan kualitas suatu struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi bahan penyusun, metode perancangan, perawatan, dan kondisi saat pengecoran dilakukan (Mulyono, 2003).

Murdock dan Brook (1991) menyatakan bahwa beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, tergantung pada rasio air, semen dan tingkat pematatannya. Selain itu juga dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton, dan jenis bahan tambah.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 mengenai metode pengujian kuat desak beton, nilai kuat desak beton dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.1 berikut.

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

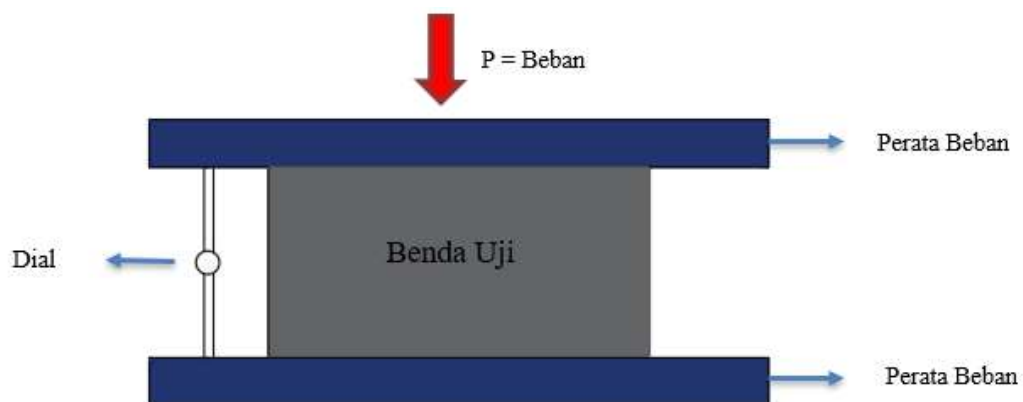
Keterangan:

σ = Kuat desak beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

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 penyerapan air batako dilakukan dengan menggunakan 1 sampel benda uji untuk setiap komposisi campuran. Pengujian 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.

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

Keterangan:

- A = Berat piknometer berisi air (gram)
 B = Berat benda uji kering oven (gram)

3.3.3 Uji Redaman Suara

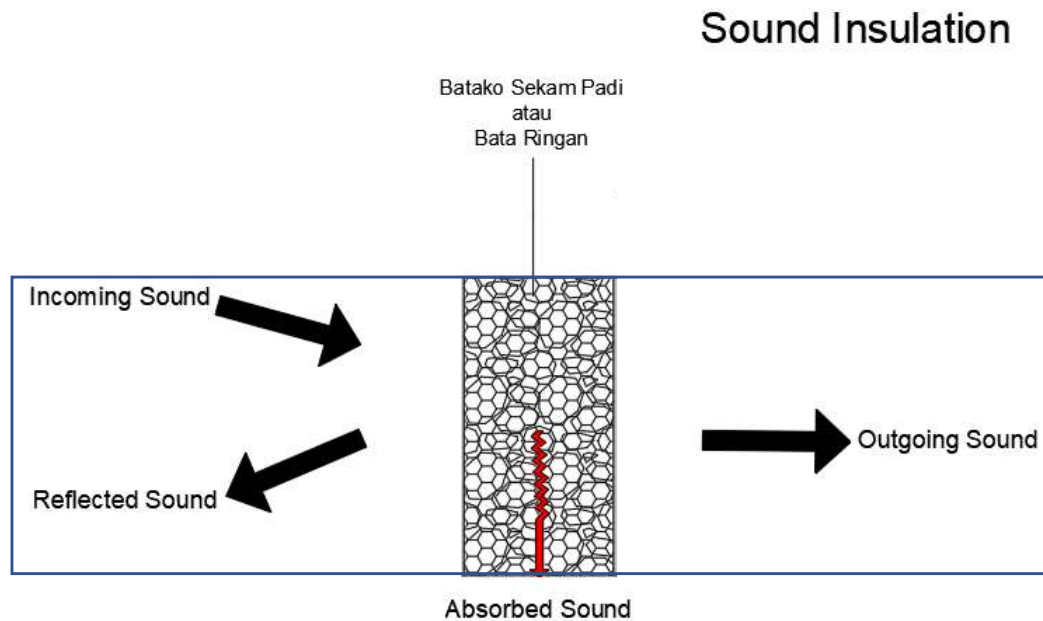
Pengujian redaman suara membutuhkan generator sinyal yang frekuensinya dapat diatur untuk mengukur kemampuan redaman suara dan *loudspeaker* untuk menghasilkan suara dari sinyal generator. Tingkat intensitas suara yang keluar dari *loudspeaker* diukur menggunakan alat *Sound Level Meter*. Peredaman suara batako diperoleh dari perbedaan intensitas suara yang masuk dan yang keluar. Pengujian ini dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Nilai Daya Redaman} = A - B \quad (3.3)$$

Keterangan:

- A = Intensitas suara datang – *incoming sound* (dB)
 B = Intensitas suara setelah melewati batako – *outgoing sound* (dB)

Untuk skema pengujian redaman suara sampel batako dan bata ringan dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Skema Pengujian Redaman Suara

3.3.4 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Topografi dan morfologi dapat ditemukan karena kedalaman area yang bisa mencapai orde puluhan mikrometer pada perbesaran 1000x dan orde mikrometer pada perbesaran 10000x (Sembiring, 2012). Pada penelitian ini, pengujian SEM dilakukan menggunakan 1 sampel batako sekam padi pada setiap komposisi campuran dan 1 sampel bata ringan Bricon sebagai pembanding.

3.4 Harga Pokok Produksi

Harga produksi adalah pengorbanan sumber-sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan akan terjadi untuk memperoleh pendapatan (Mulyadi, 2007). Harga pokok produksi adalah semua biaya yang telah dikorbankan dalam proses atau kegiatan produksi untuk mengubah bahan menjadi produk jadi yang meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik.

1. Biaya Bahan Baku

Biaya bahan baku yaitu semua biaya yang dimasukkan langsung dalam perhitungan biaya produksi, seperti biaya alat, biaya perawatan alat, biaya material, biaya bahan tambah kimia, 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 yang diberikan kepada pekerja perusahaan batako.

3. Biaya *Overhead* Pabrik

Biaya *overhead* pabrik umumnya ditentukan oleh biaya tidak langsung, yaitu biaya yang mencakup seluruh biaya produksi, selain biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya *overhead* pabrik ditekankan dalam hal produksi, seperti biaya konsumsi, biaya THR, biaya pengiriman, dan keuntungan.

Penetapan harga jual suatu produk dan penetapan keuntungan dipengaruhi oleh perhitungan harga pokok produksi. Perhitungan harga pokok produksi juga harus benar-benar diperhatikan, karena kesalahan pada perhitungan dapat menyebabkan kerugian. Harga suatu produk akan mempengaruhi keuntungan dan kemampuan bersaing produk sejenis yang dihasilkan. Tujuan dari perhitungan harga pokok produksi sebagai berikut.

1. Untuk pengendalian.
2. Untuk perencanaan dan pengukuran prestasi pelaksanaan.
3. Untuk menetapkan harga.
4. Untuk menentukan nilai persediaan.

3.5 BEP (*Break Even Point*)

BEP (*Break Even Point*) adalah suatu kondisi yang bisa terjadi pada perusahaan dimana dalam operasionalnya tidak mendapatkan keuntungan dan juga tidak menderita kerugian. Dengan kata lain, antara pendapatan dan biaya ada pada kondisi yang sama, sehingga laba perusahaan adalah nol. BEP adalah hal yang sangat penting bagi manajemen dalam mengambil keputusan, mengembangkan produk, dan menutup perusahaan yang tidak menguntungkan.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah prosedur atau langkah-langkah untuk melakukan penelitian terhadap suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena secara ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi UII dan sampel diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Sedangkan metode eksperimen adalah penelitian untuk mengetahui pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkendali (Winarno, 2018). Dalam penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah penambahan bahan kimia Damdex ke dalam campuran batako sekam padi, sedangkan variabel terikat adalah kuat tekan, daya serap air, redaman suara, dan biaya produksi.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

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 untuk meratakan sekam padi dan memindahkan abu batu dari satu tempat ke tempat lain sedikit demi sedikit.
- d. Ember sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
- e. Gelas ukur sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
- f. *Mixer Machine* sebagai alat untuk mengaduk campuran dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 *Mixer Machine*

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



Gambar 4.2 *Press Machine*

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



Gambar 4.3 Cetakan Batako

- i. Minyak solar 1 liter untuk untuk melapisi cetakan batako agar batako yang selesai dicetak mudah dikeluarkan dari cetakannya dan tidak lengket.
 - j. Papan kayu berukuran 50 x 30 cm yang berfungsi sebagai media untuk alas batako segar yang telah dicetak dan kemudian dipindahkan ke tempat yang teduh.
 - k. Kamera untuk medokumentasikan proses penelitian.
 - l. Alat bantu seperti timbangan, cetok semen, kuas pembersih, kalkulator, penggaris, meteran, 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. Bahan kimia : Damdex.

4.2.2 Perencanaan Komposisi

Pembuatan bahan komposisi campuran batako diukur dalam satuan volume untuk memudahkan proses pencampuran. Dalam poses pembuatan digunakan lima

campuran dengan takaran komposisi masing-masing komponen yang berbeda. Komponen yang berubah-ubah adalah bahan tambah kimia Damdex mulai dari 0,2 liter sampai dengan 1 liter.

Proses pencetakan dengan mesin press berpengetar ini sama dengan apa yang dilakukan Hesti (2014). Setiap komposisi campuran masing-masing benda uji terdapat 7 buah batako, jadi total semua sampel benda uji dengan 5 komposisi adalah 35 buah batako. Sebagai pembanding terdapat 5 buah sampel bata ringan merek Bricon. Berikut komposisi campuran pada pembuatan batako sekam padi pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako

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

*) Komposisi Damdex dengan hitungan khusus

Pada setiap komposisi campuran bahan kimia Damdex menghasilkan 7 sampel batako. Adapun penggunaan Damdex pada setiap komposisi adalah sebagai berikut.

1. Variasi I = 0,2 liter (atau 0,029 liter per batako)
2. Variasi II = 0,4 liter (atau 0,057 liter per batako)
3. Variasi III = 0,6 liter (atau 0,086 liter per batako)
4. Variasi IV = 0,8 liter (atau 0,114 liter per batako)
5. Variasi V = 1,0 liter (atau 0,143 liter per batako)

Dari data komposisi bahan susun batako yang telah direncanakan didapatkan persentase komposisi campuran bahan kimia Damdex terhadap volume semen seperti pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Komposisi Campuran Damdex terhadap Volume Semen dalam Batako Sekam Padi

Variasi	Komposisi Campuran Damdex
I	0,013%
II	0,026%
III	0,039%
IV	0,051%
V	0,064%

4.2.3 Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah pembuatan batako dan perawatan benda uji untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut.

1. Persiapan
 - a. Pengambilan sampel sekam padi dan abu batu dari tempat asalnya.
 - b. Sekam padi dan abu batu di anging-anginkan sehingga mencapai SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan menggunakan alas terpal.
 - c. Abu batu disaring untuk menyingkirkan agregrat yang besar atau yang berbentuk kerikil dengan ayakan 5 mm dan 2 mm.
 - d. Sekam padi dan abu batu yang sudah SSD diukur kadar airnya dan berat volumenya dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Pengukuran Sekam Padi dan Abu Batu

- 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.
 - b. Menimbang komposisi bahan campuran seperti: sekam padi, abu batu, dan semen dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Menimbang Komposisi Bahan Campuran

- c. Memasukkan semen, abu batu, dan sekam padi secara bersamaan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam *Mixer Machine* sambil diaduk perlahan. Lalu dimasukkan air dan bahan kimia Damdex perlahan lahan sampai semua bahan tercampur dengan rata dan homogen. Hasil campuran diuji dengan digenggam memakai telapak tangan untuk mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Penambahan air dihentikan jika campuran di dalam genggam telapak tangan tidak pecah jika telapak tangan dibuka, atau sudah banyak air yang melekat di atas telapak tangan. Volume air yang ditambahkan dicatat untuk menghitung fas nya. Proses pencampuran dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Proses Memasukkan Bahan Campuran

- d. Proses pencampuran dilakukan hingga semua bahan yang dicampur dengan menggunakan *Mixer Machine* tercampur merata dan tampak homogen. Proses pencampuran dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Proses Pencampuran

- 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, menyiapkan adonan 1 semen dan 4 pasir untuk mengisi lapisan bagian atas batako agar permukaan batako menjadi rata dan rapi. Lapisan ini memiliki ketebalan 3-5 mm.

3. Tahap Pencetakan

- a. Cetakan dilapisi minyak solar di bagian dalam agar batako tidak lengket ke cetakan dan mudah dilepaskan sehingga tidak terjadi cacat bentuk.
- b. Cetakan batako yang dipakai adalah cetakan besi dan posisi batako pada saat dicetak ialah posisi tidur.
- c. Papan kayu diletakkan sebagai alas cetakan besi di dalam mesin press berpeggetar papan kayu diberi lapisan yang tidak menyerap air, misalnya plastik tebal atau terpal.
- d. Memasukkan adonan batako sekam padi ke dalam cetakan sambil mesin digetarkan sekitar 10 detik agar adukan menjadi padat.
- e. Peggetaran mesin tidak boleh terlalu lama, agar pasta semen tidak bergerak atau mengalir ke bawah secara gravitasi sehingga mengisi lapisan bagian bawah.
- f. Berikutnya, campuran pasir+semen dihamparkan (tebal 3-5 mm) di bagian atas agar diperoleh permukaan atas batako yang rata dan rapi. Cetakan diisi penuh dan diratakan dengan kayu perata.
- g. Proses pengepresan dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako dan kemudian mesin digetarkan sekitar 10 detik.
- h. Setelah dipress, tuas beban dan cetakan diangkat bersamaan sehingga terbentuk batako press yang utuh dan tanpa cacat dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Proses Cetakan

- i. Batako segar yang sudah dicetak segera diangkat beserta papan kayunya untuk dipindahkan dan ditata ke rak pengeringan di tempat yang teduh. Batako segar dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Batako Segar

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

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi

Selama proses produksi, komposisi masing-masing bahan penyusun batako ditakar dengan teliti sebelum diaduk menjadi satu. Bahan penyusun terdiri dari semen, abu batu (*filler*), sekam padi, air, dan bahan kimia Damdex. Dalam proses produksi juga dicatat berapa banyak batako yang diproduksi per hari, volume bahan susun yang dibutuhkan untuk membuat satu unit batako, berapa lama waktu siklus dalam pembuatan batako mulai dari pencampuran, pengadukan, pencetakan, dan pemindahan ke tempat teduh.

4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian, yaitu pengujian bahan-bahan penyusunnya seperti berat volume, dan pengujian sampel batako seperti penyerapan air, kekuatan desak, dan redaman suara.

1. Pengujian Bahan-bahan Penyusun

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

2. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji (*curing*) bertujuan agar permukaan beton segar selalu teduh dan lembab sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban dijaga untuk memastikan proses hidrasi semen berlangsung 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, penyerapan air dan redaman suara. 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, seperti posisi batako saat dipasang sebagai material dinding. Terdapat empat pengujian pada batako sekam padi sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan pada setiap komposisi 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 dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Pemberian Nama Batako

- 2) Benda uji diukur dimensinya seperti panjang, tinggi, dan tebal dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Mengukur Dimensi

- 3) Benda uji dihitung volumenya berdasarkan dimensinya.
- 4) Benda uji diukur beratnya dengan timbangan dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Mengukur Timbangan

- 5) Benda uji dihitung berat volumenya.
- 6) Perhitungan rata-rata berat volume pada semua sampel.

b. Pengujian Kuat Desak

Pengujian kuat desak dilakukan pada setiap komposisi 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) Batako diberikan kode agar memudahkan proses pencatatan pengujian kuat desak.
- 2) Benda uji diletakkan pada alat desak dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Proses Pengujian

- 3) Pemasangan dial pengukur penurunan selama pembebanan.
 - 4) Nyalakan mesin alat kuat desak dan pembebanan pada benda uji dimulai.
 - 5) Catat pembebanan dan penurunan pada setiap interval pembacaan data.
 - 6) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap sampai sampel hancur.
- c. Pengujian Penyerapan Air
- Pengujian penyerapan air juga dilakukan pada setiap komposisi 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) Memotong batako utuh menjadi 4 buah dalam setiap 1 komposisi dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Pemotongan Batako

- 2) Menimbang benda uji dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Penimbangan Benda Uji

- 3) Rendam benda uji dalam air bersih pada suhu ruangan selama 24 jam. Kemudian benda uji dikeluarkan dari rendaman, dan sisa air dibiarkan mengalir selama kurang lebih 1 (satu) menit, kemudian permukaan benda uji disekat dengan kain lembab, sehingga air yang masih menempel pada permukaan benda uji diserap oleh kain lembab. Benda uji kemudian ditimbang (A). Proses perendaman benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Proses Perendaman Benda Uji

- 4) Pengeringan benda uji dalam oven pada suhu 105 ± 5 °C dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Pengeringan dalam Oven

- 5) Menimbang batako yang telah kering (B) dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Penimbangan Batako Kering

6) Menghitung penyerapan air dengan rumus sebagai berikut.

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

d. Pengujian Redaman Suara

Pengujian redaman suara dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *sound level meter*. Setiap komposisi terdapat satu sampel pengujian. Langkah-langkah pengujian redaman suara adalah sebagai berikut.

- 1) Menyiapkan batako sebagai bahan utama pengujian redaman suara.
- 2) Menyiapkan panel akrilik sebagai pengganti dinding untuk pengujian. Ruang yang menggunakan panel akrilik dianggap sebuah ruangan yang digunakan untuk penelitian.
- 3) Mengukur suara menggunakan alat *sound level meter*, lalu diletakkan di masing-masing ruang.
- 4) Sumber yang digunakan menggunakan suara hujan yang konstan dan stabil dengan menggunakan *smartphone*.
- 5) Meletakkan batako di tengah ruangan sebagai pemisah.
- 6) Menyalakan sumber suara yang berasal dari *smartphone* dan diletakkan di dalam panel akrilik, selanjutnya mengamati perubahan angka pada *sound level meter*. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Pengujian Redaman Suara

4.3.3 Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi

Untuk pengumpulan data melalui analisis harga pokok produksi tidak hanya dilakukan dengan menghitung harga produksi batako, tetapi juga survei harga bahan baku pembuatan batako untuk mendapatkan data yang diperlukan. Survei harga batako dilakukan dengan mewawancarai pihak-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 adalah sebagai berikut.

- 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

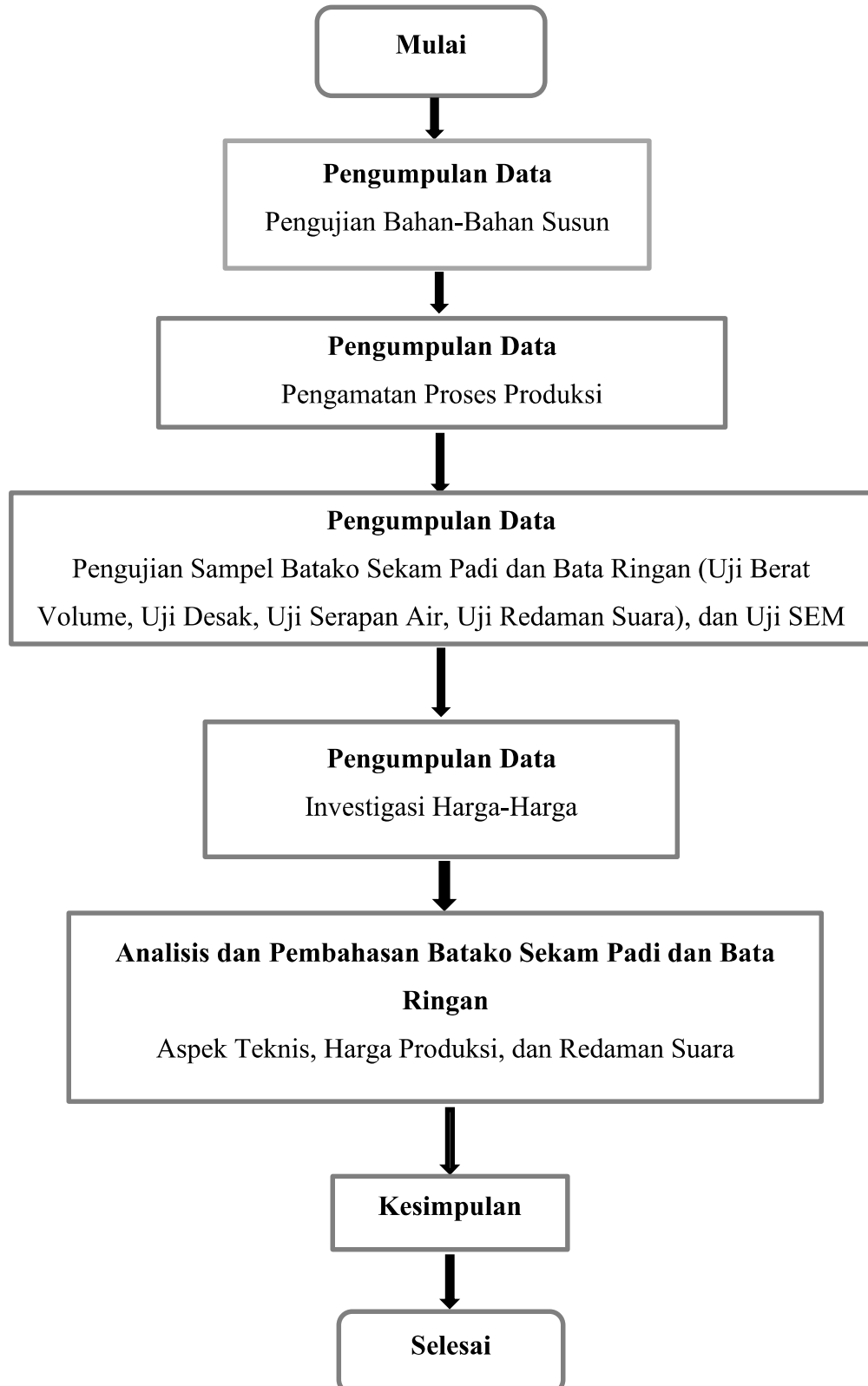
Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan komposisi batako sekam padi mana yang paling baik. Kriteria baik dari sisi mutu adalah tipe-tipe batako yang memenuhi standar SNI. Semakin bermutu baik, pada umumnya harga pokok produksinya juga semakin mahal. Dalam penelitian ini akan dilakukan 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 diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20 Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen penelitian batako sekam padi yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) untuk pembuatan sampel dan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia untuk pengujian sampel yang telah dibuat. Hasil dari pengujian batako sekam padi terdiri dari uji kuat desak, uji penyerapan air, uji redaman suara, dan harga pokok produksi. Berikut adalah hasil dari pengujian batako sekam padi yang telah dilakukan dan akan dibandingkan dengan bata ringan Bricon.

5.2 Perhitungan Berat Volume Batako Sekam Padi

Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen, sekam padi, abu batu, dan bahan kimia Damdex yang akan diuji di Laboratorium Pusat Inovasi Material Vulkanis UII. Pada penelitian bahan uji tersebut didapatkan hasil berat volume dan pada setiap jenis bahan dalam kondisi SSD. Adapun perhitungan untuk mencari berat volume pada setiap jenis bahan yang diuji dalam keadaan SSD adalah sebagai berikut.

1. Berat Bahan

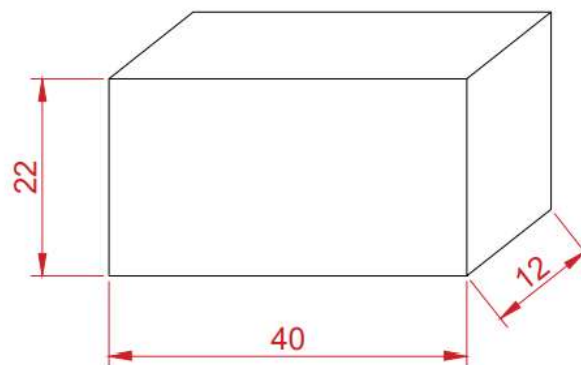
Berat bahan digunakan untuk menghitung berat volume pada setiap bahan. Data berat bahan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Berat Bahan Batako Sekam Padi

No.	Berat Semen (gr)	Berat Abu Batu (gr)	Berat Sekam Padi (gr)	Damdex (liter)
1	16070	15230	11050	0,2
2	15960	15050	10970	0,4
3	16730	15060	10950	0,6
4	16670	15000	11030	0,8
5	16870	15180	11000	1,0
Rata-Rata	16460	15104	11000	1,0

2. Volume Batako

Perhitungan dimensi dan berat volume batako sebelum pengujian kuat desak dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.

**Gambar 5.1 Batako Sekam Padi**

Berdasarkan Gambar 5.1, volume batako sekam padi dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume batako pejal} &= P \times L \times T \\
 &= 40 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \\
 &= 10560 \text{ cm}^3 = 0,0106 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Volume Ember Ukur

Perhitungan dimensi dan volume ember untuk perbandingan skala ukur setiap bahan pembuatan batako sekam padi dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Ember Ukur

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

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

4. Berat Volume Bahan Batako (0,013% Damdex terhadap Semen)

$$\begin{aligned}
 \text{a. BV semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{16070}{15553,12} \\
 &= 1,033 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. BV abu batu} &= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{15230}{15553,12} \\
 &= 0,979 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. BV sekam padi} &= \frac{\text{Berat sekam padi}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{11050}{15553,12} \\
 &= 0,710 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi yang lainnya, sehingga didapatkan rekapitulasi hasil berat volume setiap jenis bahan yang diuji dalam keadaan SSD yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Berat Volume Bahan Batako Sekam Padi

No.	BV Semen (gr/cm ³)	BV Abu Batu (gr/cm ³)	BV Sekam Padi (gr/cm ³)
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

5. Berat Volume Batako Sekam Padi

Adapun perhitungan mencari berat volume batako sekam padi pada komposisi campuran 0,013% adalah sebagai berikut.

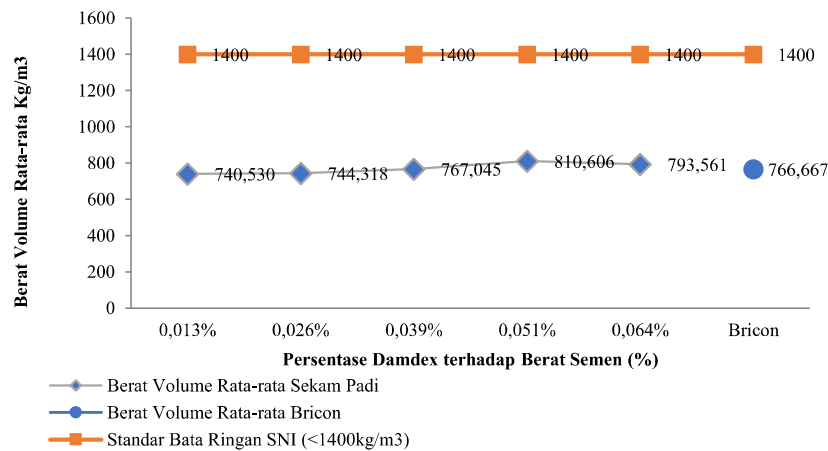
$$\begin{aligned}
 \text{Berat kering batako sekam padi} &= 7,9 \text{ kg} \\
 \text{Volume batako sekam padi} &= 0,01056 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat volume} &= \frac{\text{Berat kering batako sekam padi}}{\text{volume batako sekam padi}} \\
 &= \frac{7,9}{0,01056} \\
 &= 748,106 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran yang lainnya, sehingga didapatkan rekapitulasi perhitungan berat volume batako sekam padi yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Batako

Komposisi Campuran Damdex	Berat Beton Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	BV rata-rata (kg/m ³)
0,013%	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	
	8,0	40	12	22	0,01056	757,576	
0,026%	7,9	40	12	22	0,01056	748,106	744,318
	7,6	40	12	22	0,01056	719,697	
	8,0	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	
0,039%	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	
	8,0	40	12	22	0,01056	757,576	
0,051%	8,6	40	12	22	0,01056	814,394	810,606
	9,0	40	12	22	0,01056	852,273	
	7,8	40	12	22	0,01056	738,636	
	9,0	40	12	22	0,01056	852,273	
	8,4	40	12	22	0,01056	795,455	
0,064%	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	
Bricon	9,2	60	10	20	0,01200	766,667	766,667
	9,2	60	10	20	0,01200	766,667	
	9,0	60	10	20	0,01200	750,000	
	9,0	60	10	20	0,01200	750,000	
	9,6	60	10	20	0,01200	800,000	

Dari hasil perhitungan Tabel 5.3 dibuat grafik seperti Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Kurva Berat Volume Rata-rata Batako Sekam Padi dan Bricon

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa batako sekam padi yang memiliki berat volume rata-rata tertinggi adalah komposisi campuran Damdex 0,051% yaitu sebesar 810,606 kg/ m³ dan untuk perbandingan berat volume rata-rata bata ringan Bricon yaitu sebesar 766,667 kg/m³. Dari hasil berat volume rata-rata di atas dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi semua komposisi masuk dalam kategori bata ringan (<1400 kg/m³).

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Dalam perhitungan kebutuhan campuran diperlukan perbandingan campuran terlebih dahulu. Perbandingan campuran dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Perbandingan Campuran pada Batako Sekam Padi

No	Semen	Abu Batu	Sekam padi	Jumlah Perbandingan	Jumlah Sampel
1	1	1	8	10	7
2	1	1	8	10	7
3	1	1	8	10	7
4	1	1	8	10	7
5	1	1	8	10	7

Air yang dibutuhkan dalam campuran ini berkomposisi karena menyesuaikan jumlah bahan kimia Damdex yang telah ditentukan dan kemudahan untuk pencampuran dan pematatannya. Adapun perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap benda uji batako sekam padi dengan komposisi campuran 0,013% adalah sebagai berikut.

1. Analisis Perhitungan

a. Kebutuhan semen (1 batako)	$= \frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times BV \text{ semen}$
	$= \frac{1}{10} \times 10560 \times 1,058$
	$= 1117,573 \text{ gram}$
b. Kebutuhan semen (7 batako)	$= 7 \times 1117,573$
	$= 7823,014 \text{ gram}$
c. Kebutuhan abu batu (1 batako)	$= \frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times BV \text{ abu}$
	batu
	$= \frac{1}{10} \times 10560 \times 0,971$
	$= 1025,506 \text{ gram}$
d. Kebutuhan abu batu (7 batako)	$= 7 \times 1025,506$
	$= 7178,542 \text{ gram}$
e. Kebutuhan sekam padi (1 batako)	$= \frac{1}{10} \times V \text{ batako} \times BV \text{ sekam}$
	padi
	$= \frac{1}{10} \times 10560 \times 0,707$
	$= 5974,876 \text{ gram}$
f. Kebutuhan sekam padi (7 batako)	$= 7 \times 5974,876$
	$= 41824,135 \text{ gram}$

Untuk kebutuhan bahan kimia Damdex pada komposisi campuran 0,013% ditambahkan 0,2 liter Damdex. Pada campuran ini menghasilkan 7 buah batako, sehingga pada setiap batako memerlukan 0,029 liter Damdex.

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran yang lainnya. Berdasarkan perhitungan di atas, maka kebutuhan bahan batako sekam padi setiap komposisi yang berjumlah 7 sampel dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Sekam Padi

No	Komposisi Campuran Damdex	Semen (gr)	Abu Batu (gr)	Sekam Padi (gr)	Damdex (liter)	Jumlah Sampel
1	0,013%	7823,014	7178,542	41824,135	0,2	7
2	0,026%	7823,014	7178,542	41824,135	0,4	7
3	0,039%	7823,014	7178,542	41824,135	0,6	7
4	0,051%	7823,014	7178,542	41824,135	0,8	7
5	0,064%	7823,014	7178,542	41824,135	1,0	7
Total Benda Uji						35

Dari 7 sampel batako pada setiap komposisi akan dilakukan pengujian. 5 sampel untuk pengujian kuat desak, 1 sampel untuk pengujian penyerapan air, dan 1 sampel untuk pengujian redaman suara.

5.4 Pengamatan Proses Produksi

Pada penelitian ini pembuatan batako sekam padi dilakukan menggunakan bantuan mesin *mixer* dan dicetak menggunakan mesin *press*. Proses pembuatan batako terdiri dari 2 proses, yang pertama yaitu penimbangan bahan baku menggunakan ember ukur yang terdiri dari semen, abu batu, sekam padi, dan bahan kimia Damdex dengan takaran yang telah ditentukan, setelah itu bahan baku dituangkan ke dalam mesin *mixer* untuk proses pencampuran dan akan diaduk secara merata oleh mesin *mixer*. Setelah semua bahan baku merata, maka pekerja akan membuka pintu mesin pengaduk sehingga campuran bahan baku akan keluar dari mesin pengaduk dan siap untuk dicetak. Selanjutnya untuk proses yang kedua yaitu memindahkan bahan baku yang telah tercampur di mesin *mixer* ke mesin *press* untuk dicetak. Proses pencetakan dilakukan dengan posisi tidur menggunakan mesin *press* berpenggetar. Setelah itu batako segar diangkat dan dipindahkan ke tempat yang teduh.

5.5 Pengujian Kuat Desak

Pada penelitian ini pengujian kuat desak dilakukan pada batako yang berumur setelah 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan batako dari pemberian beban oleh alat tekan. Beban dilakukan secara bertahap dengan kecepatan 50 kgf sehingga mencapai kekuatan maksimum. Nilai kekuatan yang didapatkan tergantung pada banyak faktor seperti faktor air semen, kualitas, metode produksi dan proposisi campuran bahan benda uji. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan minimum rata-rata untuk bata beton pejal yaitu 25 kg/cm².

Pada pengujian kuat desak terdapat 5 komposisi campuran, setiap komposisi digunakan 5 sampel yang akan dilakukan uji kuat desak. Untuk pembanding akan digunakan bata ringan merek Bricon sebanyak 5 buah. Pengujian kuat desak ini akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Adapun perhitungan pengujian kuat desak batako sekam padi dengan komposisi campuran 0,013% Damdex adalah sebagai berikut.

1. Sampel 1

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

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

$$\begin{aligned} A &= 40 \times 12 \\ &= 480 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Berat batako} = 7,9 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maks} = 1885 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\text{beban maks}}{\text{luas}} \\ &= \frac{1885}{480} \\ &= 3,927 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Sampel 2

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

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

$$\begin{aligned} A &= 40 \times 12 \\ &= 480 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat batako} &= 7,7 \text{ kg} \\
 \text{Beban maks} &= 2045 \text{ kgf} \\
 \sigma &= \frac{\text{beban maks}}{\text{luas}} \\
 &= \frac{2045}{480} \\
 &= 4,260 \text{ kg/ cm}^2
 \end{aligned}$$

3. Sampel 3

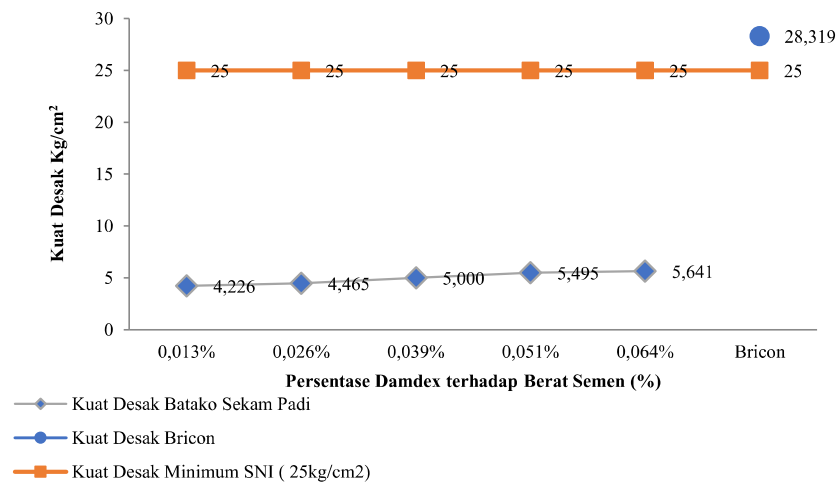
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 40 \text{ cm} \\
 \text{Lebar} &= 12 \text{ cm} \\
 A &= 40 \times 12 \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 \text{Berat batako} &= 8 \text{ kg} \\
 \text{Beban maks} &= 2155 \text{ kgf} \\
 \sigma &= \frac{\text{beban maks}}{\text{luas}} \\
 &= \frac{2155}{480} \\
 &= 4,490 \text{ kg/ cm}^2 \\
 4. \quad \sigma \text{ rata-rata} &= \frac{3,927+4,260+4,490}{3} \\
 &= 4,226 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran yang lainnya, sehingga didapatkan rekapitulasi hasil pengujian kuat desak batako sekam padi yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Desak

Komposisi Campuran Damdex	No. Sampel	P (cm)	L (cm)	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	A (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata (kg/cm ²)
0,013%	1	40	12	7,9	1885	480	3,927	4,226
	2	40	12	7,7	2045	480	4,260	
	3	40	12	8,0	2155	480	4,490	
0,026%	1	40	12	7,9	2375	480	4,948	4,465
	2	40	12	7,6	2040	480	4,250	
	3	40	12	8,0	2015	480	4,198	
0,039%	1	40	12	8,3	2597,5	480	5,411	5,000
	2	40	12	8,2	2092,5	480	4,359	
	3	40	12	8,2	2510	480	5,229	
0,051%	1	40	12	9,0	2720	480	5,667	5,495
	2	40	12	9,0	2760	480	5,750	
	3	40	12	8,4	2432,5	480	5,068	
0,064%	1	40	12	8,8	2790	480	5,813	5,641
	2	40	12	8,2	2697,5	480	5,620	
	3	40	12	8,5	2635	480	5,490	
Bricon	1	60	10	9,2	17150	600	28,583	28,319
	2	60	10	9,0	17325	600	28,875	
	3	60	10	9,0	16500	600	27,500	

Dari hasil pengujian kuat desak di atas, maka dapat dibuat grafik berdasarkan hasil kuat desak rata-rata pada setiap komposisi yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Kurva Pengujian Kuat Desak

Berdasarkan Gambar 5.4 di atas, dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan bahan kimia Damdex maka nilai kuat desak akan semakin tinggi. Nilai kuat desak tertinggi terdapat pada komposisi campuran 0,064% sebesar 5,641 kg/cm² dan nilai kuat desak terendah terdapat pada komposisi campuran 0,013% sebesar 4,226 kg/cm², sedangkan bata ringan Bricon sebagai pembanding memiliki kuat desak sebesar 28,319 kg/cm². Berdasarkan SNI 03-0348-1989 hasil uji kuat desak batako sekam padi belum memenuhi persyaratan kuat desak rata-rata minimum yaitu sebesar 25 kg/cm².

5.6 Pengujian Penyerapan Air

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 persyaratan nilai penyerapan air maksimal mutu batako I yaitu sebesar 25% dan maksimal mutu batako II yaitu sebesar 35%. Dalam penelitian ini, benda uji direndam dalam air selama 24 jam dan ditimbang. Selanjutnya benda uji dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dan ditimbang.

Pada pengujian penyerapan air digunakan 1 sampel pada setiap komposisi batako sekam padi yang dipotong menjadi 4 bagian dan untuk pembanding digunakan juga bata ringan Bricon 1 sampel yang dipotong menjadi 4 bagian. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Adapun perhitungan pengujian penyerapan air sekam padi dengan komposisi campuran 0,013% Damdex adalah sebagai berikut.

1. Sampel 1

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

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

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

2. Sampel 2

$$\text{Berat basah [A]} = 2426 \text{ gram}$$

$$\text{Berat kering [B]} = 1950 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2426-1950}{1950} \times 100\% \\ &= 24,410 \text{ \%} \end{aligned}$$

3. Sampel 3

$$\text{Berat basah [A]} = 2328 \text{ gram}$$

$$\text{Berat kering [B]} = 1872 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2328-1872}{1872} \times 100\% \\ &= 24,359 \text{ \%} \end{aligned}$$

4. Sampel 4

$$\text{Berat basah [A]} = 2215 \text{ gram}$$

$$\text{Berat kering [B]} = 2010 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2215-2010}{2010} \times 100\% \\ &= 10,199 \text{ \%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{5. Penyerapan air rata-rata} &= \frac{11,911+24,410+24,359+10,199}{4} \\ &= 17,720 \text{ \%} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran yang lainnya, sehingga didapatkan rekapitulasi hasil pengujian penyerapan air batako sekam padi yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penyerapan Air

Komposisi Campuran Damdex	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Persentase Penyerapan Air Rata-rata (%)
0,013%	1	2471	2208	11,911	17,720
	2	2426	1950	24,410	
	3	2328	1872	24,359	
	4	2215	2010	10,199	
0,026%	1	3000	1963	52,827	29,001
	2	2323	1885	23,236	
	3	2182	1635	33,456	
	4	2496	2344	6,485	
0,039%	1	2405	2205	9,070	29,686
	2	2347	2213	6,055	
	3	2299	1762	30,477	
	4	3352	1936	73,140	
0,051%	1	2390	1820	31,319	34,669
	2	2240	1610	39,130	
	3	2220	1670	32,934	
	4	2070	1530	35,294	
0,064%	1	2110	1400	50,714	51,230
	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	

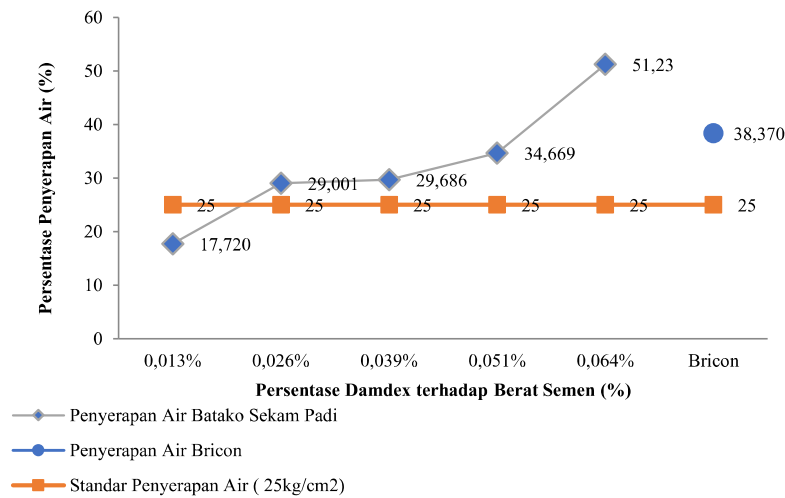
Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air pada setiap komposisi di atas, maka dapat dilakukan penggolongan mutu batako sekam padi berdasarkan SNI 03-0349-1989 yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Penyerapan Air

No.	Komposisi Campuran Damdex	Persentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako	Fungsi Batako
1	0,013%	17,720	I	Di luar atap
2	0,026%	29,001	II	Di bawah atap
3	0,039%	29,686	II	Di bawah atap
4	0,051%	34,669	II	Di bawah atap
5	0,064%	51,230	-	
6	Bricon	38,370%	-	

Berdasarkan SNI 03-0343-1989 dapat dilihat pada Tabel 5.8 di atas, komposisi campuran Damdex 0,013% termasuk dalam mutu batako I dengan fungsi batako untuk konstruksi yang tidak terlindungi (di luar atap), sedangkan komposisi campuran Damdex 0,026%, 0,039%, dan 0,051% termasuk dalam mutu batako II dengan fungsi batako untuk konstruksi yang memikul beban (untuk konstruksi di bawah atap), dan untuk komposisi campuran Damdex 0,064% dan bata ringan Bricon tidak termasuk dalam penggolongan mutu batako berdasarkan penyerapan air menurut SNI.

Dari hasil pengujian penyerapan air di atas, maka dapat dibuat grafik berdasarkan hasil penyerapan air rata-rata pada setiap komposisi yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Kurva Penyerapan Air

Pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan air yang paling baik terdapat pada komposisi campuran Damdex 0,013% yaitu sebesar 17,720% sedangkan untuk pembandingnya bata ringan Bricon memiliki nilai penyerapan air sebesar 38,370%. Semakin bertambahnya bahan kimia Damdex pada setiap komposisi campuran maka nilai daya serap air juga semakin besar, sehingga menyebabkan batako menjadi lembab dan tidak masuk dalam standar SNI.

5.7 Pengujian Redaman Suara

Pengujian redaman suara diperoleh dari perbedaan intensitas suara yang masuk dan yang keluar dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII, untuk pengujian ini dibutuhkan 1 sampel batako pada setiap komposisi dan 1 sampel bata ringan Bricon sebagai pembanding.

Hasil pembacaan pengujian redaman suara menggunakan alat *Sound Level Meter* benda uji batako sekam padi dan bata ringan Bricon dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pembacaan Pengujian Redaman Suara

Komposisi Campuran Damdex	Ruangan	
	Ruan A - Speaker (dB)	Ruang B - Speaker (dB)
0,013%	101,0	80,2
0,026%	100,1	79,1
0,039%	111,8	87,1
0,051%	101,6	75,0
0,064%	104,5	77,0
Bricon	99,0	76,2

Adapun perhitungan pengujian penyerapan air batako sekam padi dengan komposisi campuran Damdex 0,013% adalah sebagai berikut.

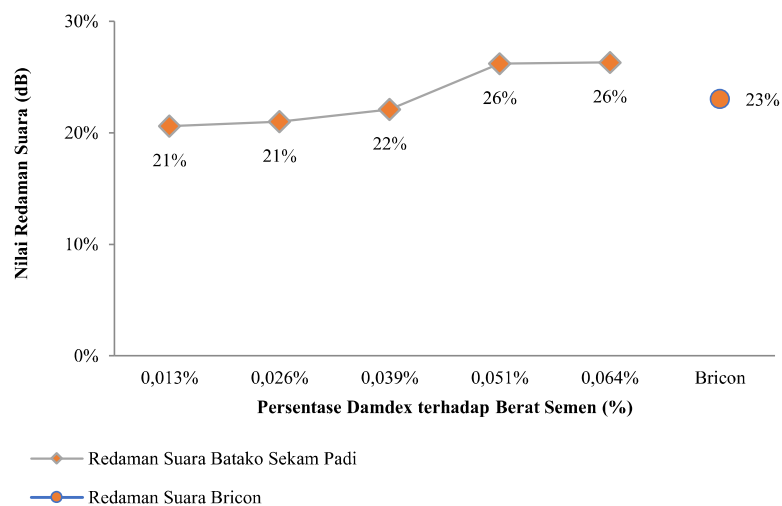
$$\begin{aligned} \text{Ruang A} &= 101 \text{ dB} \\ \text{Ruang B} &= 80,2 \text{ dB} \\ \Delta B &= 101 - 80,2 \\ &= 20,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran yang lainnya, sehingga didapatkan rekapitulasi hasil pengujian redaman suara yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Redaman Suara

Komposisi Campuran Damdex	Suara Speaker		Δ	Persentase Redaman Suara
	Ruang A	Ruang B		
0,013%	101,0	80,2	20,8	21%
0,026%	100,1	79,1	21,0	21%
0,039%	111,8	87,1	24,7	22%
0,051%	101,6	75,0	26,6	26%
0,064%	104,5	77,0	27,5	26%
Bricon	99,0	76,2	22,8	23%

Dari hasil pengujian redaman suara Tabel 5.10, maka dapat dibuat grafik berdasarkan hasil redaman suara pada setiap komposisi yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Kurva Redaman Suara

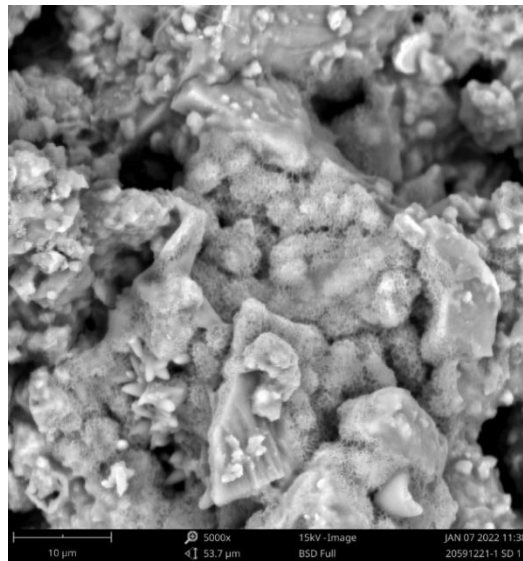
Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa nilai redaman suara yang paling baik terdapat pada komposisi campuran Damdex 0,064% yaitu sebesar 26% pada kondisi *speaker* menyala. Sedangkan untuk pembandingnya bata ringan Bricon memiliki nilai redaman suara sebesar 23%. Semakin bertambahnya bahan kimia Damdex pada batako maka nilai daya redaman suara akan semakin baik, hal ini disebabkan karena bahan sekam padi dan bahan tambah kimia Damdex dapat meredam suara dengan baik.

5.8 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

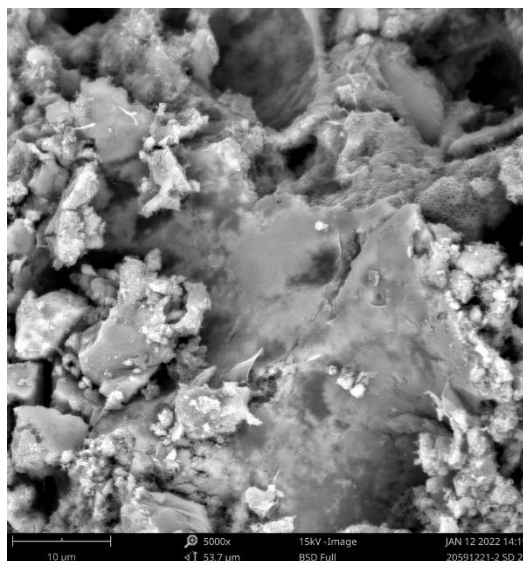
Pengujian SEM dilakukan dengan cara mengambil sampel yang telah dihancurkan dengan menggunakan alat uji kuat tekan kemudian diserahkan ke lab untuk uji SEM. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi, Fisika Dasar dan Kimia dasar Universitas Islam Indonesia. Untuk pengujian ini dibutuhkan 1 sampel batako pada setiap komposisi dan 1 sampel bata ringan Bricon sebagai pembanding. Foto mikroskopik yang dilakukan pada batako sekam padi

bertujuan untuk melihat adanya rongga-rongga diantara sekam padi sebagai agregat yang membuat batako sekam padi lebih ringan dibandingkan dengan batako konvensional.

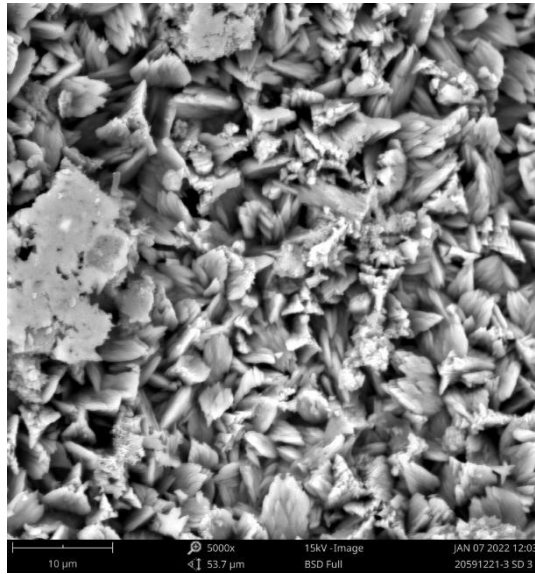
Adapun hasil pengujian SEM batako sekam padi dan bata ringan Bricon dengan perbesaran 5000x dapat dilihat pada Gambar 5.7, Gambar 5.8, Gambar 5.9, Gambar 5.10, Gambar 5.11, Gambar 5.12 berikut.



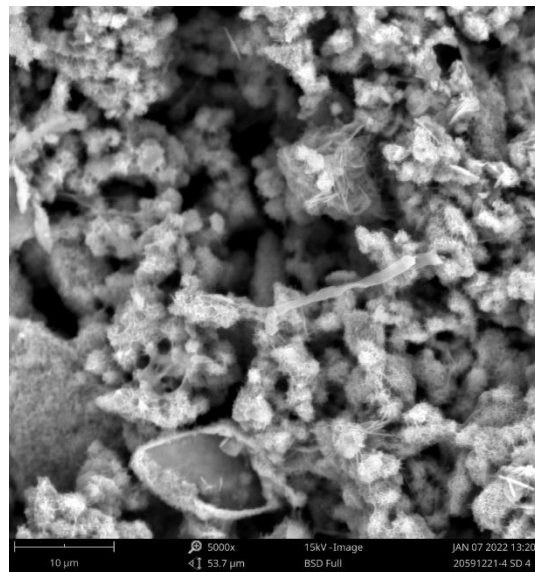
Gambar 5.7 Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%



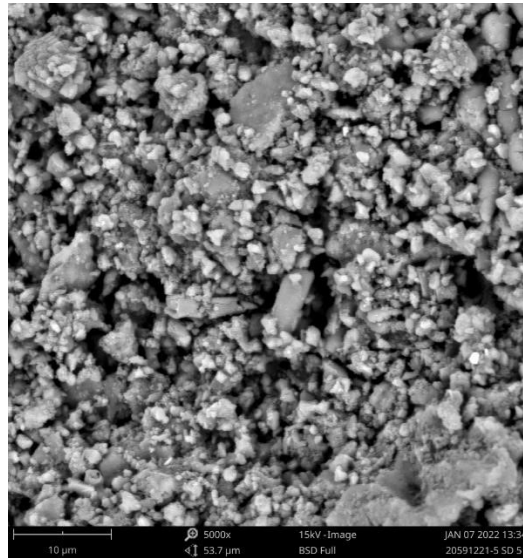
Gambar 5.8 Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%



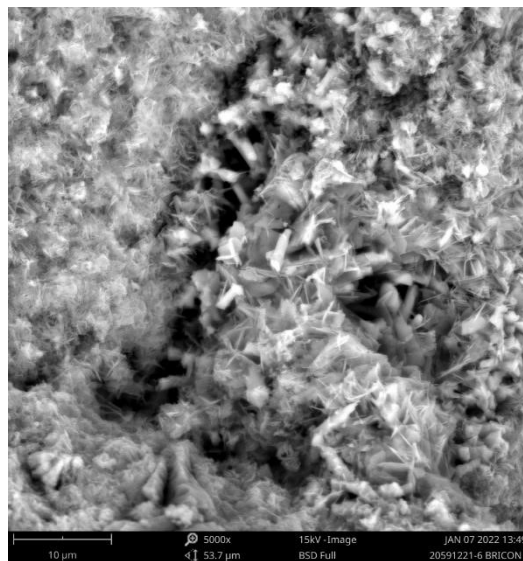
Gambar 5.9 Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%



Gambar 5.10 Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%



Gambar 5.11 Hasil Uji SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%



Gambar 5.12 Hasil Uji SEM Bata Ringan Bricon

Dari gambar hasil uji SEM perbesaran 5000x di atas, dapat dilihat bahwa batako sekam padi dengan bahan tambah kimia Damdex memiliki rongga yang lebih besar dibandingkan bata ringan Bricon sehingga mengakibatkan berat batako sekam padi lebih ringan dibandingkan batako konvensional lainnya.

5.9 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga produksi dilakukan dengan cara menganalisis perhitungan kelayakan ekonomi. Perhitungan di bawah ini menggunakan harga pada SHBJ (Standar Barang Harga dan Jasa) Sleman Tahun 2022 dan survei harga di pasaran kawasan sleman. Adapun cara perhitungan untuk menghitung biaya harga pokok produksi batako sekam padi adalah sebagai berikut.

1. Menghitung biaya alat

a. Alat utama

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

b. Alat bantu

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

c. Papan alas

1) Total pengerasan batako	= 1 hari
2) Kebutuhan batako/hari	= 200 batako sekam padi
3) Kebutuhan papan	= 200 papan
4) Harga satuan papan	= Rp10.000,-
5) Harga total papan	= 200 x 10.000
	= Rp2.000.000,-
6) Jumlah hari kerja	= 300 hari
7) Nilai sisa	= Rp0,-
8) Penyusutan papan per hari	= $\frac{2.000.000}{1 \times 300}$
	= Rp6.667,-/hari

2. Menghitung biaya tempat

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

3. Menghitung biaya material

Adapun perhitungan biaya material komposisi campuran Damdex 0,013% adalah sebagai berikut.

Berat semen	= 1,118 kg
Berat abu batu	= 1,026 kg
Berat sekam padi	= 5,975 kg
Berat bahan kimia Damdex	= 0,029 liter

a. Kebutuhan semen (PC) per hari

Kebutuhan semen (PC) 200 batako	= 200 x 1,118
	= 223,515 kg
Harga semen 1 zak/40 kg	= Rp43.300,-

Harga semen per kg	= 43.300 : 40
	= Rp1.082,-
Biaya semen per hari	= 223,515 x 1.082
	= Rp241.955,-/hari
b. Kebutuhan abu batu per hari	
Kebutuhan abu batu 200 batako	= 200 x 1,026
	= 205,101 kg
Kebutuhan abu batu per hari	= $\frac{205,101}{1000}$
	= 0,205 m ³
Harga abu batu per m ³	= Rp150.000,-
Biaya abu batu per hari	= 0,205 x 150.000
	= Rp30.765,-/hari
c. Kebutuhan sekam padi per hari	
Kebutuhan sekam padi 200 batako	= 200 x 5,975
	= 1194,975 kg
Kebutuhan sekam padi per hari	= $\frac{1194,975}{1000}$
	= 1,195 m ³
Harga sekam padi per m ³	= Rp10.000,-
Biaya sekam padi per hari	= 1,195 x 10.000
	= Rp11.950,-/hari
d. Kebutuhan bahan kimia Damdex per hari	
Kebutuhan Damdex 200 batako	= 200 x 0,029
	= 5,714 liter
Harga Damdex per liter	= Rp58.000,-
Biaya Damdex per hari	= 5,714 x 58.000
	= Rp331.429,-/hari
e. Total biaya material	
	= 241.955 + 30.765 + 11.950
	+ 331.429
	= Rp616.098,-/hari

4. Menghitung biaya operasional
 - a. Listrik dan air per bulan = Rp200.000,-
 - b. Listrik dan air per hari (25 hari kerja) = $\frac{200.000}{25}$
= Rp8000,-
5. Menghitung biaya upah pekerja
 - a. Jumlah pekerja = 2 orang
 - b. Upah pekerja = Rp100.000,-
 - c. Total upah pekerja = 2 x 100.000
= Rp200.000,-
6. Menghitung biaya konsumsi
 - a. Jumlah pekerja = 2 orang
 - b. Uang makan = Rp20.000,-
 - c. Total uang makan = 2 x 20.000
= Rp40.000,-
7. Menghitung biaya Tunjangan Hari Raya (THR)
 - a. Jumlah pekerja = 2 orang
 - b. THR = Rp250.000,-
 - c. Total THR = 2 x 250.000
= Rp500.000,-
 - d. Jumlah hari kerja per tahun = 300 hari
 - e. Tabungan untuk THR = $\frac{500.000}{300}$
= Rp1.667,-
8. Rekapitulasi pengeluaran per hari
 - a. Biaya alat utama = Rp13.333,-
 - b. Biaya alat bantu = Rp515,-
 - c. Biaya papan alas = Rp6.667,-
 - d. Biaya tempat = Rp6.667,-
 - e. Biaya material = Rp616.098,-
 - f. Biaya operasional = Rp8000,-
 - g. Biaya upah pekerja = Rp200.000,-

- h. Biaya konsumsi = Rp40.000,-
- i. Biaya THR = Rp1.667,-
- j. Total pengeluaran per hari = Rp892.947,-
9. Menghitung harga pokok produksi (HPP) lapangan
Produksi batako diasumsikan 200/hari dan habis terjual.
- a. Produksi batako per hari = 200 batako/hari
- b. HPP lapangan = $\frac{892.947}{200}$
= Rp4.465,-
- PPN 10% = Rp446,-
- Harga dasar batako = 4.465 + 446
= Rp4.911,-
- Margin perusahaan 20% = 20% x 4.911
= Rp983,-
- Harga jual batako = 4.911 + 982,24
= Rp5.893,-/buah
10. Menghitung penghasilan produksi per hari
- a. Produksi batako sekam padi per hari = 200 batako/hari
- b. Harga jual batako sekam padi = Rp5.893,-/buah
- c. Total pemasukan per hari = 200 x Rp5.893
= Rp1.178.690,-/hari
11. Menghitung keuntungan per batako sekam padi
- a. Persentase keuntungan per buah = $\frac{5.893-4.911}{4.911} \times 100\%$
= 20%
- b. Keuntungan per buah = harga jual batako – harga dasar
= 5.893 – 4.911
= Rp983,-/buah

- c. Keuntungan per hari = total pemasukan – (harga dasar x 200)
 = 1.178.690 – (4.911 x 200)
 = Rp196.448,-/hari
- d. Keuntungan per bulan
 Jumlah hari kerja = 25 hari
 Keuntungan per bulan = 25 x 196.448
 = Rp4.911.207,-/bulan
- e. Keuntungan per tahun
 Jumlah hari kerja = 300 hari
 Keuntungan per tahun = 300 x 196.448
 = Rp58.934.484,-/tahun

12. Menghitung *Break Event Point* (BEP)

- a. Modal awal
- 1) Harga alat *press* dan *mixer* = Rp25.000.000,-
 - 2) Cangkul @1 = Rp228.000,-
 - 3) Sekop @1 = Rp80.100,-
 - 4) Ember @3 = Rp54.600,-
 - 5) Selang @1 = Rp10.000,-
 - 6) Ayakan @1 = Rp52.000,-
 - 7) Cetok @1 = Rp39.000,-
 - 8) Harga bangunan = Rp10.000.000,-
 - 9) Kebutuhan papan @200 buah = Rp2.000.000,-
 - 10) Jumlah keseluruhan awal modal = Rp37.463.700,-
- b. BEP
- $$= \frac{\text{modal awal}}{\text{harga jual} - \text{harga dasar}}$$
- $$= \frac{37.463.700}{5.893 - 4.911}$$
- $$= 38142 \text{ buah}$$
- BEP dalam hitungan hari
- $$= \frac{38142 \text{ buah}}{200 \text{ buah/hari}}$$
- $$= 191 \text{ hari}$$

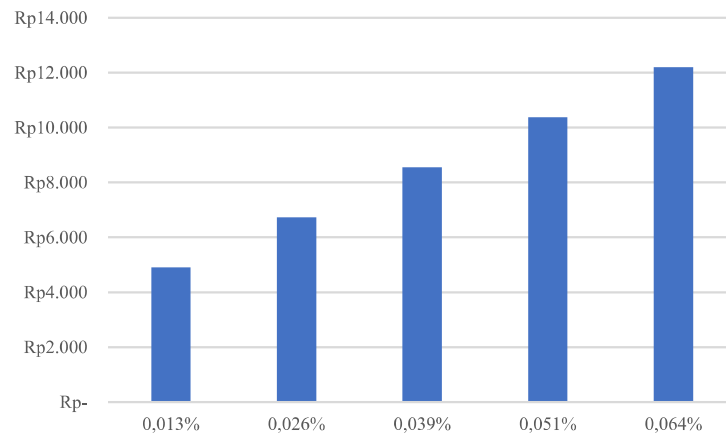
$$\begin{aligned}
 \text{BEP dalam hitungan bulan} &= \frac{191 \text{ hari}}{25} \\
 &= 7,7 \text{ bulan} \\
 \text{BEP dalam hitungan tahun} &= \frac{7,7 \text{ bulan}}{12} \\
 &= 0,7 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa harga produksi batako sekam padi membutuhkan biaya sebesar Rp892.947,- dengan produksi batako 200 per hari. Harga pokok produksi yang didapatkan yaitu sebesar Rp4.911,-/buah sedangkan harga jual batako sebesar Rp5.893,-/buah. Keuntungan yang didapatkan yaitu sebesar Rp983,-/buah. Untuk per hari keuntungan batako didapatkan sebesar Rp196.448,-, untuk per bulan sebesar Rp4.911.207,-, dan untuk per tahun sebesar Rp58.934.484,-. Dari hasil perhitungan BEP, dengan masa investasi 5 tahun maka analisis investasi BEP dinyatakan layak.

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan harga pokok produksi dari batako sekam padi dengan komposisi campuran Damdex 0,013%. Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk komposisi campuran lainnya yang perbedaannya hanya pada harga material sehingga didapatkan detail harga pokok batako sekam padi dengan bahan tambah kimia Damdex terhadap volume semen sebagai berikut.

1. Damdex 0,013% = Rp4.911,-/buah
2. Damdex 0,026% = Rp6.734,-/buah
3. Damdex 0,039% = Rp8.557,-/buah
4. Damdex 0,051% = Rp10.380,-/buah
5. Damdex 0,064% = Rp12.200,-/buah

Dari hasil perhitungan harga pokok produksi di atas, maka dapat dibuat grafik berdasarkan hasil detail harga pokok batako produksi batako sekam padi yang dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Detail Harga Pokok Produksi Batako Sekam Padi

Berdasarkan harga pokok produksi yang didapatkan pada Gambar 5.13 di atas maka dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya bahan kimia Damdex pada batako sekam padi maka semakin tinggi harga pokok produksi.

5.10 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Usaha batako sekam padi memiliki tujuan untuk menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya dengan sumber daya manusia, material, peralatan, dan modal atau biaya yang terbatas. Semakin banyak produksi batako sekam padi per hari maka keuntungan yang didapatkan juga akan besar.

Setelah dilakukan pengujian kuat desak, penyerapan air, redaman suara, dan perhitungan harga pokok produksi maka rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Bata Ringan Bricon

Komposisi Campuran Damdex	Nilai Kuat Desak (kg/cm²)	Persentase Penyerapan Air (%)	Redaman Suara (dB)	Berat Volume Rata-rata (kg/m³)	Harga Jual/Batako (Rp)
0,013%	4,143	17,720	21%	2140,152	Rp5.893
0,026%	4,338	29,001	21%	2105,429	Rp8.081
0,039%	4,950	29,686	22%	2136,995	Rp10.268
0,051%	5,316	34,669	26%	2149,621	Rp12.456
0,064%	5,597	51,226	26%	2133,838	Rp14.640
Bricon	28,319	38,370	23%	766,667	Rp9.000

Dari Tabel 5.11 di atas dapat dilihat bahwa pada semua komposisi batako sekam padi pada pengujian kuat desak tidak memenuhi syarat standar SNI yaitu 25 kg/cm², sedangkan untuk kuat desak rata-rata bata ringan Bricon sudah memenuhi syarat standar SNI yaitu 28,319 kg/cm² dengan berat volume 755,556 kg/m³. Untuk pengujian penyerapan air batako sekam padi dengan komposisi campuran Damdex 0,013% masuk ke dalam penggolongan mutu batako I, sedangkan untuk komposisi campuran Damdex 0,026%, 0,039%, dan 0,051% masuk ke dalam penggolongan mutu batako II. Untuk komposisi campuran Damdex 0,064% dan bata ringan Bricon tidak masuk dalam penggolongan mutu batako tersebut. Untuk pengujian redaman suara semakin bertambahnya bahan kimia Damdex maka nilai daya redaman juga semakin tinggi. Nilai daya redaman tertinggi yaitu pada komposisi campuran Damdex 0,064% yaitu 27,5 dB, sedangkan pada bata ringan Bricon yaitu 22,8 dB.

Dilihat dari aspek ekonomi harga terbaik yaitu pada batako sekam padi dengan komposisi campuran Damdex 0,013% dengan harga jual batako di pasaran sebesar Rp5.893,- per batako dengan keuntungan per hari sebesar Rp196.448,-, per bulan sebesar Rp4.911.207,-, dan per tahun sebesar Rp58.934.484,-.

5.11 Analisis Perbandingan

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan pada 3 buah batako yaitu batako sekam padi, bata ringan Bricon, dan batako di pasaran. Komposisi campuran Damdex 0,013% memiliki ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm dengan nilai kuat desak sebesar 4,143 kg/cm², nilai penyerapan air sebesar 17,720%, nilai redaman suara 20,8 dB, dan harga jual sebesar Rp5.893,-/buah. Sedangkan bata ringan Bricon di Toko Bangunan DM JAYA Jalan Besi, Sleman memiliki ukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm dengan nilai kuat desak sebesar 28,319 kg/cm², nilai penyerapan air sebesar 38,370%, nilai redaman suara sebesar 24,1 dB, dan harga jual sebesar Rp9.000,-/buah. Untuk batako di pasaran memiliki ukuran 10 cm x 19 cm x 36 cm dan memiliki harga jual sebesar Rp4.000,-/buah.

Untuk membandingkan harga batako sekam padi, bata ringan Bricon, dan batako di pasaran maka ketiganya akan dikonversikan ke ukuran batako sekam padi yaitu 40 cm x 12 cm x 22 cm. Adapun cara perhitungan untuk menghitung harga konversi adalah sebagai berikut.

1. Batako sekam padi (komposisi campuran Damdex 0,013%)

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

$$\text{Harga jual} = \text{Rp}5.893,-/\text{buah}$$

2. Bata ringan Bricon

$$\text{Volume} = 60 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 12000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Harga jual} = \text{Rp}9.000,-/\text{buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga konversi} &= \frac{\text{volume batako sekam padi}}{\text{volume bata ringan bricon}} \times \text{harga jual bata ringan Bricon} \\ &= \frac{10560}{12000} \times 9000 \\ &= \text{Rp}7.920,-/\text{buah} \end{aligned}$$

3. Batako di pasaran

$$\text{Volume} = 36 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 19 \text{ cm} = 6840 \text{ cm}^3$$

$$\text{Harga jual} = \text{Rp}4.000,-/\text{buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga konversi} &= \frac{\text{volume batako sekam padi}}{\text{volume batako di pasaran}} \times \text{harga jual batako di pasaran} \\ &= \frac{10560}{6840} \times 4000 \\ &= \text{Rp}6.175,-/\text{buah} \end{aligned}$$

Hasil perbandingan antara batako sekam padi, bata ringan Bricon, dan batako di pasaran dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Perbandingan Batako Konversi

Komposisi Batako	Batako Sekam Padi	Bata Ringan Bricon	Batako di Pasaran
Metode Pencetakan	Dicetak menggunakan mesin <i>press</i>	Menggunakan alat modern, pabrik	Dicetak menggunakan mesin <i>press</i>
Hasil	200	>1000	500
Pekerja	2	>100	2
Harga Jual	Rp5.893,-	Rp7.920,-	Rp6.175,-

Dari Tabel 5.12 di atas dapat dilihat bahwa batako sekam padi pada penelitian ini memiliki harga yang lebih murah 26% dari pada bata ringan Bricon. Sedangkan apabila dibandingkan dengan batako di pasaran hanya memiliki selisih yang sangat kecil yaitu 5%. Batako sekam padi memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan bata ringan Bricon dikarenakan menggunakan bahan yang lebih murah dan menggunakan proses produksi yang sederhana dengan menggunakan mesin *press*, namun tetap memiliki kemudahan produksi batako yang baik, presisi, dan tanpa cacat karena dicetak dengan posisi tidur. Sedangkan bata ringan Bricon menggunakan bahan baku dan alat yang lebih baik dan proses produksi yang sudah modern sehingga membuat bata ringan lebih rapi dan lebih mahal.

Untuk perbandingan batako menggunakan bahan kimia Damdex dan tidak menggunakan bahan kimia Damdex (hanya semen saja) dapat dilihat dari hasil kuat desaknya. Batako sekam padi dengan bahan tambah kimia Damdex komposisi campuran Damdex 0,013% sebesar $4,226 \text{ kg/cm}^2$ ke komposisi campuran Damdex 0,064% sebesar $5,641 \text{ kg/cm}^2$ dapat diketahui bahwa kenaikan kuat desak tidak signifikan yaitu hanya $1,415 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk kenaikan biaya dari komposisi 1 ke komposisi 5 adalah sebesar Rp7.289,-, yang artinya terdapat kenaikan harga Rp5.152,- per kenaikan 1 kg/cm^2 .

Sementara itu, pada penelitian Rizal (2021) yang tidak menggunakan bahan tambah kimia Damdex (hanya dengan bahan ikat semen saja), terdapat kenaikan kuat desak sebesar $5,585 \text{ kg/cm}^2$ dan kenaikan biaya sebesar Rp1.347,- yang artinya terdapat kenaikan harga Rp241,18,- per kenaikan 1 kg/cm^2 . Dari data tersebut, upaya kenaikan kuat tekan 1 kg/cm^2 dengan tambahan bahan kimia Damdex terdapat kenaikan harga sebesar sebesar Rp5.152,-, sedangkan jika menggunakan semen saja (tanpa Damdex) biaya yang diperlukan lebih murah yaitu sebesar Rp241,18,-. Maka dari itu, apabila diperlukan kenaikan kuat tekan batako cukup ditambahkan semen saja.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan menjadi beberapa hal sebagai berikut.

1. Pada pengujian kuat desak komposisi campuran Damdex 0,064% memiliki nilai kuat desak tertinggi yaitu sebesar 5,641 kg/cm² dengan berat volume rata-rata sebesar 804,924 kg/m³ dan untuk nilai kuat desak terendah terdapat pada komposisi campuran Damdex 0,013% yaitu sebesar 4,226 kg/cm² dengan berat volume rata-rata sebesar 744,949 kg/m³. Sedangkan, pada pengujian penyerapan air pada komposisi campuran Damdex 0,013% memiliki nilai sebesar 17,720% dan termasuk dalam mutu batako I dengan fungsi batako untuk konstruksi yang tidak terlindungi (di luar atap), selanjutnya untuk komposisi campuran Damdex 0,026% dengan nilai 29,001%, komposisi campuran Damdex 0,039% dengan nilai 29,686%, dan komposisi campuran Damdex 0,051% dengan nilai 34,669% termasuk dalam mutu batako II dengan fungsi batako untuk konstruksi yang memikul beban (untuk konstruksi di bawah atap), dan untuk komposisi campuran Damdex 0,064% tidak termasuk dalam kategori mutu batako.
2. Harga jual batako sekam padi yang memiliki harga optimal terdapat pada komposisi campuran Damdex 0,013% yaitu sebesar Rp5.893,-/buah, lebih murah 26% dari pada bata ringan Bricon dan lebih murah 5% dari batako di pasaran. Sedangkan dalam upaya kenaikan kuat tekan 1 kg/cm², kenaikan batako sekam padi dengan bahan tambah kimia Damdex sebesar Rp5.152,- sedangkan jika digunakan semen saja (tanpa Damdex) biaya yang diperlukan lebih murah yaitu sebesar Rp241,18,-. Maka dari itu, apabila diperlukan kenaikan kuat tekan batako cukup ditambahkan semen saja.

3. Redaman suara pada komposisi campuran Damdex 0,064% memiliki nilai daya redaman lebih baik daripada komposisi campuran lainnya yaitu sebesar 27,5 dB.
4. Bata ringan Bricon memiliki nilai kuat desak sebesar $28,319 \text{ kg/cm}^2$ dengan berat volume rata-rata sebesar $755,556 \text{ kg/m}^3$ dan masuk kedalam standar SNI karena memiliki nilai kuat desak $>25 \text{ kg/cm}^2$. Untuk pengujian penyerapan air bata ringan Bricon tidak masuk ke dalam kategori mutu batako karena memiliki nilai penyerapan air sebesar 38,370%. Sedangkan untuk pengujian redaman suara bata ringan Bricon memiliki nilai daya redaman sebesar 22,8 dB. Dan untuk harga jual bata ringan Bricon setelah dikonversi yaitu sebesar Rp7.920,-/buah.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan pada bab sebelumnya maka saran yang untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Proses pengadukan campuran lebih diperhatikan lagi agar adukan tercampur dengan baik dan merata.
2. Campuran sekam padi pada batako dikurangi agar menghasilkan nilai kuat desak yang lebih baik.
3. Bahan kimia Damdex dapat diganti dengan bahan penguat batako lainnya seperti *fly ash* dikarenakan harga yang kurang ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R. 2019. *Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. SNI 03-0349-1989. Bandung.
- Berutu, H. A. K. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan dengan Memanfaatkan Sekam Padi sebagai Agregat untuk Bahan Kedap Suara*. Tesis. Program Pascasarjana, Magister Ilmu Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia PUBI-1982*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Frick, Heinz, dan Koesmartadi, Ch. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan. Eskploitasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hesti, S, I. 2014. *Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu sebagai Penggati Pasir*, Tugas Akhir, Tidak Dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.
- Maruta, H. (2018). *Analisis Break Even Point (BEP) sebagai dasar perencanaan laba bagi manajemen*. JAS (Jurnal Akuntansi Syariah), 2(1), 9-28.
- Mulyadi. 2007. *Akuntansi Biaya*. Yogyakarta: BPFE-UGM.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. Erlangga. Jakarta.
- Rizal, M. 2021. *Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara*, Tugas Akhir, Tidak

- Dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sembiring, S. 2012. *Mikroskopi Elektron (SEM)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Simbolon, T. 2009. *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Terbuat dari Styrofoam-Semen*. Program Studi Magister Ilmu Fisika, Sekolah Pascasarjana USU. Medan.
- Supribadi, I.K., Drs, 1986. *Ilmu Bangunan Gedung*. Bandung: Armico.
- Winarno, S., Nugraheni, F., & Rudatin, A. (2015). *Inovasi Tandon Air Beton Pracetak: Karakteristik Teknis dan Kelayakan Ekonomi*. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 12(1), 13–21.
- Winarno, S., Pramono, W. A. 2019. *Batako Sekam Padi: Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi*, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Zerbino, R., Giaccio, G., & Isaia, G. C. 2011. *Concrete incorporating rice-husk ash without processing*. *Construction and Building Materials*, 25(1), 371-378.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium

Nomor : 94/Ka. Prodi/20/PSTS/X/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada Yth:

Koordinator Laboratorium

Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Stevany Aliza Khairani
NIM : 18511228
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara Dengan Penambahan Bahan Kimia Damdex

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Oktober 2021
Pemohon

Mengetahui
Program Studi Teknik Sipil

Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

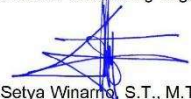


Stevany Aliza Khairani
NIM: 18511228

Menyetujui
Koordinator Laboratorium


Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


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

Menyetujui
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi
Teknik (BKT)


Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Catatan:

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

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

Nomor : 95/Ka. Prodi/20/PSTS/X/2021
 Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi
 Teknik (BKT) Teknik Sipil Ull

Kepada :

Yth. **Ketua Tim Satgas Covid 19**
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:


Nama : Stevany Aliza Khairani
 NIM : 18511228
 Program Studi : Teknik Sipil
 Dosen Pembimbing TA : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako
 Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan
 Redaman Suara Dengan Penambahan Bahan Kimia
 Damdex

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.


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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Menyetujui
 Dosen Pembimbing Tugas Akhir


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

Yogyakarta, 16 Oktober 2021
 Pemohon


 Stevany Aliza Khairani
 NIM: 18511228

Mengetahui
 Kepala Program Studi Teknik Sipil



 Dr. Ir. Sri Amiri Yuni Astuti, M.T.

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT)

Lampiran 2 Gambar Benda Uji**Gambar L-2.1 Benda Uji Setelah Pencetakan**

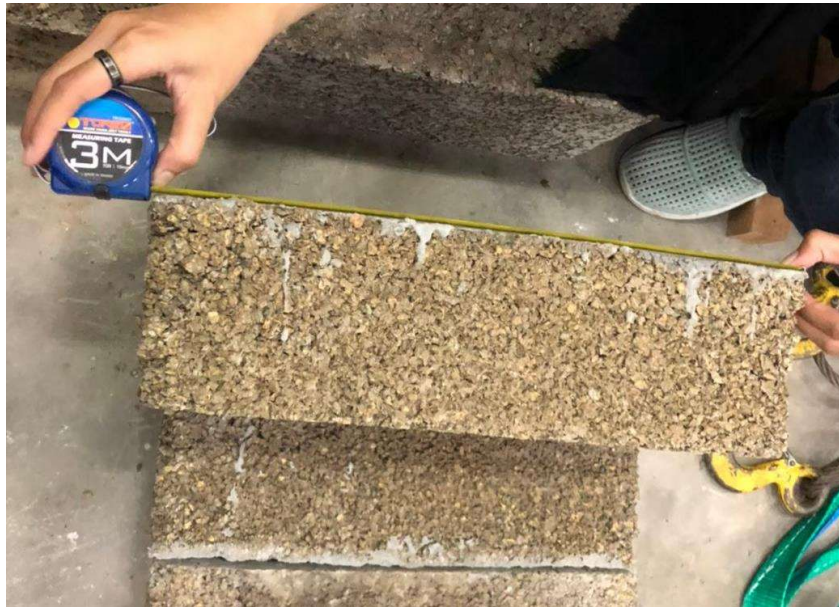
Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak



Gambar L-3.1 Perataan Permukaan Benda Uji



Gambar L-3.2 Penimbangan Benda Uji



Gambar L-3.3 Pengukuran Benda Uji



Gambar L-3.4 Pengujian Kuat Desak

Lampiran 4 Pengujian Penyerapan Air



Gambar L-4.1 Pemotongan Benda Uji Menjadi 4 Bagian



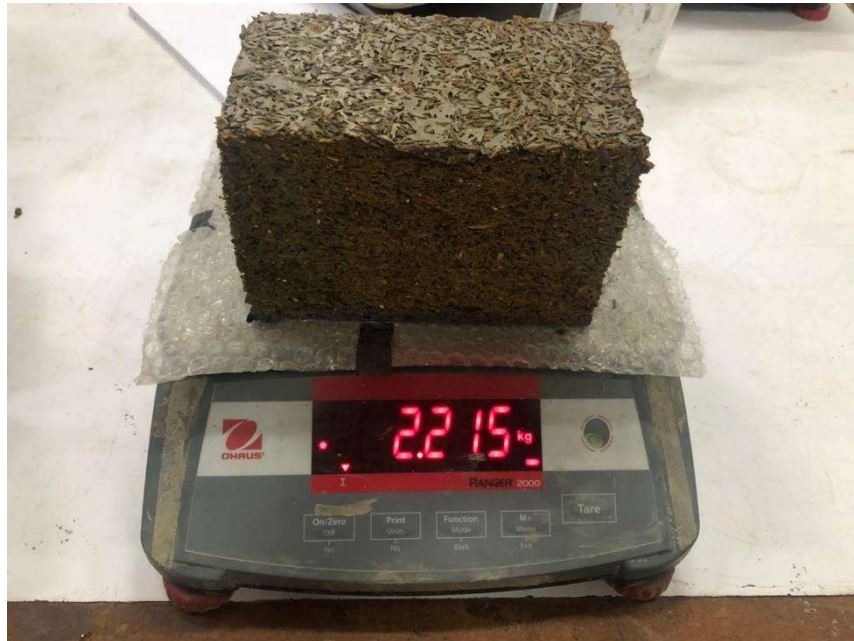
Gambar L-4.2 Perendaman Benda Uji



Gambar L-4.3 Penimbangan Benda Uji Setelah Diredam



Gambar L-4.4 Benda Uji Dimasukkan dalam Oven



Gambar L-4.5 Benda Uji Ditimbang Setelah Kering

Lampiran 5 Pengujian Redaman Suara

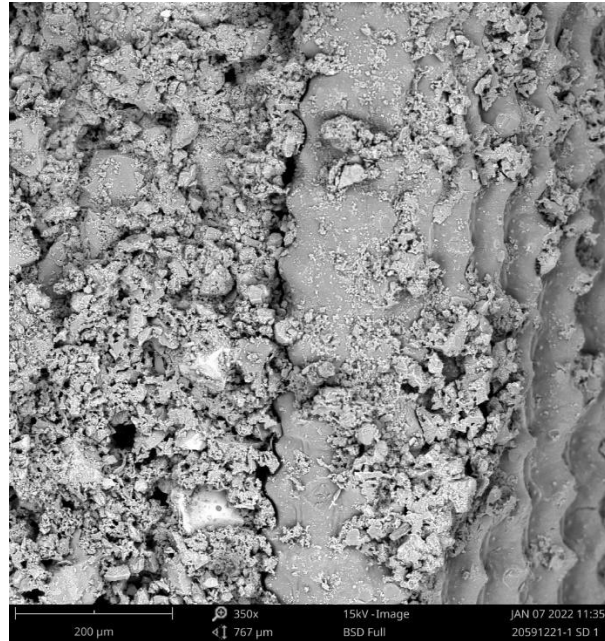


Gambar L-5.1 Pengujian Redaman Suara Batako Sekam Padi

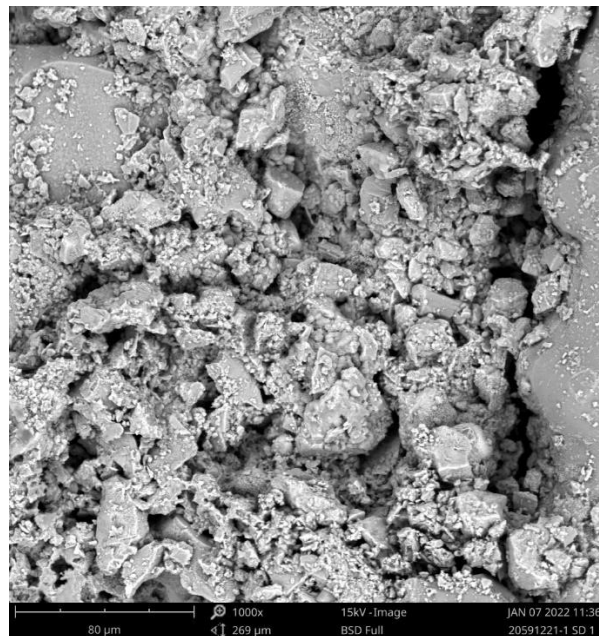


Gambar L-5.2 Pengujian Redaman Suara Bata Ringan Bricon

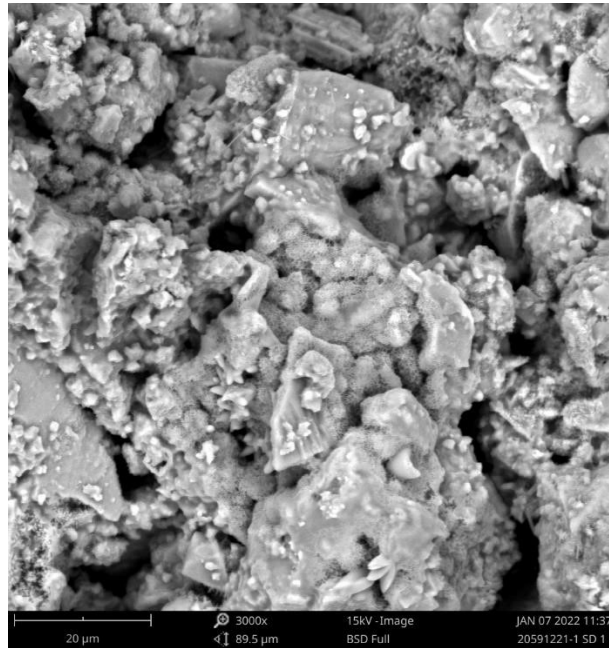
Lampiran 6 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)



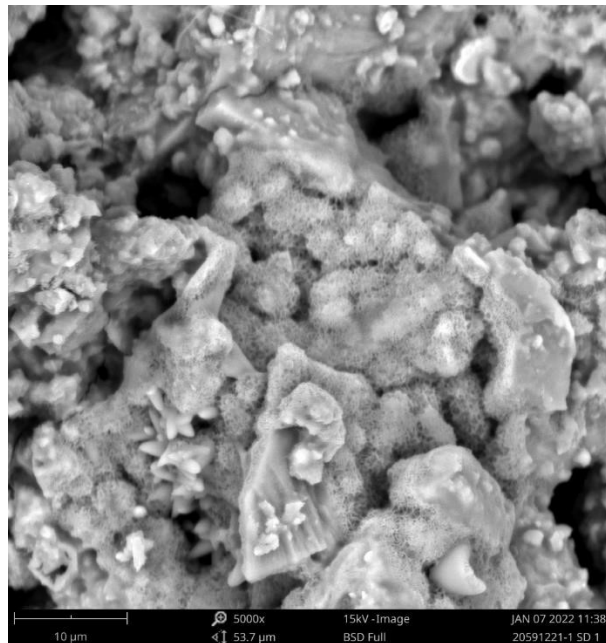
**Gambar L-6.1 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%
Perbesaraan 350x**



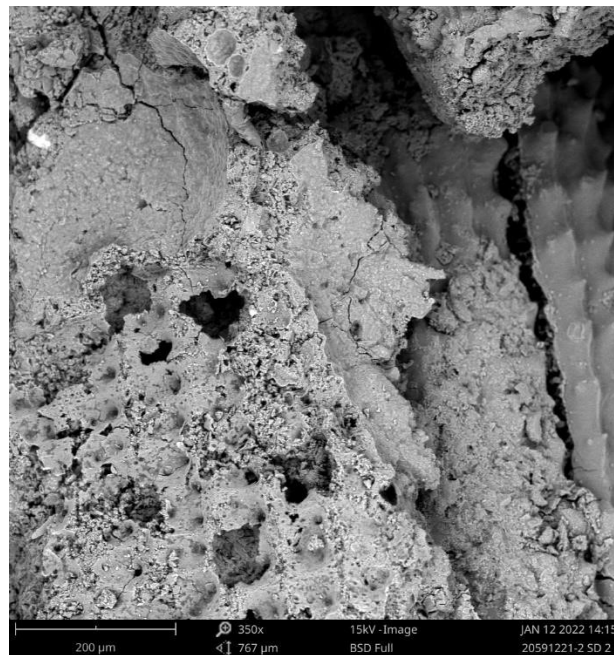
**Gambar L-6.2 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%
Perbesaraan 1000x**



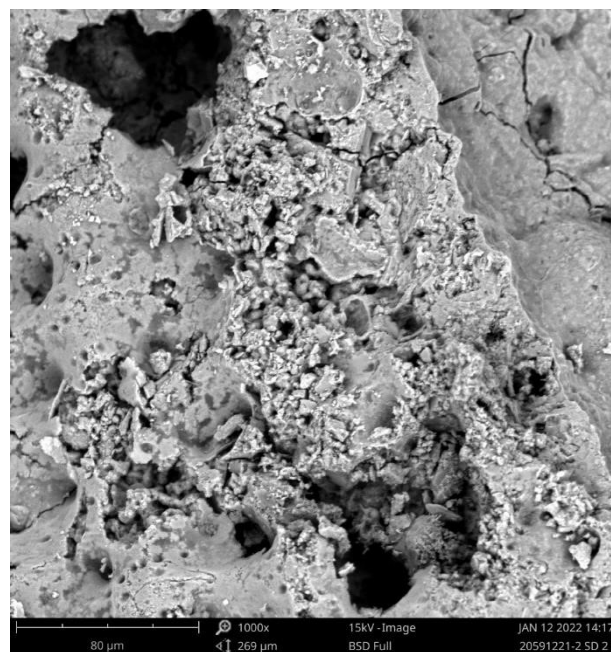
**Gambar L-6.3 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%
Perbesaraan 3000x**



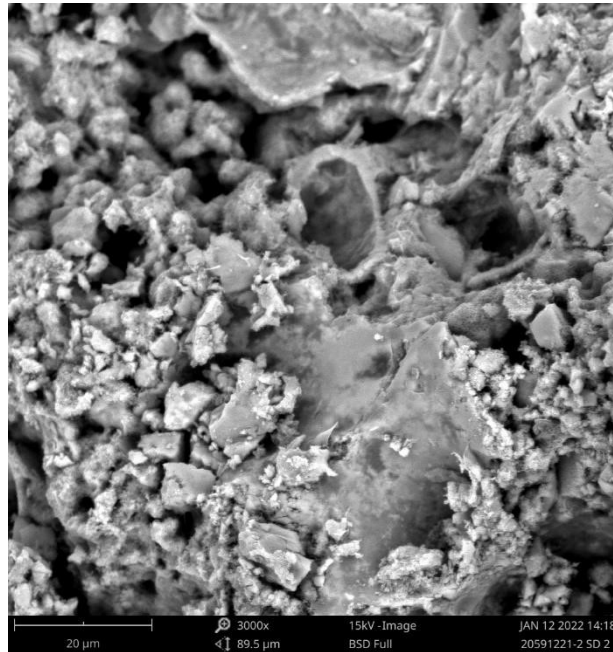
**Gambar L-6.4 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,013%
Perbesaraan 5000x**



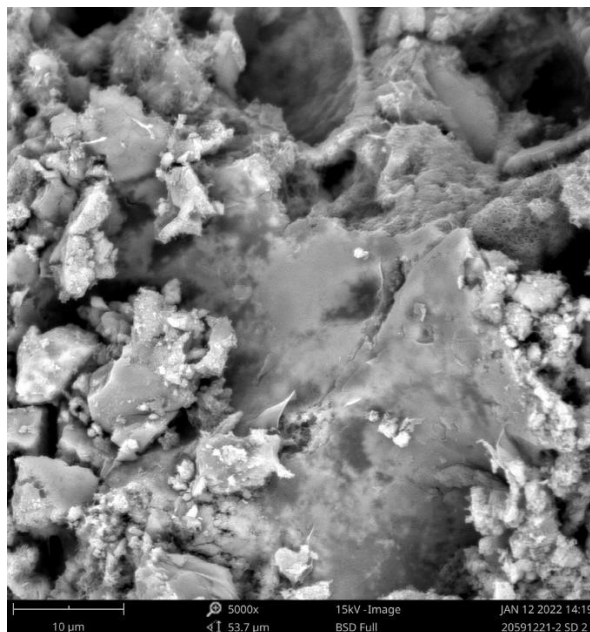
**Gambar L-6.5 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%
Perbesaraan 350x**



**Gambar L-6.6 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%
Perbesaraan 1000x**



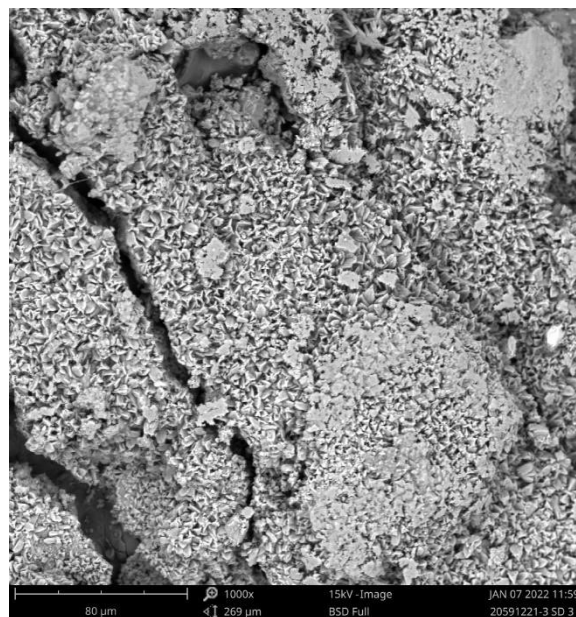
**Gambar L-6.7 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%
Perbesaraan 3000x**



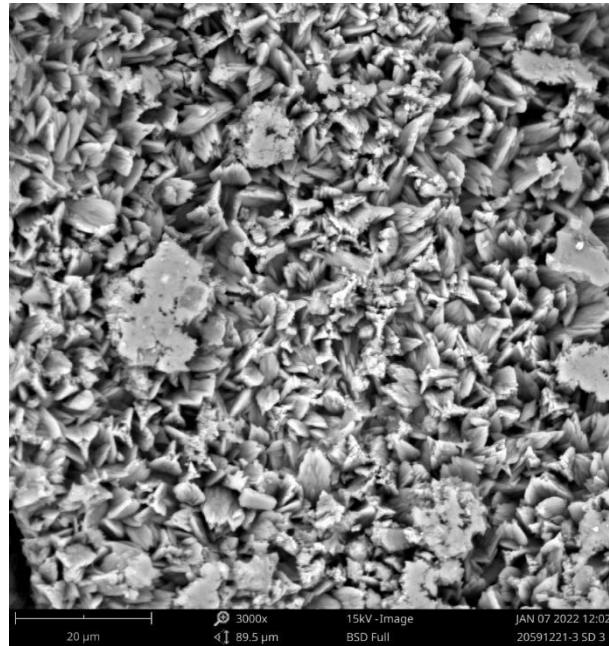
**Gambar L-6.8 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,026%
Perbesaraan 5000x**



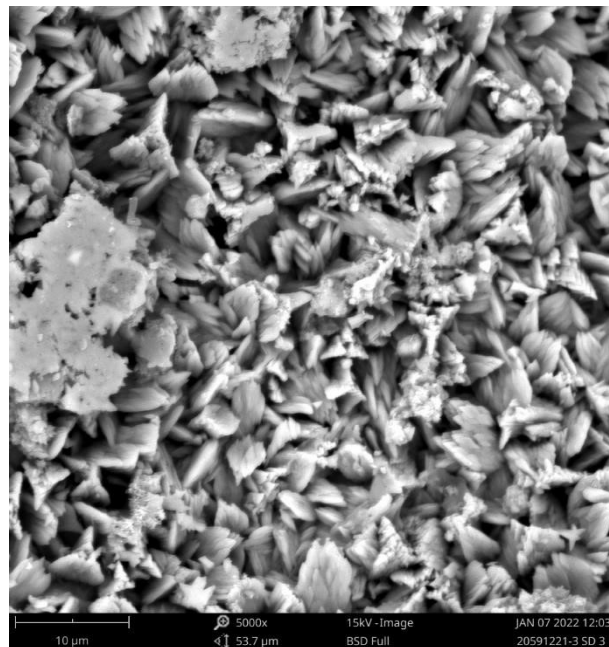
**Gambar L-6.9 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%
Perbesaraan 350x**



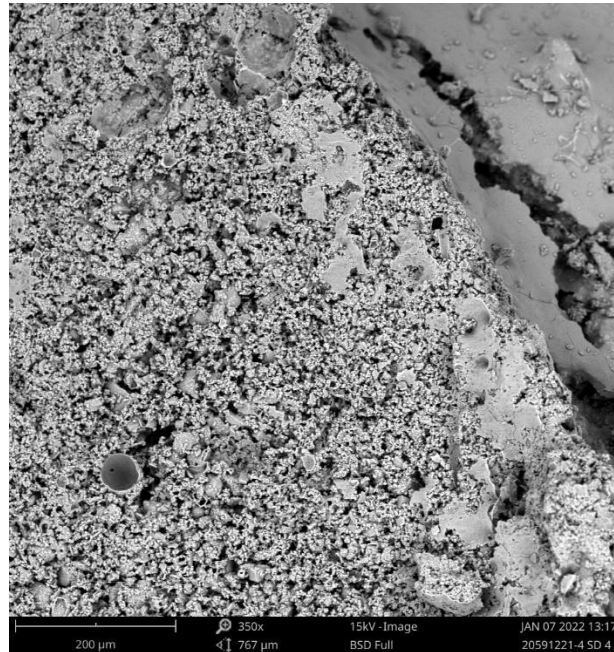
**Gambar L-6.10 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%
Perbesaraan 1000x**



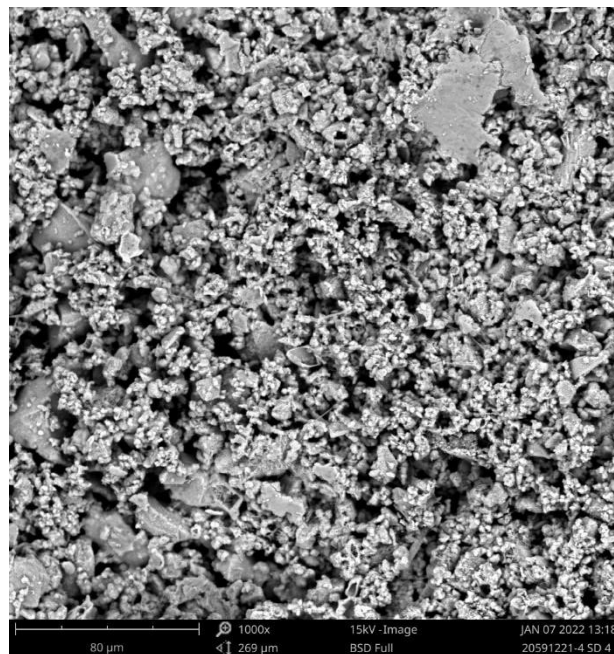
**Gambar L-6.11 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%
Perbesaraan 3000x**



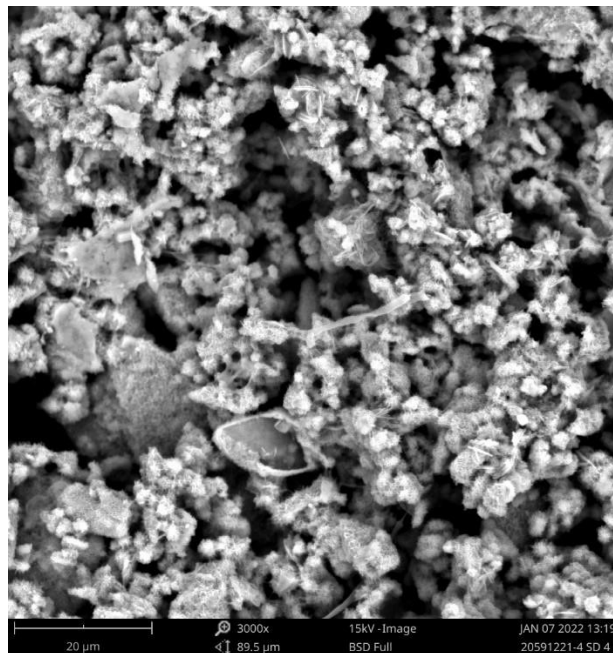
**Gambar L-6.12 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,039%
Perbesaraan 5000x**



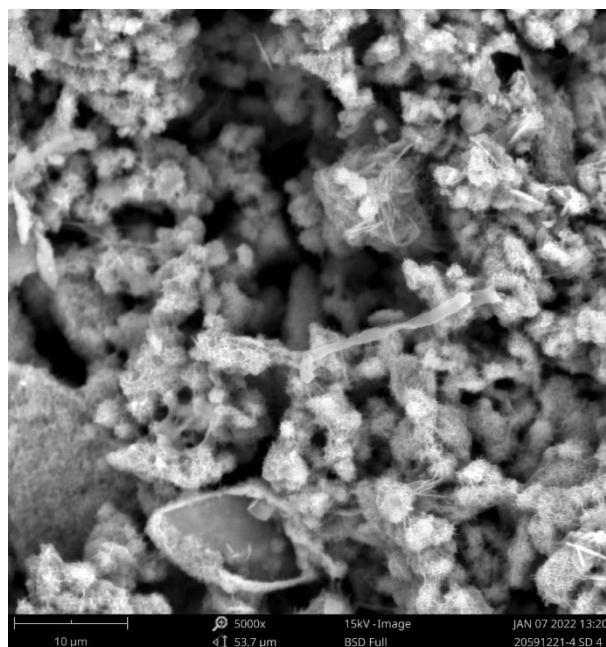
**Gambar L-6.13 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%
Perbesaraan 350x**



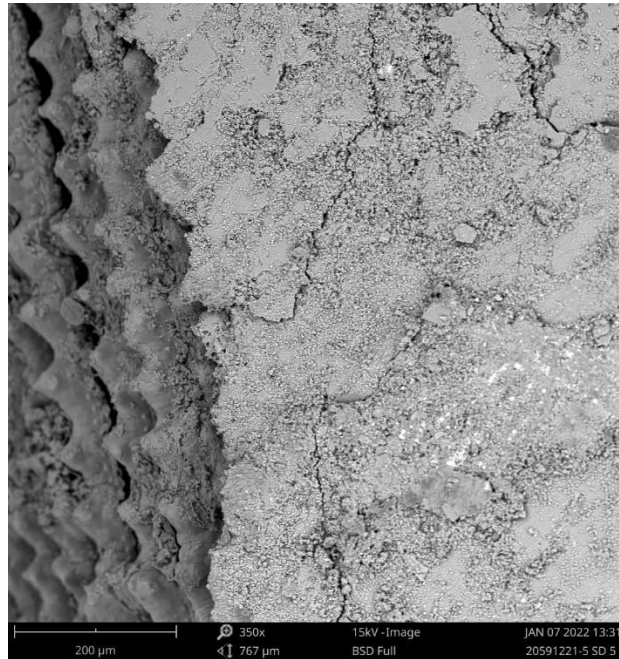
**Gambar L-6.14 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%
Perbesaraan 1000x**



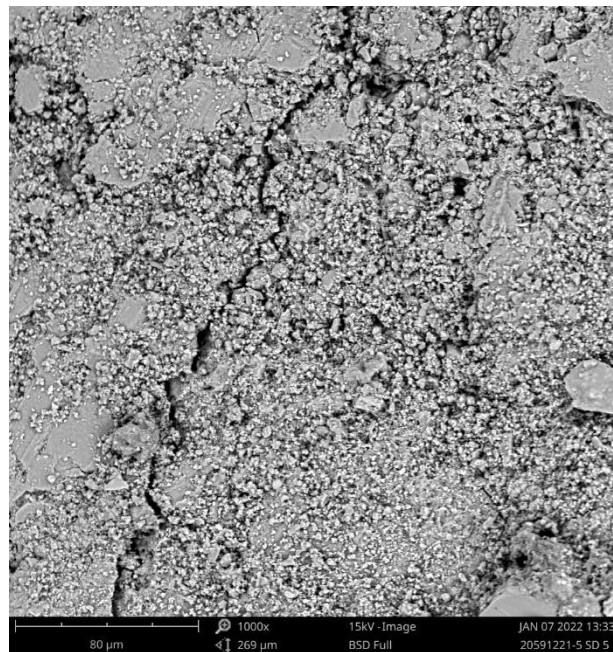
**Gambar L-6.15 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%
Perbesaraan 3000x**



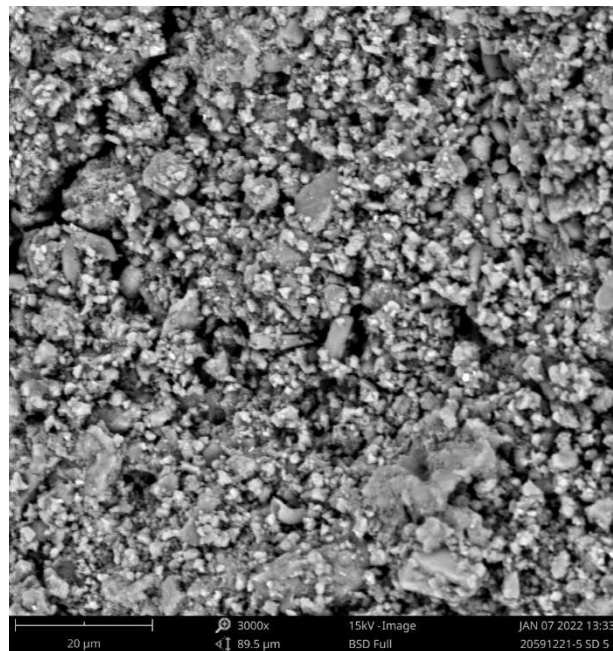
**Gambar L-6.16 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,051%
Perbesaraan 5000x**



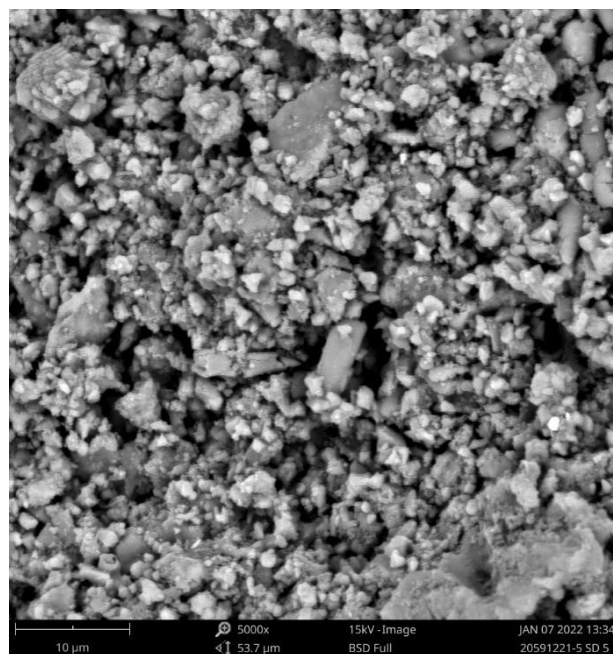
**Gambar L-6.17 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%
Perbesaraan 350x**



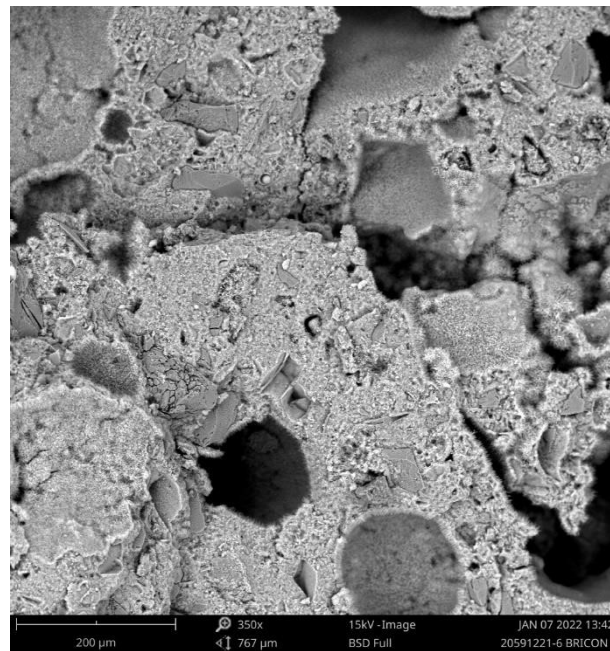
**Gambar L-6.18 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%
Perbesaraan 1000x**



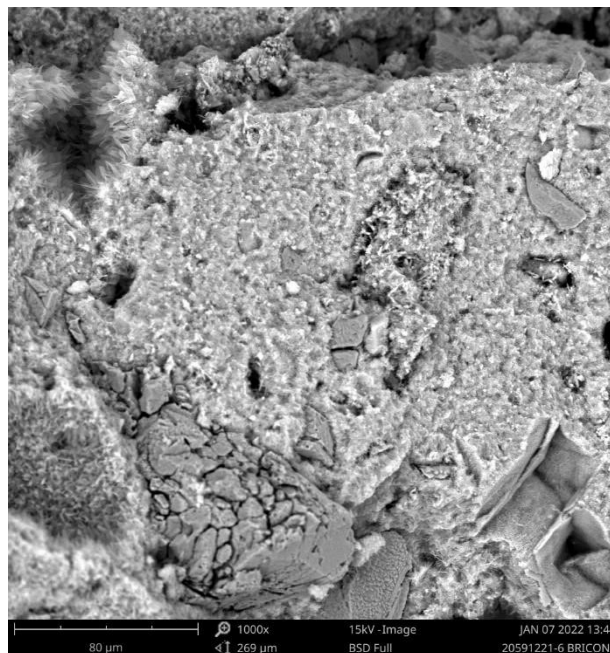
**Gambar L-6.19 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%
Perbesaraan 3000x**



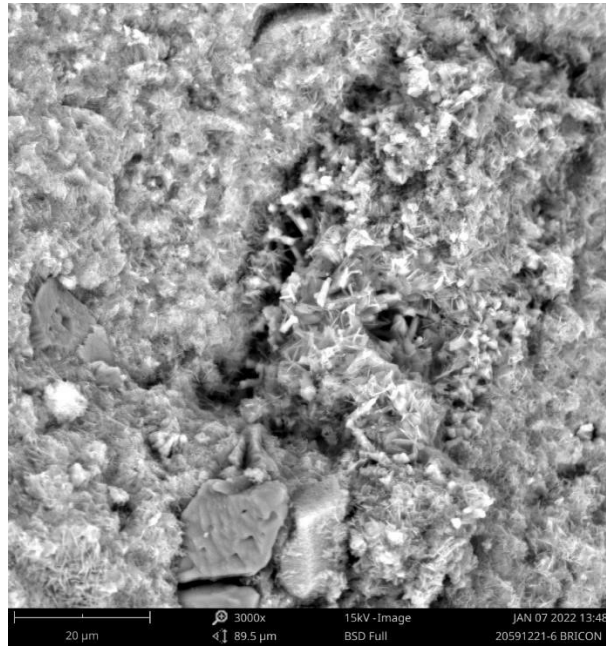
**Gambar L-6.20 Pengujian SEM Komposisi Campuran Damdex 0,064%
Perbesaraan 5000x**



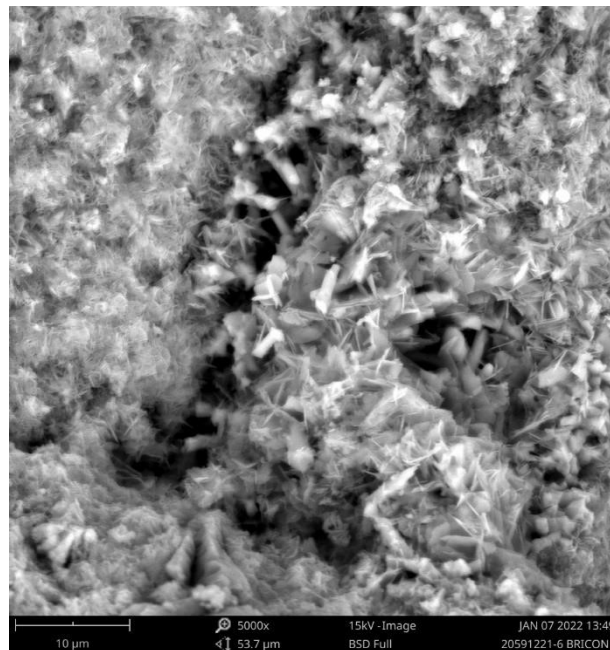
Gambar L-6.21 Pengujian SEM Bata Ringan Bricon Perbesaraan 350x



Gambar L-6.22 Pengujian SEM Bata Ringan Bricon Perbesaraan 1000x



Gambar L-6.23 Pengujian SEM Bata Ringan Bricon Perbesaraan 3000x



Gambar L-6.24 Pengujian SEM Bata Ringan Bricon Perbesaraan 5000x