TUGAS AKHIR

PENGARUH SEKAM PADI SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA (*THE INFLUENCE OF RICE HUSK AS CONCRETE BLOCK AGGREGATES ON ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION COST, AND SOUND INSULATION*)

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

Muhammad Rizal Rafi
15511075

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH SEKAM PADI SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA (*THE INFLUENCE OF RICE HUSK AS CONCRETE BLOCK AGGREGATES ON ASPECTS OF TECHNICAL, PRODUCTION COST, AND SOUND INSULATION*)

Disusun oleh

Muhammad Rizal Rafi 15511075

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

Diuji pada tanggal 10 Maret 2022 Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	**Penguji I**	**Penguji II**
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph. D.	**Adityawan Sigit, S.T., M.T.**	**Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.**
NIK: 945110101	**NIK: 155110108**	**NIK: 005110101**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.
NIK: 885110101

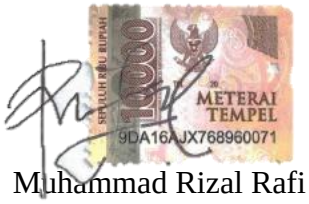
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumber secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 13 April 2022

Penulis,



Muhammad Rizal Rafi

15511075

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "PENGARUH SEKAM PADI SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA". Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu memberikan kami kekuatan serta kemudahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ayah, Ibu, dan saudara yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph. D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas seluruh dukungan dan inspirasi yang diberikan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Adityawan Sigit, S.T., M.T. dan Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph. D. selaku dosen sekaligus penguji yang telah memberikan tambahan ilmu dan saran-saran yang bermanfaat.
5. Teman-teman yang telah meluangkan waktu dan memberikan saran-saran dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

6. Pihak Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII atas bantuan, tenaga, dan waktu yang diluangkan dalam pembuatan sampel Tugas Akhir ini.
7. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk laporan Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Yogyakarta, 13 April 2022

Muhammad Rizal Rafi
15511075

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Pengesahan ii
Halaman Pernyataan iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Batasan Penelitian 7
1.5 Manfaat Penelitian 7
1.6 Lokasi Penelitian 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Penelitian Sebelumnya 9

2.1.1 Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi 9

2.1.2 Metode Mix Design untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi 11

2.1.3 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual 11

2.1.4 Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi 12

2.1.5 Penambahan Bahan Limbah Abu Sekam Padi Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur 13

2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan..... 14

Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual 15

Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi..... 15

Penambahan Bahan Limbah Abu Sekam Padi Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur 15

2.3 Penelitian Penulis 18

BAB III LANDASAN TEORI 19

3.1 Batako 19

3.2 Material Penyusun Batako 22

3.2.1 Sekam Padi 22

3.2.2 Abu batu dari Limbah Penggergajian Batu..... 23

3.2.3 Semen..... 24

3.2.4 Air 24

3.3 Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan..... 24

3.3.1 Uji Kuat Desak..... 24

3.3.2 Uji Penyerapan Air 27
3.3.3 Uji Daya Redam Suara 27
3.4 Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)* 29
3.5 Harga Pokok Produksi 29
BAB IV METODE PENELITIAN 32
4.1 Tinjauan Umum 32
4.2 Pelaksanaan Penelitian 32
4.2.1 Tahap Persiapan 32
4.2.2 Perencanaan Komposisi 33
4.2.3 Pelaksanaan Penelitian 34
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 40
4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan 41
4.3.5 Tahap Kesimpulan 41
4.3.6 Bagan Alir Penelitian 42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 44
5.1 Tinjauan Umum 44
5.2 Pemeriksaan Bahan Susun Batako 44
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran 48
5.4 Pengamatan Proses Produksi 50
5.5 Data Hasil Pengujian Laboratorium 50

5.5.1 Kuat Desak Batako 50
5.5.2 Daya Serap Air..... 54
5.5.3 Daya Redam Suara..... 56
5.6 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (*SEM*)..... 61
5.7 Analisis Kelayakan Ekonomi..... 63
5.7.1 Analisis Kelayakan Batako Sekam Padi..... 63
5.7.2 Analisis Perbandingan Kelayakan Batako Sekam Padi..... 69
5.8 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu..... 71
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... 73
6.1 Kesimpulan 73
6.2 Saran..... 75
DAFTAR PUSTAKA..... 76
LAMPIRAN 79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 15
Tabel 3. 1 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton 21
Tabel 3. 2 Ukuran Bata Beton 21
Tabel 3. 3 Kandungan Kimia Sekam Padi 22
Tabel 3. 4 Taraf Intensitas Sumber Bunyi 28
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Penyusun Batako 34
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako 44
Tabel 5.2 Berat Bahan 45
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Berat Volume 47
Tabel 5.4 Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi 48
Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Sekam Padi 49
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak Batako 51
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Desak Bata Ringan Citicon 52
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako Variasi I 54
Tabel 5.9 Rekapitulasi Nilai Daya Serap Air Batako dan Bata Ringan 55
Tabel 5.10 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Daya Serap Air 55
Tabel 5.11 Hasil Rata-Rata Pengujian Redam Suara 57
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Redam Suara pada Batako Variasi V 58
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Nilai Daya Redam Suara 59
Tabel 5.14 Jumlah rongga-rongga hasil foto Metode SEM 62
Tabel 5.15 Perbandingan 70
Tabel 5.16 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Citicon 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Sampel Batako Sekam Padi 4
Gambar 2.2 Batako Sekam Padi Berlubang (Winarno, 2018) 9
Gambar 3.1 Batako Pejal 20
Gambar 3.2 Batako Berlubang 20
Gambar 4.1 Bahan Penyusun Batako Sekam Padi 34
Gambar 4.2 Pengujian Daya Redam Suara 40
Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian 43
Gambar 5.1 Batako Pejal 45
Gambar 5. 2 Ember Ukur 46
Gambar 5. 3 Kurva Kuat Desak Batako 52
Gambar 5.4 Perbandingan Kuat Desak Rata-rata Batako Sekam Padi dan Bata Ringan Citicon 53
Gambar 5.5 Kurva Penyerapan Air 55
Gambar 5.6 Pengujian Daya Redam Suara 57
Gambar 5.7 Kurva Nilai Daya Redam Suara 60
Gambar 5.8 Grafik Nilai Daya Redam Suara 61
Gambar 5.9 Hasil foto (pembesaran 3000x) Metode SEM 3000x untuk Batako Sekam Padi Variasi I-V 62
Gambar 5. 10 Hasil foto (pembesaran 3000x) Metode SEM untuk Bata Citicon 62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji 80
Lampiran 2 Gambar Alat 81
Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak 83
Lampiran 4 Pengujian Daya Serap Air 84
Lampiran 5 Pengujian Daya Redam Suara 86

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas Penampang (cm2)

BV = Berat Volume (gr/cm3)

dB = Desibel

fas = Faktor Air Semen

SNI = Standar Nasional Indonesia

SSD = Saturated Surface Dry / Jenuh Kering Permukaan

P = Beban Maksimum (Kg)

PC = Portland Cement

σ = Kuat Desak (kg/cm^2)

Δ = Selisih

ABSTRAK

Kebutuhan material bahan konstruksi yang saat ini meningkat mendorong para ahli berinovasi untuk membuat atau menciptakan material bahan konstruksi yang baru. Salah satu inovasi yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan bahan dari limbah petanian seperti sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan sekam padi sebagai agregat yang menggantikan fungsi pasir, ahar berat volumenya menjadi lebih ringan dengan tinjauan pada aspek teknis, biaya produksi, dan redaman suara.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dimulai dari pengecekan bahan susun batako hingga melakukan pengujian laboratorium. Bahan susun batako terdiri dari semen, abu batu, dan sekam padi yang dibagi menjadi beberapa variasi. Pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan dan pengujian daya serap air yang berpedoman pada SNI 03-0349-1989. Selain itu, akan dilakukan juga pengujian daya redam suara dan perhitungan harga pokok produksi guna membandingkannya dengan harga batako yang ada di pasaran. Penelitian ini juga melakukan pengujian yang serupa pada bata ringan Citicon yang berfungsi sebagai control material.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi batako sekam padi adalah 13,64 kg/cm^2, berat volume rata-rata 1104,28 kg/m^3 dan nilai daya serap air 23,99 %. Hasil di atas berasal dari batako sekam padi dengan perbandingan komposisi semen : abu batu : sekam padi sebesar 1 : 1 : 4. Sedangkan kuat tekan bata ringan Citicon sebesar 12,64 kg/cm^2, berat volume 800 kg/m^3, dan nilai daya serap air 39,9 %. Harga jual batako sekam padi didapatkan sebesar Rp 521.000,- per m^3, yang lebih murah 34,21% dari harga Citicon sebesar Rp 792.000,- per m^3. Untuk harga batako konvensional dengan ukuran 12 cm x 22 cm x 40 cm sebesar Rp 5.448,- sedangkan harga batako sekam padi sebesar Rp 5.500,- per buah dimana hanya terdapat perbedaan harga sebesar 0,9 % saja. Hal ini membuktikan harga batako sekam padi masih dapat bersaing di pasaran. Break even point akan terjadi pada produksi batako sekam padi yang ke 45.398 buah, yang diperkirakan akan terjadi pada pada 1,01 tahun sejak produksi pertama kali. Nilai redaman suara tertinggi sebesar 17 dB terjadi pada Variasi I sedangkan Bata Citicon memiliki redaman yang lebih baik, yaitu sebesar 28,76 dB.

Kata kunci : batako sekam padi, kuat tekan, daya serap air, daya redam suara, harga pokok produksi

ABSTRACT

The currently increasing demand for construction materials encourages experts to innovate or create new construction materials. One of the innovations that can be used is to use materials from agriculture waste such as rice husks. The aim for this research is to use of rice husk replacing the function of aggregate for concrete block materials so that the weight of the concrete block becomes lighter on aspect of technical, production cost, and sound insulation.

This research uses an experimental method in laboratory, starting from checking the characteristic od materials for concrete blocks. The concrete blocks consist of cement, stone ash, and rice husks which are batched into several variations. This test includes testing of compressive strength and testing of water absorption based on SNI 03-0349-1989. In addition, there will also be a sound insulation test and a calculation of the cost of production to compare it with the price of light-weight bricks on the market. This study also carried out a similar test on Citicon light-weight brick which functions as a control material.

The results of this study indicate that the highest average compressive strength of rice husk concrete block is 13.64 kg/cm^2, the average density is 1104.28 kg/m^3 and the water absorption value is 23.99%. The results above are derived from rice husk concrete block with a ratio of cement: stone ash: rice husk of 1: 1: 4. Meanwhile, the compressive strength of Citicon lightweight bricks is 12.64 kg/cm^2, density is 800 kg/m^3, and the value of water absorption. 39.9%. The selling price of rice husk concrete block is Rp. 521,000,- per m^3, which was 34.21% cheaper than Citicon's price of Rp. 792,000,- per m^3. The price for conventional bricks with a size of 12 cm x 22 cm x 40 cm is Rp. 5,448, - while the price of rice husk concrete block is Rp. 5,500 per piece, where there is only a price difference of 0.9%, a bit not significant. This proves that the price of rice husk bricks can compete in the market. Break even point have occurred at the production of 45.398 unit of rice husk concrete block buah. This will happen approximately in year of 1,01 since the first production. The maximum value of sound insulation is in Variation-1 with 17 dB, whereas Citicon lightweight concrete has better sound insulation that that of rice husk concrete block for about 28,76 dB.

Keywords : *rice husk concrete block, compressive strength, water absorption, sound insulation, cost of production*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan batako sebagai bahan bangunan konstruksi seperti dinding sangat popular dan banyak digunakan oleh masyarakat saat ini. Batako adalah bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang terbuat dari campuran antara semen dan pasir, namun dengan menggunakan bahan-bahan ini bobot batako termasuk berat. Berat pada batako yang dipengaruhi oleh penggunaan bahan tersebut dapat diminimalkan dengan menggunakan bahan-bahan ringan tetapi bahan atau material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik agar dapat bertahan dalam segala macam kondisi. Pada saat yang sama, kebutuhan material dari alam pada bidang konstruksi mengalami peningkatan dan hal ini tentu saja berpengaruh terhadap kondisi lingkungan di Indonesia.

Untuk mengatasi hal tersebut, material konstruksi yang ramah lingkungan dan dapat bersaing dalam dunia industri konstruksi menjadi suatu tantangan baru yang harus diselesaikan. Material konstruksi yang baru ini diharapkan dapat menggantikan material konvensional yang berbahan dari alam seperti batu pecah, batu kapur, dan pasir. Pasir adalah salah satu material dari alam yang sangat sering digunakan pada pelaksanaan proyek konstruksi. Penggunakan pasir digunakan sebagai material struktur beton dan juga dinding batako.

Penelitian dengan menggunakan material yang ramah lingkungan (material buangan atau limbah) telah dilakukan sejak beberapa tahun terakhir. Salah satunya adalah penggunaan limbah hasil pertanian untuk material beton atau batako. Beberapa contoh material ramah lingkungan telah diteliti oleh Le Troëdec et al., 2009, Nguyen et al., 2009, dan Nguyen et al., 2010. Penelitian lain dilakukan oleh Chabi dkk (2018), yang telah meneliti tentang penggunaan sekam padi sebagai material penyusun dalam teknologi material konstruksi.

Beton ramah lingkungan dengan menggunakan limbah hasil pertanian dapat mengurangi penggunaan pasir yang berlebihan. Material beton pada artikel ini adalah beton non-struktural, seperti batako. Batako ramah lingkungan dengan menggunakan hasil limbah pertanian berfungsi untuk membuat material non-struktural yang ringan karena adanya porositas dengan volume yang relatif banyak pada sekam padi. Porositas ini sangat berpengaruh terhadap berat dari material batako.

Material batako sangat sering digunakan dalam bidang konstruksi, contohnya seperti pada pembangunan dinding-dinding perumahan. Penggunaan batako menjadi popular karena dapat menggantikan penggunaan batu bata bakar yang sudah semakin langka serta mahal. Dinding dengan batako adalah salah satu komponen rumah yang kuat dan juga awet. Bahan penyusun batako biasanya berupa pasir kasar (bisa terdapat kerikil kecil di dalamnya), semen, dan air.

Batako merupakan material beton memiliki kekuatan desak yang baik. Dalam pembuatan dinding, batako diatur satu persatu dan lapis demi lapis. Agar proses pembangunan dinding lebih efisien maka satu unit batako harus mampu diangkat dan dipasang tanpa menggunakan energi fisik yang berlebihan. Setelah batako diatur sedemikian rupa, antar batako diberi plester yang berfungsi sebagai pengikat. Batako yang sudah tersusun membentuk sebuah dinding sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan.

Sebuah bangunan sebaiknya dirancang dengan menggunakan material yang ringan. Penggunaan batako ringan dapat mengurangi risiko terhadap bencana gempa bumi. Proporsi dinding pada sebuah bangunan rumah lumayan besar (sekitar 50% dari berat total bangunan). Batako konvensional terbuat dari campuran pasir kasar, semen, dan air sehingga batako konvensional dapat memiliki berat volume sebesar 2200-2400 kg/m^3 sedangkan batako ringan dapat dibuat dengan berat volume kurang dari 1400 kg/m^3. Kekuatan dua jenis batako tersebut tergantung dari komposisi campuran dan bahan bakunya.

Batako ringan dapat dibuat dengan memanfaatkan material sisa hasil pertanian sebagai pengganti pasir. Batako ini lebih ringan daripada batako konvensional karena

terdapat banyak porositas di dalam material sisa tersebut. Namun, jika batako memiliki porositas yang sangat tinggi maka kekuatan batako akan menjadi lebih rendah. Pada kasus ini, batako ringan tidak diizinkan untuk dipakai sebagai material untuk menopang beban sepenuhnya. Kekuatan dinding dengan batako ringan harus didukung oleh perkuatan kolom-balok beton bertulang. Selain tidak bisa dipakai untuk menopang beban secara penuh, batako ringan juga dapat dialiri rembesan air hujan ke dalam dinding batako. Rembesan ini dapat diatasi dengan melapisi permukaan dinding batako ringan menggunakan acian atau plester yang rapat dan kedap air untuk mencegah penetrasi air.

Salah satu limbah hasil pertanian yang sering dipakai untuk menggantikan pasir adalah sekam padi. Sekam padi adalah kulit atau lapisan yang menyelimuti beras. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butir beras dan tidak digunakan lagi. Sekam padi tidak memiliki nutrisi yang baik sehingga bahkan tidak cocok untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak. Komposisi silika dalam sekam padi mengakibatkan material ini sukar membusuk atau sulit tergradasi secara alami. Tumpukan buangan sekam padi sering menjadi beban lingkungan sehingga perlu diatasi. Dalam pembuatan batako ringan, sekam padi digunakan sebagai agregat sehingga dapat menggantikan pasir.

Berdasarkan Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan tahun 2020, di Indonesia terdapat 55,16 juta ton hasil padi kering dan akan menghasilkan sekitar 16,54 juta ton sekam padi. Jumlah sekam padi yang sangat melimpah ini merupakan tantangan dalam bidang konstruksi untuk dapat memanfaatkannya sebagai agregat batako ringan.

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa penggunaan sekam padi sebagai agregat pengganti pasir dapat mengurangi dampak buruk bagi lingkungan serta mengurangi biaya produksi. Penggunaan batako yang ringan dan murah bagi pelaku konstruksi dapat mendukung sasaran proyek secara langsung, yaitu produktivitas pekerjaan dinding yang lebih baik serta penghematan biaya proyek.

Penelitian dengan memakai sekam padi sebagai bahan penyusun batako berlubang telah diteliti oleh Winarno (2018), kuat desak yang memenuhi standar

didapatkan pada komposisi 1 semen : 0,63 *filler*, 6 sekam padi dengan kuat desak rata-rata sebesar 17,59 kg/cm^2, dan berat volume sebesar 1018 kg/m^3. Winarno (2019) juga telah menyimpulkan bahwa proses pencetakan batako dalam penelitian ini dilaksanakan dengan cara mencetak batako pada posisi berdiri dengan tinggi 20 cm. Proses produksi seperti ini sangat rawat dan memungkinkan terjadinya keretakan sehingga pemindahan batako segar dari mesin cetak harus dilakukan dengan sangat hati-hati. Untuk meminimalisir terjadinya keretakan, proses pencetakan batako sebaiknya dilakukan dengan posisi tertidur.

Pembuatan batako ringan menggunakan sekam padi juga telah dilakukan sebelumnya oleh Hesti (2014). Hesti menggunakan sekam padi serta *filler* berupa pasir halus dari limbah penggergajian batu andesit. Contoh sampel batako sekam padi dapat dilihat pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Contoh Sampel Batako Sekam Padi

Batako sekam padi yang dibuat harus memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton. Bagi pihak produsen, cara pembuatan batako yang mudah harus diperhitungkan, karena besar upah pekerja yang akan dibayar sesuai dengan jumlah batako yang telah dibuat dengan baik. Untuk pihak pekerja, mereka akan lebih senang jika proses pembuatan batako ini dilakukan dengan lebih mudah. Selain sifat fisik dan

kemudahan produksi, harga dari material batako sekam padi juga harus mampu bersaing di pasaran. Analisis harga batako sekam padi harus berdasarkan harga pokok produksinya.

Selain meninjau dari segi kekuatan dan harga, penelitian ini juga akan menguji kualitas batako ringan dalam hal peredaman suara, karena batako sekam padi memiliki rongga-rongga udara di dalamnya. Pada saat ini, hampir setiap peralatan yang digunakan oleh manusia seperti peralatan transportasi, informasi, maupun hiburan akan menimbulkan kebisingan yang dapat mengganggu kegiatan yang seharusnya kegiatan itu bersifat tenang, seperti beribadah ataupun belajar. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan material bangunan yang dapat meredam suara.

Menurut teori perambatan gelombang bunyi, material alam atau material bangunan yang mempunyai berat tertentu akan lebih baik dalam meredam suara. Berat yang dimiliki tiap material mendukung material tersebut untuk bertahan pada posisinya agar tidak mudah mengalami resonansi sehingga material tersebut tidak meneruskan perambatan gelombang bunyi ke balik pembatas. Semakin berat dan tebal material atau lapisan material yang dipakai, maka kemampuan redamnya akan lebih baik. Tidak saja karena menekan terjadinya resonansi, namun juga dapat menyerap gelombang bunyi yang masuk melalui pori-porinya, dibandingkan dengan material yang tipis dan ringan (Mediastika, 2009). Oleh karena itu, peneliti juga akan menguji kemampuan batako sekam padi untuk meredam suara.

Selain batako, saat ini juga banyak dijual bata ringan berwarna putih sebagai alternatif. Pada survei awal, dari brosur yang ada diberitahukan bahwa bata ringan memiliki berat volume sebesar 600 kg/m^3. Harga bata ringan dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 60 cm sekitar Rp 9000 per buah atau sekitar Rp 750.000 per m^3. Bata ringan memiliki dimensi yang sangat presisi sehingga jadi pada proses pemasangan, bata ringan hanya dilekatkan dengan mortar atau lem khusus dengan ketebalan 3 mm – 5 mm. Bata ringan memiliki rongga-rongga udara, yang mana adanya rongga-rongga udara ini ditengarai dapat meredam suara dengan baik.

Dalam hal ini, bata ringan merk citicon termasuk salah satu bata ringan yang sering digunakan pada proyek pembangunan di seluruh Indonesia. Bata ringan merk citicon memiliki kualitas aspek teknis yang baik dengan harga yang terbilang cukup terjangkau. Oleh karena itu, bata ringan citicon akan digunakan sebagai pembanding dari batako sekam padi pada penelitian ini.

Pada kenyataannya batako sekam padi juga dapat dibuat lebih presisi sehingga batako sekam padi dapat bersaing dengan bata ringan merk citicon. Sifat presisi, aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara perlu diuji dan dibandingkan pada batako sekam padi dan bata ringan.

1.2 Rumusan Masalah

Mengikuti latar belakang di atas, penelitian ini akan membahas hal-hal sebagai berikut.

1. Bagaimana komposisi material yang digunakan pada proses pembuatan batako dengan sekam padi dan abu batu agar sesuai dengan standar SNI?
2. Berapa analisis harga produksi batako dengan sekam padi dan abu batu?
3. Bagaimana nilai redaman suara pada batako sekam padi?
4. Bagaimana nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pembuatan batako menggunakan sekam pagi memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi material yang digunakan pada proses pembuatan batako dengan sekam padi dan abu batu agar sesuai dengan standar SNI.
2. Mengetahui analisis harga produksi batako dengan sekam padi dan abu batu.
3. Mengetahui nilai redaman suara pada batako sekam padi.
4. Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan yang ada di pasaran.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan-batasan agar peneliti dapat fokus pada tujuan yang akan dicapai. Batasan-batasan itu adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan cetakan batako tipe pejal dengan ukuran dimensi 40 x 22 x 12 cm.
2. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan daya redam suara.
3. Perhitungan biaya produksi batako sekam padi menggunakan data hasil survey wilayah Sleman.
4. Penelitian ini menggunakan bata ringan merk Citicon, sebagai pembanding.
5. Untuk perbandingan harga, batako sekam padi akan dibandingkan dengan bata ringan citicon dan batako konvensional di pasaran.
6. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*), merk Tiga Roda yang telah tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII
7. Sekam padi yang digunakan berasal dari padi di area persawahan di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman
8. Material *filler* berupa abu batu limbah penggergajian batu andesit Gunung Merapi, yang diambil dari beberapa penggergajian batu di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman.
9. Alat dan Bahan yang lainnya menggunakan alat dan bahan yang berada di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
10. Orientasi penelitian ini diasumsikan untuk usaha.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Membuat sekam padi dan limbah penggergajian batu menjadi solusi alternatif dalam pembuatan material konstruksi seperti batako.
2. Masyarakat luas dapat menggunakan material baru yaitu batako yang pembuatannya menggunakan sekam padi.
3. Dikarenakan material batako yang menggunakan sekam padi, maka bangunan yang ingin dibuat akan menjadi lebih ringan dan dapat menunjang konsep rumah tahan gempa khususnya di daerah Yogyakarta yang biasanya sering terjadi gempa.
4. Pemilik toko bangunan, konsultan, dan kontraktor dapat memberikan variasi material dinding berupa batako sekam padi untuk pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur yang lain.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, dan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia, Sleman, D.I. Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebagai referensi dan bahan pertimbangan untuk Tugas Akhir, penulis menggunakan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian kali ini. Adapun penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.1.1 Batako Sekam Padi dengan Perbandingan Kekuatan dan Biaya Produksi

Penelitian ini melanjutkan penelitian Hesti (2014), Winarno (2018) membuat batako sekam padi dengan tipe batako berlobang, dengan menggunakan bahan berupa semen, *filler* abu batu, dan sekam padi. Dengan komposisi semen dan sekam padi (tanpa pasir) sebesar 1:0,63 (atau sekitar 1:0,25 dalam perbandingan berat) yang tetap dan tidak berubah. Contoh batako sekam padi berlubang dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Batako Sekam Padi Berlubang (Winarno, 2018)

Pelaksanaan pekerjaan mencetak batako sekam padi menggunakan mesin *press* dilakukan dengan cara batako sebesar 20 cm diposisikan berdiri. Proses ini sangat mungkin menyebabkan batako menjadi retak atau cacat karena batako segar yang baru dicetak harus dipindahkan secara manual dari mesin cetak oleh tukang cetak. Batako dapat mengalami keretakan jika pada saat pemindahan terjadi goncangan yang besar. Kemampuan dari mesin *press* untuk mencetak batako perharinya sekitar 150 buah. Oleh karena itu, proses pencetakan batako dengan posisi tidur dapat mengurangi risiko terjadinya keretakan atau cacat.

Komposisi *filler* yang dipakai pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesti (2014), tetapi Winarno (2018) menguji lebih lanjut bagaimana kekuatannya apabila semen dan *filler* dibuat konstan dan variasi dari sekam padi dinaikkan menjadi 2,4,6,8,10, dan 12. Hasil dari penelitian ini yaitu kuat desak batako memenuhi Standar SNI (sebesar 17kg/cm^2 untuk tipe batako berlubang). Hasil ini dicapapai dengan menggunakan komposisi 1 semen : 0,63 *filler* : 4 sekam padi dengan kekuatan desak rata-rata hasil pengujian sebesar 19,02 kg/cm^2 (sekitar 1,90 Mpa). Penelitian ini juga memperhitungkan harga pokok produksi batako sekam padi berlubang, yaitu sekitar Rp 3.298 per satu buah batako dan hal ini sangat relevan terhadap harga batako sejenis yang ada di pasaran, yaitu sekitar Rp 3.300 per buah.

Dari beberapa penelitian di atas, penelitian Winarno (2018) menghasilkan kuat desak 19,02 kg/cm^2 dengan komposisi semen dan *filler* dibuat konstan, yaitu 1:0,63 dan variasi sekam padi 2,4,6,8,10,12 dengan proses pencetakan batako menggunakan dua skema pencetakan (menggunakan mesin *press* dan pencetakan manual dengan posisi tidur). Hasil ini mengindikasikan bahwa penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Winarno (2018) lebih detail dengan memanfaatkan sekam padi (limbah hasil pertanian) secara maksimal, memiliki campuran yang homogen, dan proses produksinya lebih mudah untuk dilakukan. Pada saat yang sama, penelitian lanjutan terkait batako sekam padi ini tidak menggunakan pasir, akan tetapi menggunakan limbah abu batu hasil

penggergajian batu andesit. Hal ini sangat relevan dengan konsep material konstruksi yang ramah lingkungan.

2.1.2 Metode Mix Design untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi

Pada penelitian Chabi dkk, mereka mengusulkan metode untuk mendesain campuran beton dengan menggunakan agregat berupa sekam padi. Desain campuran beton terdiri dari pemilihan proporsi masing-masing bahan sehingga beton yang dibuat dapat mencapai sifat atau hasil seperti yang diharapkan. Sekam padi pada penelitian ini dibagi menjadi 4 jenis yaitu RH0 dengan ukuran butiran sebesar 1 mm sampai 4 mm, RH1 dengan ukuran sebesar 0,5-2,5 mm, RH2 dengan ukuran sebesar 0,25-1,25 mm, dan RH3 dengan ukuran sebesar 0-0,63 mm. Proporsi massa relatif sekam padi sebesar 45%, 33%, 22%.

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah membuat lima buah sampel beton sekam padi dengan dimensi ukuran 30 cm x 30 cm x 4 cm. Pencampuran bahan menggunakan metode seperti pada umumnya. Setelah pencampuran bahan, pengecoran dilakukan dengan memasukkan campuran basah ke dalam cetakan lalu memadatkannya dengan besi secara manual. Setelah 28 hari, sampel diharapkan dapat mencapai target sebesar 0,5, 1, 2, 4, 8 Mpa.

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa campuran yang paling baik adalah dengan menggunakan sekam padi jenis RH3. Hasil tersebut adalah hasil yang paling mendekati target nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan yang didapatkan berturut-turut adalah sebesar 0,56 Mpa, 0,82 Mpa, 1,75 Mpa, 4,53 Mpa, 9,10 Mpa.

2.1.3 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual

Pada penelitian Amali (2019), Penelitian ini menggunakan sekam padi yang masih jarang dimanfaatkan di wilayah ini sebagai bahan dalam pembuatan batako. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi bahan susun dan proses

produksi batako sekam padi untuk mendapatkan batako yang dicetak manual tanpa mesin agar sesuai standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton atau batako.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dimulai dari investigasi bahan susun batako, pembuatan batako dan pengujiannya. Bahan susun batako meliputi semen, abu batu, dan sekam padi yang dicampur dalam berbagai variasi. Metode pencetakannya dilakukan secara manual tanpa bantuan mesin. Sesuai dengan SNI 03 0349 1989, pengujian yang akan dilakukan meliputi kuat tekan dan penyerapan air. Selain itu, akan dihitung pula harga pokok produksinya agar dapat dibandingkan dengan harga batako yang ada di pasaran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pencetakan dapat dilakukan dengan mudah dengan dicetak secara tidur dan tanpa bantuan mesin. Proses ini akan menghasilkan batako yang presisi, namun jumlah batako perhari bisa dicetak dengan dua pekerja adalah 60 buah per hari. Batako dengan bahan susun semen : abu batu : sekam padi dengan perbandingan sebesar 1 : 3 : 2,5 akan menghasilkan dengan kuat tekan tertinggi sebesar 79,931 kg/cm² yang termasuk dalam kategori mutu bata beton pejal Mutu II. Mutu IV dapat diperoleh pada komposisi campuran 1:3:6 dengan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm2, sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm2. Sementara itu, hasil uji serapan air untuk semua komposisi memenuhi syarat SNI, dengan penyerapan air tertinggi pada komposisi 1:3:10 dengan nilai 17,33%. Harga batako Variasi V adalah sebesar Rp 7.215,- yang lebih mahal dibandingkan dengan harga batako di pasaran yang sejenis sebesar Rp 3.100 sehingga dapat dinyatakan tidak layak secara ekonomi.

2.1.4 Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi

Basry dan Amir (2019) melakukan penelitian dengan judul Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi. Penelitian ini bertujuan mencari formulasi abu sekam padi ideal dalam campuran batako, serta berapa besar dampak penambahan abu sekam padi ke dalam campuran batako. Persentase tambahan abu

sekam digunakan dalam penelitian ini : 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dari berat campuran adukan batako.

Benda uji batako yang telah dibuat dijemur dan didiamkan selama 30 hari di lokasi pembuatan untuk memperoleh umur beton yang maksimal, kemudian dilakukan uji tekan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Hasil pengujian menunjukkan dengan menambahkan 1 % abu sekam padi memiliki kuat tekan batako rata - rata sebesar 90,13 kg/cm2 dibandingkan batako normal yang hanya sebesar 71,47 kg/cm2. Akan tetapi setelah penambahan abu sekam padi sebesar 3 % kuat tekan malah menurun menjadi 38,93 kg/cm2 demikian juga seterusnya. Dengan adanya penambahan abu sekam padi ke dalam komposisi campuran batako berat benda uji rata – rata mengalami penurunan, kondisi ini disebabkan karena rongga/celah yang terdapat dalam batako terisi oleh abu sekam padi yang butirannya lebih halus.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menambahkan komposisi abu sekam padi ke dalam campuran batako didapatkan hasil seperti nilai kuat tekan maksimum batako diperoleh sebesar 111,47 Kg/cm2, nilai ini diperoleh dengan komposisi abu sekam padi sebesar 2 %. Beban maksimum batako diperoleh sebesar 348,33 KN, nilai tersebut diperoleh pada komposisi abu sekam padi sebesar 2 %. Kuat tekan dan beban maksimum batako dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 2 % lebih tinggi dibandingkan kuat tekan dan beban maksimum dari batako normal (tanpa penambahan abu sekam padi).

2.1.5 Penambahan Bahan Limbah Abu Sekam Padi Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

Simatupang dkk (2020) melakukan penelitian tentang batako sekam padi untuk mengetahui sifat mekanis (kuat tekan, kuat lentur dan daya serap air) batako dengan bahan campuran abu sekam padi.

Ukuran rata-rata untuk batako menggunakan *ASP* adalah 40 x 20 x 10 cm. Penambahan *ASP* tidak mempengaruhi ukuran pada produk batako. Nilai kuat tekan optimum pada batako didapat pada proporsi abu sekam padi persenan 0% berada di 10,5 MPa sedangkan yang paling rendah berada pada komposisi 10% berada di 4,5 MPa. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil kuat tekan rata-rata batako pejal menghasilkan uji tekan yang masih berada diatas ambang SNI 03-0349-1989 yaitu > 3,7 MPa.

Pada pengujian kuat lentur maksimum terjadi pada penambahan abu sekam padi komposisi 0% 0,753 MPa sedangkan yang paling rendah berada pada komposisi 5% dengan nilai 0,327 MPa. Dari hasil rata-rata pengujian kuat lentur tidak ada yang melewati syaratkan ASTM C 67-03.

Hasil pengujian daya serap air pada batako pejal ASP yang paling tinggi tertinggi ada pada variasi 0% dengan nilai 9,324% dan nilai terrendah ada pada variasi 10% dengan nilai 4,131%, maka nilai resapan air batako optimal yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada variasi IV.

2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	**Winarno, (2018)**	**Chabi dkk, (2018)**	**Amali, (2019)**	**Basry dan Amir, (2019)**	**Simatupang dkk, (2020)**
Judul	Batako Sekam Padi dengan Sifat Fisik,Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi	Metode *Mix Design* untuk Campuran Beton dengan Agregat berupa Sekam Padi	Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual	Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi	Penambahan Bahan Limbah Abu Sekam Padi Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur
Tujuan Penelitian	Mengetahui komposisi campuran material penyusun batako sekam padi agar memenuhi persyaratan sifat-sifat fisik yang sesuai dengan Standar SNI 03-0349-1989 , Mengetahui harga pokok produksi sebuah batako sekam padi yang kompetitif di pasaran.	Untuk mendesain campuran beton menggunakan agregat berupa sekam padi. Sekam padi dibagi menjadi empat jenis berupa RH0, RH1, RH2, RH3.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi bahan susun dan proses produksi batako sekam padi untuk mendapatkan batako yang dicetak manual tanpa mesin agar sesuai standar SNI 03-0349-1989 tentang bata beton atau batako.	Penelitian bertujuan mencari formulasi abu sekam padi ideal dalam campuran batako. Persentase tambahan abu sekam digunakan dalam penelitian ini : 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dari berat campuran adukan batako.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis (kuat tekan, kuat lentur dan daya serap air) batako dengan bahan campuran abu sekam padi.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Winarno, (2018)	Chabi dkk, (2018)	Amali, (2019)	Basry dan Amir , (2019)	Simatupang dkk, (2020)
Metode Pencetakan	Terdapat dua proses metode percetakan, yaitu menggunakan mesin press dengan posisi batako berdiri dan secara manual dengan posisi batako tidur	Campuran beton dituang sesuai prosedur yang ditentukan ke dalam cetakan sebanyak lima buah. Setelah itu dilakukan pemadatan secara manual dengan menggunakan besi.	Metode pencetakannya dilakukan secara manual tanpa bantuan mesin.	Metode pencetakannya dilakukan secara manual.	Metode pencetakannya dilakukan secara manual. Campuran tersebut dicetak kedalam cetakan batako, kemudian cetakan langsung di lepas dan dianginkan terlebih dahulu.
Bahan tambah	Sekam padi dan *filler* abu batu	Sekam padi	Sekam padi dan *filler* abu batu	Sekam padi	Sekam padi
Hasil Penelitian	Proses pencetakan batako sekam padi menggunakan mesin press dengan posisi batako berdiri cenderung menghasilkan batako yang memiliki banyak keretakan	Penelitian ini membuat beton dengan menggunakan agregat berupa sekam padi. Proporsi massa sekam padi yang digunakan	Hasil menunjukkan jumlah batako perhari yang bisa dicetak dengan dua pekerja adalah 60 buah per hari. Batako dengan bahan susun	Hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan maksimum batako diperoleh sebesar 111,47 Kg/cm2, nilai ini diperoleh dengan	Nilai kuat tekan optimum pada batako didapat pada proporsi abu sekam padi persenan 0% sebesar 10,5 MPa sedangkan yang paling

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Winarno, (2018)	Chabi dkk, (2018)	Amali, (2019)	Basry dan Amir , (2019)	Simatupang dkk, (2020)
Hasil Penelitian	atau cacat karena batako segar rentah rapuh saat di pindahkan oleh tukang ke tempat lainnya, sedangkan proses pencetakan manual dengan posisi tidur adalah penyelesaian yang tepat sehingga tidak ada batako cacat. Batako yang paling optimal (memenuhi syarat type IV) adalah pada komposisi campuran semen, *filler* , dan sekam padi sebesar 1:0,63:6 atau komposisi volume sebesar 1:0,25:5 dan pada perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi adalah Rp. 3.298.	adalah 45%, 33%, 22%. Hasil yang didapatkan adalah nilai kuat tekan lima sampel sebesar 0,56 Mpa, 0,82 Mpa, 1,75 Mpa, 4,53 Mpa, 9,10 Mpa. Kendala yang dihadapi pada penelitian ini adalah kesulitan untuk mengendalikan rongga udara pada campuran beton.	semen : abu batu : sekam padi dengan perbandingan sebesar 1 : 3 : 2,5 menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 79,931 kg/cm² yang termasuk dalam kategori mutu bata beton pejal Mutu II. Mutu IV dapat diperoleh pada komposisi campuran 1:3:6 dengan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm2. Hasil penyerapan air tertinggi pada komposisi 1:3:10 dengan nilai 17,33%. Harga batako Variasi V adalah sebesar Rp 7.215,-	komposisi abu sekam padi sebesar 2 %. Beban maksimum batako diperoleh sebesar 348,33 KN, nilai tersebut diperoleh pada komposisi abu sekam padi sebesar 2 %. Kuat tekan dan beban maksimum batako dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 2 % lebih tinggi dibandingkan kuat tekan dan beban maksimum dari batako normal (tanpa penambahan abu sekam padi).	rendah berada pada komposisi 10% sebesar 4,5 MPa. Nilai kuat lentur maksimum terjadi pada penambahan abu sekam padi komposisi 0% sebesar 0,753 MPa, sedangkan yang paling rendah pada 5% sebesar 0,327 MPa. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur tidak memenuhi persyaratan. Hasil pengujian daya serap air tertinggi pada variasi 0% sebesar 9,324% dan terendah pada variasi 10% sebesar 4,131%.

2.3 Penelitian Penulis

Dari hasil penelitian sebelumnya terdapat beberapa persamaan, dan diharapkan bahwa penelitian sebelumnya dapat berguna pada perkembangan teknologi material konstruksi di Indonesia khususnya pada bidang pembuatan batako. Pembuatan batako menggunakan mesin cetak dan mesin getar. Campuran pada saat proses pembuatan batako harus bersifat homogen agar mendapatkan kekuatan batako yang optimal. Penelitian yang dilakukan Hesti (2014) dengan memanfaatkan sekam padi memiliki campuran yang homogen dan proses pembuatannya pun mudah.

Pada penelitian ini penulis akan meneliti tentang pembuatan batako menggunakan sekam padi tetapi tidak menggunakan pasir melainkan menggunakan abu batu dari limbah dari hasil penggergajian batu andesit. Hal ini diharapkan dapat menyokong konsep material konstruksi yang ramah lingkungan.

Pengujian yang dilakukan berupa uji kuat desak, uji daya serap air, dan uji keredaman suara. Selain pengujian di atas, penelitian ini juga melakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (*SEM*) pada bagian dalam dari sampel untuk melihat rongga-rongga di dalam batako dan bata ringan. Setelah melakukan pengujian, juga akan dilakukan perhitungan biaya produksi untuk menentukan harga dari batako sekam padi yang akan dibuat.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako adalah bahan bangunan yang dibuat menggunakan campuran semen dan pasir. Bahan tersebut dicampur dengan baik dengan komposisi tertentu lalu dicetak secara manual ataupun dengan mesin cetak. Batako digunanakan untuk menggantikan batu bata bakar dari tanah liat. Batako biasanya digunakan sebagai material dinding yang bersifat non-struktural. Menurut SNI 03-0349-1989, bata cetak beton adalah komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah (*additive*), dicetak dengan mengikuti persyaratan agar bisa digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1982) pasal 6, batako adalah bata yang terbuat dengan mencetak campuran tras kapur, kapur, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah lainnya setelah itu batako segar setelah dicetak harus ditempatkan dan dipelihara di lingkungan yang lembab.

Dari penjelasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa batako adalah bahan bangunan yang dicetak menggunakan bahan campuran semen, pasir, dan air menggunakan atau tanpa bahan tambah (*additive*) tanpa melalui pembakaran dan batako dipelihara di lingkungan yang lembab sehingga dapat memenuhi syarat sebagai material pasangan dinding.

Batako memiliki beberapa tipe yang sering digunakan, yaitu batako pejal dan batako berlubang. Batako pejal dan batako berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.1 Batako Pejal



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Batako berlubang memiliki sifat yang lebih baik dalam menghantarkan panas daripada batako pejal (padat) dengan menggunakan komposisi yang sama. Penggunaan batako juga dapat menghemat dari segi waktu, biaya, dan jumlah campuran. Batako memiliki harga satuan yang lebih murah serta bobot yang lebih ringan daripada penggunaan bata merah.

Menurut Frick Heinz dan Koesmartadi (1999)pemakaian batako lebih terlihat pengehamatannya dibandingkan dengan memakai bata merah, antara lain sebagai berikut.

1. Penggunaan batako untuk dinding membuat luas permeter persegi jadi lebih sedikit.
2. Penghematan dalam penggunaan adukan plester sampai 75%

3. Berat tembok menjadi lebih ringan, hal itu membuat beban yang diterima pondasi akan berkurang.
4. Kualitas batako dapat membuat dinding tidak perlu diplester jika permukaan batako sudah bagus.
5. Batako dapat dibuat dengan menggunakan alat-alat atau mesin yang sederhana tanpa memerlukan proses pembakaran.

Syarat fisik dan ukuran batako yang sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton

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

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

Tabel 3. 2 Ukuran Bata Beton

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

Berdasarkan persyaratan yang ada, mutu beton dibagi menjadi empat tingkatan mutu dimulai dari mutu I sampai dengan mutu IV seperti sebagai berikut.

1. Bata beton mutu I yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).

2. Bata beton mutu II yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang menopang beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca (konstruksi di bawah atap).
3. Bata beton mutu III yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi yang tidak menopang beban, seperti dinding penyekat atau konstruksi lainnya (konstruksi di bawah atap).
4. Bata beton mutu IV yaitu bata beton yang dipakai untuk konstruksi seperti yang digunakan dalam mutu III, tetapi bata beton mutu IV harus terlindungi dari hujan dan terik matahari (konstruksi di bawah atap dan bata beton diplester).

3.2 Material Penyusun Batako

Berikut adalah material penyusun yang dipakai pada proses pencetakan batako sekam padi.

3.2.1 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling berhubungan. Saat proses penggilingan padi, sekam akan terlepas dari butir beras dan sekam padi pun menjadi limbah. Sekam padi memiliki nutrisi yang rendah sehingga tidak cocok untuk pakan ternak dan biasanya hanya dipakai biasanya untuk bahan baku industri dan bahan bakar.

Dari proses penggilingan padi, dapat diperoleh sekam seitar 20% - 30%, dedak antara 8% - 12%, dan beras sekitar 50% - 63,5% dari berat awal gabah. Sekam yang tidak terpakai tersebut dapat menyebabkan masalah lingkungan. Pada sekam padi terkandung unsur yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 Kandungan Kimia Sekam Padi

Komponen	Berat (%)
Sellulosa	50
Lignin	25 – 30
Silika	15 – 20

(Ismail dan Waliuddin, 1996)

Untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh limbah sekam padi, dibutuhkan alternatif penggunaannya. Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai material konstruksi belum banyak di manfaatkan di Indonesia. Pemanfaatan sekam padi dapat difungsikan sebagai bahan campuran beton seperti batako, tetapi hanya sebagai bangunan non-struktural.

Secara umum pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (Hartono, 2001).

Penggunaan sekam padi pada campuran beton diharapkan dapat menghasilkan suatu material yang lebih ringan karena material tersebut memiliki pori yang banyak. Material berpori dapat berfungsi sebagai penghambat perpindahan panas. Material ini juga diharapkan dapat meredam suara dengan baik agar terhindar dari kebisingan yang tidak diinginkan.

3.2.2 Abu batu dari Limbah Penggergajian Batu

Letusan Gunung Merapi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menyebabkan munculnya material vulkanis yang berlimpah, salah satunya adalah batu andesit. Batu andesit tersebut kemudian digergaji sedemikian rupa untuk menjadi sebuah ornament atau karya seni lainnya. Aktivitas penggergajian batu tersebut menimbulkan limbah hasil penggergajian yang berupa abu batu halus. Limbah ini kurang dimanfaatkan sebagai material bangunan, dan bahkan limbah ini sempat membuat masyarakat sekitar merasa terganggu (Kurniawan, 2013). Abu batu dapat digunakan sebagai bahan isi dalam pembuatan batako. Pada penelitian ini, penulis menggunakan abu batu yang berasal dari Kecamatan Cangkringan, Sleman. Penggunaan abu batu ini berfungsi untuk membuat batako jadi lebih padat dan juga untuk menghemat penggunaan semen. Diharapkan dengan menggunakan material buangan atau limbah yang ada lingkungan sekitar, kami dapat mengatasi masalah lingkungan yang saat ini menjadi tantangan bagi para peneliti untuk memanfaatkannya.

3.2.3 Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang membuat fragmen mineral lain menyatu satu sama lain dan menjadi suatu massa yang padat. Secara kimiawi, semen dicampurkan dengan air agar dapat membuat suatu massa jadi mengeras, semen jenis ini disebut semen hidrolis atau biasanya disebut semen Portland.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan sering dipakai pada pembangunan konstruksi bangunan. Semen akan menjadi pasta semen apabila dicampurkan dengan air, lalu pasta semen akan menjadi mortar jika ditambahkan dengan agregat halus. Jika mortar ditambah lagi dengan agregat kasar, maka akan menjadi campuran beton segar yang sesudah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*) (Mulyono, 2013)

Massa jenis semen yang diisyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm^3, tapi pada kenyataannya massa jenis semen yang diproduksi sekitar 3,03 gr/cm^3 – 3,25 gr/cm^3. Perbedaan Variasi tersebut dapat mempengaruhi proporsi semen dalam suatu campuran. Pengujian massa jenis ini dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C 348-97.

3.2.4 Air

Air juga merupakan bahan yang dibutuhkan pada proses pembuatan batako. Air dicampurkan dengan *Semen Portland* dan akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia yang disebut hidrasi. Hasil dari reaksi kimia ini menentukan bagaimana semen dapat mengeras dan memperoleh kekuatan.

Air yang dipakai pada proses pembuatan batako sebaiknya menggunakan air yang bersih dan tidak mengandung zat-zat lain seperti garam, minyak, atau bahan lainnya yang dapat mengurangi kualitas batako.

3.3 Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

Berikut adalah pengujian batako yang dilakukan pada penelitian ini.

3.3.1 Uji Kuat Desak

Kekuatan adalah sifat penting yang harus dimiliki material beton, karena beton akan menjadi tidak berguna jika tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk

menopang beban. Kekuatan (*strength*) yang dimaksud berfungsi sebagai kemampuan menggunakan gaya untuk mendukung dan menahan beban. Kekuatan beton diukur dari kekuatan desaknya, akan tetapi beton juga memiliki sifat getas. Kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Kualitas dari bahan campuran seperti semen, pasir, agregat, air, dan terkadang menggunakan bahan kimia tambahan sebagai penguat. Penggunaan sekam padi pada penelitian ini sebagai pengganti pasir dapat menyebabkan kuat desak beton jadi berkurang.
2. Proporsi atau perbandingan dari masing-masing bahan campuran. Dengan menggunakan perbandingan campuran yang tepat maka beton akan menjadi suatu material yang kokoh dan sedikit berpori karena campuran akan menyatu dengan baik. Perbandingan air dan semen atau biasanya disebut faktor air semen sangat penting untuk menentukan kekuatan dari beton. Air digunakan sebagai proses hidrasi antara semen dan air yang menghasilkan pasta semen. Penggunaan air yang berlebihan juga dapat mengurangi kekuatan dari sebuah beton (Wang dan Salmon, 1990). Pembuatan batako sekam padi dilakukan dengan menyampur bahan sampai mendapatkan campuran yang homogen dan agak kering agar batako sekam padi dapat dicetak dengan baik dan tidak cacat.
3. Proses pemadatan beton segar. Pada struktur beton bertulang, pemadatan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin penggetar atau *vibrator* karena beton segar bersifat agak encer. Pemadatan harus dilakukan dengan baik tidak boleh terlalu lama ataupun terlalu sebentar, tetapi pada pelaksanaan dilapangan yang sering terjadi adalah beton sering kurang pemadatan daripada kelebihan pemadatan. Beton yang kurang pemadatan dapat menyebabkan suatu beton menjadi keropos dan segresi atau ada beberapa kerikil yang tidak terselimuti pasir dan semen. Beton yang keropos dan segresi biasanya terjadi pada pertemuan-pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang. Pada beton konvensional, pasta semen mampu menyatu dengan baik dengan pasir dan kerikil serta campurannya yang bersifat agak encer membuat beton dapat dipadatkan dengan cara digetarkan. Pada penelitian yang menggunakan sekam padi ini, campuran tidak bersifat encer serta pasta semen kurang melekat dengan

sekam padi. Bulu-bulu halus pada sekam padi dapat menghalangi lekatan dengan pasta semen. Campuran batako sekam padi yang telah dicampur sampai bersifat homogen kemudian dipadatkan dengan mesin getar. Akibat getaran tersebut, pasta semen akan bergerak ke bawah karena gaya gravitasi dan butiran sekam padi di bagian atas kurang terselimuti dengan pasta semen. Oleh karena itu, pemadatan sekam padi yang baik adalah dengan cara menusuk campuran batako saja.

4. Proses perawatan batako setelah mengeras. Beton segar yang telah dicetak harus segera diteduhkan dan dilindungi di tempat yang lembap.
5. Usia beton, semakin lama usia beton yang telah dicetak maka kuat desak beton juga akan meningkat. Kuat desak beton akan meningkat dengan pesat sampai 28 hari, tetapi setelah itu kuat desak akan meningkat secara perlahan.
6. Pengaruh cuaca yang dapat menyebabkan pemuaian dan penyusutan. Hal ini disebabkan oleh pergantian suhu panas di siang hari dan dingin di malam hari.
7. Daya rusak kimiawi, daya rusak kimiawi dari air laut (garam), alkali, asam sulfat, limbah, dan lain-lain dapat mempengaruhi kekuatan beton.
8. Daya tahan beton terhadap abrasi atau aus yang diakibatkan oleh gesekan dari luar seperti lalu lintas, ombak, orang berjalan, dan lain-lain.

Menurut Murdock dan Brook (1991), beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingkan air dan semen dan tingkat pemadatannya. Selain dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton, dan jenis bahan *admixture.*

Nilai kuat desak beton dapat dihitung berdasarkan besar beban per satuan luas dengan gaya tekan tertentu dari mesin uji. Pengukuran kuat desak beton yang sesuai dengan persyaratan SNI 03-1974-1990 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1

$$f'c = P/A \quad (3.1)$$

Dengan:

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

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

3.3.2 Uji Penyerapan Air

Daya serap air adalah persentase berat air yang sanggup diserap oleh agregat jika direndam dalam air. Pori-pori tersebar di seluruh butiran agregat, sebagian merupakan pori tertutup dan lainnya pori yang terbuka terhadap permukaan butiran. Pori-pori pada butiran agregat memiliki variasi yang berbeda. Pada umumnya, jenis agregat yang sering dipakai memiliki volume pori tertutup sekitar 0% - 20% dari volume butirannya (Tjokrodimulyo, 1996).

Pada campuran beton, semen dan air membentuk campuran atau biasanya disebut pasta semen. Pasta semen selain berfungsi sebagai pengisi pori-pori, ia juga berfungsi sebagai perekat pada saat proses pengerasan sehingga butiran agregat dapat menyatu dengan baik. Tingkat porositas pada campuran dapat menyebabkan daya serap air semakin meningkat karena kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Air ini akan meluap atau tinggal dalam campuran semen yang dapat menimbulkan pori-pori. Hal ini menyebabkan kurangnya tingkat kekedapan air dari campuran beton.

Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air beton dalam kondisi keras. Persyaratan pengujian daya serap air mengikuti SNI 03-6433-200. Menghitung daya serap air dapat menggunakan Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$Daya\ Serap\ Air = \frac{(Wb-Wk)}{Wk}\ x\ 100\% \qquad (3.2)$$

Dengan:

Wb = Berat benda uji basah (gr)

Wk = Berat benda uji kering (gr)

3.3.3 Uji Daya Redam Suara

Pengujian daya redam suara dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektifitas dari batako sekam padi sebagai material konstruksi yang mampu meredam suara. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui nilai dari batako sekam padi dalam meredam suara.

Nilai daya redam suara yang baik dari sebuah material dapat menunjang fungsi ruangan seperti pada ruangan dalam kampus, sekolah, tempat ibadah, studio musik, dan lain-lain.

Material peredam suara berarti material tersebut dapat menyerap energi bunyi yang datang pada saat gelombang bunyi mengenai material tersebut. Bunyi akan menumbuk partikel pada material, kemudian akan dipantulkan ke partikel lain sehingga bunyi terkurung pada material. Material penyerap bunyi adalah material yang terbagi atas material berpori, material resonator rongga, dan material penyerap panel (Lewis dan Douglas, 1993).

Telinga manusia normal mampu merasakan perbedaan suatu bunyi dengan perbedaan terkecil 1 dB. Tetapi, perbedaan yang mampu dirasakan secara normal baru akan terjadi pada saat selisih mencapai 3 dB. Dengan menggunakan model perbandingan logaritmik, apabila ada dua bunyi yang berbeda 10 dB, maka telinga manusia akan mendengarkan bunyi kedua yang sesungguhnya dua kali lebih keras atau setengah kali lebih pelan dari bunyi pertama.

Telingan manusia mampu mendeteksi bunyi dengan intensitas paling rendah sebesar 10^{-12} W/m^2 dan paling tinggi 1 W/m^2. Taraf intensitas bunyi dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 3. 4 Taraf Intensitas Sumber Bunyi

Sumber Bunyi	**dB**	**I (W/m^2)**
Pesawat jet pada jarak 30 m	140	100
Ambang rasa sakit	120	1
Konser rock yang keras dalam ruangan	120	1
Sirine pada jarak 30 m	100	1×10^{-2}
Interior mobil, yang melaju pada 90 km/jam	75	3×10^{-5}
Lalu lintas jalan raya yang sibuk	*70*	1×10^{-5}
Percakapan biasa, dengan jarak 50 cm	65	3×10^{-6}
Radio yang pelan	40	1×10^{-8}
Bisikan	20	1×10^{-10}
Gemerisik daun	10	1×10^{-11}
Batas pendengaran	0	1×10^{-12}

(Giancoli, 1998)

3.4 Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)*

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

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

3.5 Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi berpengaruh terhadap penetapan harga jual suatu produk, sekaligus penetapan keuntungan yang diinginkan. Harga pokok produksi harus dihitung dengan teliti, karena kesalahan pada perhitungan dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Harga tersebut harus mampu bersaing dengan produk sejenis dari perusahaan lain.

Harga produksi diukur dari pengorbanan sumber ekonomi yang sudah ataupun akan terjadi dalam satuan uang untuk memperoleh keuntungan. (Mulyadi, 2007). Berdasarkan pendapat para ahli, untuk menghasilkan suatu produk pada waktu tertentu yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead* pabrik.

Harga pokok produksi terdiri dari beberapa unsur sebagai berikut.

1. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya ini meliputi upah yang didapatkan oleh tenaga kerja yang mengerjakan pengelolaan produk, baik menggunakan kemampuan fisik ataupun bantuan mesin yang dapat mengubah bahan mentah menjadi suatu produk. Contohnya pada penelitian ini, upah diberikan kepada pekerja pembuat batako.

2. Biaya bahan baku

Biaya ini meliputi semua biaya yang dimasukkan langsung dalam perhitungan biaya produksi, seperti biaya alat, perawatan, material, dan papan alas.

3. Biaya overhead pabrik

Biaya ini merupakan biaya tidak langsung. Biaya ini meliputi semua biaya produksi, selain biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya overhead pabrik ditekankan pada istilah produksi, seperti biaya konsumsi, THR, pengiriman, dan keuntungan.

Harga pokok produksi juga memiliki fungsi sebagai berikut.

1. Sebagai penetapan harga jual

Harga pokok produksi harus diperhatikan oleh perusahaan karena harga ini menentukan harga jual suatu produk.

2. Sebagai dasar penetapan laba

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

3. Sebagai dasar penilaian efisiensi

Harga pokok produksi dapat dijadikan sebagai dasar pengendalian pemakaian bahan, upah, dan biaya tidak langsung. Hal ini diawali dengan menentukan harga pokok standar, kemudian dibandingkan dengan harga pokok aktual lalu diteliti apakah ada selisih pada perhitungan harga pokok tersebut. Jika ada selisih negatif, maka pelaksanaan proses produksi belum efisien dan perusahaan harus mengetahui penyebab terjadinya selisih tersebut sehingga kesalahan itu dapat diperbaiki. Jika ada selisih positif, maka diperlukan penelusuran lebih lanjut apakah perusahaan sudah mengerjakan proses produksi secara efisien atau ada kesalahan perhitungan harga pokok standar.

4. Sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen

Harga pokok produksi adalah unsur penting dan digunakan sebagai pedoman untuk mengambil keputusan khusus bagi perusahaan seperti.

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

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode Penelitian berupa tata cara penjelasan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan jawaban yang rasional dari masalah atau kasus yang ada di sekitar kita. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen yaitu penelitian untuk mengetahui variabel tertentu terhadap variabel lain dalam keadaan yang terkendali. Metode eksperimen ini berupa pembuatan batako yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII, kemudian akan dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi UII. Pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini berupa variasi penambahan sekam padi pada campuran beton dan variabel terikat pada penelitian ini berupa kemudahan proses produksi, kuat desak batako, daya serap air batako, daya redam suara, dan harga pokok produksi dari batako.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini dibagai dalam beberapa tahap, antara lain:

4.2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar penelitian dapat dilakukan dengan lancar.

Alat- alat yang digunakan

1. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.
   a. Alas yang berfungsi untuk membuat sekam padi dan abu batu dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD).
   b. Saringan untuk menyaring abu batu dan semen dari gumpalan-gumpalan.
   c. Ember yang berfungsi sebagai tempat dan alat takar bahan.
   d. Timbangan untuk menghitung berat volume dari bahan-bahan yang dipakai.
   e. Gelas ukur untuk menghitung jumlah air yang dipakai dalam campuran.

f. Mixed Machine yang berfungsi untuk mengaduk campuran.
g. Press Machine yang berfungsi untuk mem-press adukan batako.
h. Cetakan batako dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm.
i. Papan kayu sebagai wadah dari batako yang sudah dicetak.
j. Solar untuk melapisi cetakan batako agar batako tidak lengket dan lebih mudah untuk dikeluarkan dari cetakannya.
k. Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan proses pelaksanaan.
l. Alat bantu seperti cetok semen, kuas, penggaris, kalkulator, dan pilox.

2. Bahan Penyusun
   a. Sekam padi yang berasal dari area persawahan Kecamatan Ngemplak, Sleman
   b. Abu batu yang berasal dari limbah penggergajian batu andesit di Kecamatan Cangkringan, Sleman
   c. Semen berupa Semen Portland Tiga Roda.
   d. Air yang berasal dari sumur UII.

4.2.2 Perencanaan Komposisi

Komposisi bahan-bahan penyusun diukur dalam satuan volume agar memudahkan proses pencampuran. Pada saat analisis, pembahasan akan meliputi komposisi dalam satuan berat juga. Nilai fas ditentukan agar campuran batako tidak terlalu basah atau agak kering.

Batako kemudian dicetak menggunakan mesin *press* dan penggetar. Bagian bawah dari batako yang dihasilkan akan terisi lebih banyak pasta semen daripada bagian atas karena gaya gravitasi selama proses penggetaran. Oleh karena itu, bagian atas pada batako diberi pasta semen lagi agar jadi lebih homogen. Proses pencetakan batako menggunakan mesin *press* sama dengan apa yang telah dilakukan oleh Hesti (2014), tetapi Hesti tidak menambahkan pasta semen pada bagian atas batako. Pada penelitian ini, setiap variasi benda uji masing-masing dibuat sebanyak sekitar 11 buah, maka total sampel benda uji yang dibuat adalah sekitar 55 sampel. Variasi dan komposisi campuran batako dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Penyusun Batako

Variasi	Komposisi Dalam Volume		
	PC	Abu batu	Sekam Padi
I	1	1	4
II	1	1	6
III	1	1	8
IV	1	1	10
V	1	1	12

Bahan-bahan penyusun batako sekam padi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Bahan Penyusun Batako Sekam Padi

4.2.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini pembuatan dan perawatan benda uji untuk setaip pengujian.

Langkah-langkah pembuatan batako sebagai berikut :

1. Persiapan
   a. Pengambilan sekam padi dan abu batu dari tempat asalnya.
   b. Sekam padi dan batu bata disiapkan sedemikian rupa hingga mencapai kondisi SSD.

c. Abu batu disaring untuk menyingkirkan gumpalan dan agregat seperti kerikil.
d. Menghitung berat volume dari sekam padi, abu batu, dan semen.

2. Langkah-langkah pencampuran bahan penyusun batako sekam padi
   a. Membersihkan alat mixer serta membasahi sisi alat dengan sedikit air agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi peresapan air yang dapat mengakibatkan volume pencampuran air jadi berkurang.
   b. Menimbang komposisi bahan campuran seperti sekam padi, abu batu, dan semen dengan perbandingan volume seperti pada Tabel 4.1.
   c. Masukkan sekam padi dan abu batu sesuai dengan komposisi yang sudah ditetapkan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam Mixer Machine, lalu aduk kedua bahan tersebut secara perlahan.
   d. Setelah itu, masukkan juga semen yang sudah ditakar ke dalam mesin lalu aduk lagi secara perlahan.
   e. Kemudian, masukkan air secara perlahan ke dalam mesin agar bahan-bahan tersebut dapat tercampur dengan baik.
   f. Proses pencampuran dilakukan sampai semua bahan tercampur secara merata dan tampak homogen.
   g. Campuran batako segar yang telah tercampur dikeluarkan dari alat mixer dengan cara membuka penutup lubang bagian bawah alat.

3. Tahap Pencetakan
   a. Campuran batako segar yang sudah dikeluarkan dari alat mixer kemudian dimasukkan ke dalam alat press batako.
   b. Penggetar pada alat press dinyalakan agar cetakan terisi dengan campuran secara merata dan padat. Pada saat penggetaran, pasta semen akan bergerak ke bawah akibat gaya gravitasi sehingga mengisi bagian bawah cetakan.
   c. Campuran batako dimasukkan lagi ke dalam cetakan sampai penuh, setelah itu digetarkan lagi agar campuran padat lalu menambahkan pasta semen secukupnya pada bagian atas cetakan sebelum dipress terakhir kali.
   d. Setelah campuran selesai dipress, tuas mesin press diangkat dan batako segar hasil cetakan tersebut pun jadi.

e. Batako segar yang telah dicetak lalu diangkat beserta alasnya untuk dipindahkan ke tempat yang teduh. Satu hari setelahnya, batako ditumpuk pada tempat yang teduh juga.
f. Pada saat proses pemindahan batako segar, tukang cetak batako harus melakukannya dengan hati-hati agar batako segar tidak mengalami keretakan atau bahkan pecah. Ukuran batako segar setinggi 20 cm menyebabkan batako segar sangat rawan retak jika terjadi guncangan.
g. Batako yang sudah ditumpuk kemudian diberi perlindungan agar tidak terkena gangguan dari luar selama kurang lebih 28 hari.

4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Berikut adalah prosedur pengumpulan dan analisis data.

4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi

Pada saat proses produksi, peneliti akan mengamati bagaimana jalannya proses pencetakan batako sekam padi tersebut. Proses pencetakan batako sekam padi tidak dilakukan secara manual melainkan dengan menggunakan mesin *press.* Pada saat produksi, penulis melihat apa saja kendala pada saat proses pembuatan batako seperti tingkat kesulitan produksi serta komentar tukang dalam membuat batako yang utuh dan tanpa cacat, dan juga berapa buah batako yang dapat diproduksi dalam waktu satu jam, dan kemudian dikonversi menjadi satu hari.

4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel batako sekam padi pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII dan di Laboratorium lainnya. Pengujian ini dilakukan pada batako sekam padi yang sudah mengering atau berumur kurang lebih 28 hari. Terdapat beberapa pengujian yaitu kuat desak, daya serap air, dan daya redam suara.

1. Pengujian Bahan-bahan Penyusun

   Bahan-bahan penyusun meliputi semen, *filler* (abu batu), dan sekam padi. Pengujian bahan penyusun ini berupa kadar air, berat jenis, dan berat volume.

Pedoman pengujian mengikuti standar pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.

2. Perawatan Benda Uji

   Perawatan benda uji (*curring*) ini dilakukan agar permukaan beton segar selalu teduh dan lembab hingga beton dianggap cukup keras. Kelembababan dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini sampel batako hanya ditaruh ditempat yang teduh dan ditutup plastik agar lembab . Hal ini bertujuan untuk menjaga kelembaban batako sekam padi yang telah dicetak sampai dengan umur sekitar 28 hari.

3. Pengujian Sampel Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

   Pada penelitian ini peneliti menguji sampel batako sekam padi dan bata ringan. Terdapat empat pengujian yang akan dilakukan, yaitu berat volume sampel, kekuatan desak (beserta regangannya), daya serap air dan daya redam suara.

   Pengujian ini dilakukan pada sampel yang telah berusia 28 hari atau lebih. Untuk pengujian kuat desak benda uji, dilakukan pengecekan agar batako tegak berdiri secara vertikal.. Bila sampel tidak tegak lurus atau miring, maka akan dilakukan perataan permukaan batako terlebih dahulu.

   Berikut terdapat empat pengujian pada batako sekam padi sebagai berikut .

   a. Pengujian Berat Volume

      Pengujian berat volume dilakukan pada tiap-tiap varian tipe sebanyak sebelas buah dengan menggunakan alat berupa timbangan dan penggaris ukur panjang yang terdapat di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia. Langkah-langkah pengujian berat volume adalah sebagai berikut.

      1) Pemberian tanda pada batako agar memudahkan dalam memberikan nilai kuat desak batako kemudian batako ditimbang.
      2) Mengukur dimensi sampel (panjang. tinggi, dan tebal).
      3) Menghitung volume sampel berdasarkan dimensinya.
      4) Mengukur berat sampel dengan timbangan.
      5) Sampel dihitung berat volumenya, dengan cara: berat dibagi dengan volumenya.

6) Menghitung berat rata-rata pada semua sampel.

b. Pengujian Kuat Desak dan Regangan

Penguijan kuat desak batako dilakukan pada masing-masing variasi batako sebanyak lima buah. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji desak yang berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1) Pemberian tanda batako untuk memudahkan pada saat mencatat nilai kuat desak batako
2) Sampel diletakkan pada alat uji kuat desak
3) Pemasangan dial pengukur penuruan selama pembebanan.
4) Mulai proses pembebanan dengan menyalakan mesin alat kuat desak.
5) Catat pembebanan dan penurunan pada setiap interval pembacaan data.
6) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap sampai sampel hancur.
7) Tegangan dihitung dengan cara kuat desak dibagi dengan luas permukaan terdesak.
8) Regangan dihitung dengan cara nilai penurunan dibagi dengan tinggi sampel.
9) Menghitung nilai rata-rata tegangan dan regangan pada semua sampel.
10) Menggambar kurva tegangan-regangan.

c. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan pada tiap-tiap varian tipe sebanyak satu buah. Satu sampel benda uji dipotong terlebih dahulu menjadi empat bagian. Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1) Menimbang sampel dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi
2) Benda uji direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 (dua puluh empat) jam. Setelah itu benda uji diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji disekat dengan kain lembab, agar air yang berkelebihan masih merekat dibidang permukaan benda uji terserap oleh kain lembab itu. Benda uji kemudian di timbang (A).
3) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu 105 ± 5 ℃.

4) Menimbang batako yang telah kering (B).
5) Menghitung penyerapan air dengan rumus

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

d. Pengujian Daya Redam Suara

Pengujian daya redam suara pada batako bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan batako yang telah dibuat untuk meredam suara. Batako kedap suara saat ini sangat dibutuhkan karena besarnya tingkat kebisingan yang mengganggu manusia. Pengujian ini menggunakan satu sampel pengujian setiap variasi.

Pengujian ini menggunakan metode eksperimen atau metode yang menitik beratkan pada proses uji coba atau simulasi. Proses pengujian ini membutuhkan alat-alat seperti:

1) Sound Level Meter, untuk mengetahui nilai tingkat suara yang dihasilkan,
2) *Loudspeaker* yang berfungsi sebagai sumber suara,
3) Kaca akrilik yang dibentuk seperti ruangan,
4) Batako sekam padi, sebagai benda uji.

Pertama-tama yang harus dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Setelah alat dan bahan telah disiapkan, kemudian lanjut pada tahap proses pengujian. Langkah-langkah pengujian daya redam suara adalah sebagai berikut.

1) Memastikan kondisi lingkungan tempat pengujian dalam keadaan kondusif atau tidak terlalu berisik.
2) Menggunakan dua buah kaca akrilik sebagai pengganti ruangan. Kaca akrilik dianggap sebagai sebuah ruangan pada penelitian ini. Kaca akrilik memiliki dimensi panjang 40 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 20 cm.
3) Meletakkan 2 buah alat *Sound Level Meter* pada masing-masing ruang.
4) Meletakkan batako sekam padi di antara dua buah kaca akrilik. Batako sekam padi difungsikan sebagai peredam suara dan diasumsikan sebagai material penutup ruangan.
5) Menyalakan sumber suara yang berasal dari *Loudspeaker* yang diletakkan pada salah satu ruangan.

6) Mengamati dan mencatat perubahan angka yang dihasilkan oleh alat *Sound Level Meter.*

Sketsa pengujian daya redam suara pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Pengujian Daya Redam Suara

e. Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)* pada penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan rongga-rongga dalam material batako sekam padi per variasi termasuk bata ringan merk Citicon.

Pengujian ini menggunakan metode eksperimen. Bahan atau sampel yang ingin diuji dipersiapkan sedemikian rupa, ukuran dari sampel disesuaikan dengan wadah pada alat pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM).* Seluruh pengujian *Scanning Electron Microscope* ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia.

4.3.3 Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi

Untuk menghitung harga pokok batako sekam padi yang telah dibuat, maka perlu dilakukan penyelidikan harga bahan penyusun dan harga pokok produksi batako. Penyelidikan dilakukan melakukan wawancara pada pihak yang bersangkutan.

1. Objek Penelitian

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

2. Data yang diperlukan

   Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung harga pokok produksi adalah sebagai berikut:

   a. Biaya alat dan bangunan
   b. Biaya operasional
   c. Biaya papan dasar
   d. Biaya upah kerja
   e. Biaya material batako
   f. Biaya makan
   g. 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 telah didapatkan kemudian dianalisis untuk menentukan batako sekam padi mana yang paling baik. Batako yang baik dari segi mutu adalah batako yang memenuhi persyaratan SNI. Mutu batako biasanya berbanding lurus dengan harga produksi batako, jika mutu batako baik maka hampir dapat dipastikan harga produksi batako juga semakin mahal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi sedemikian rupa agar diperoleh batako yang memenuhi persyaratan SNI tetapi dengan harga yang paling murah.

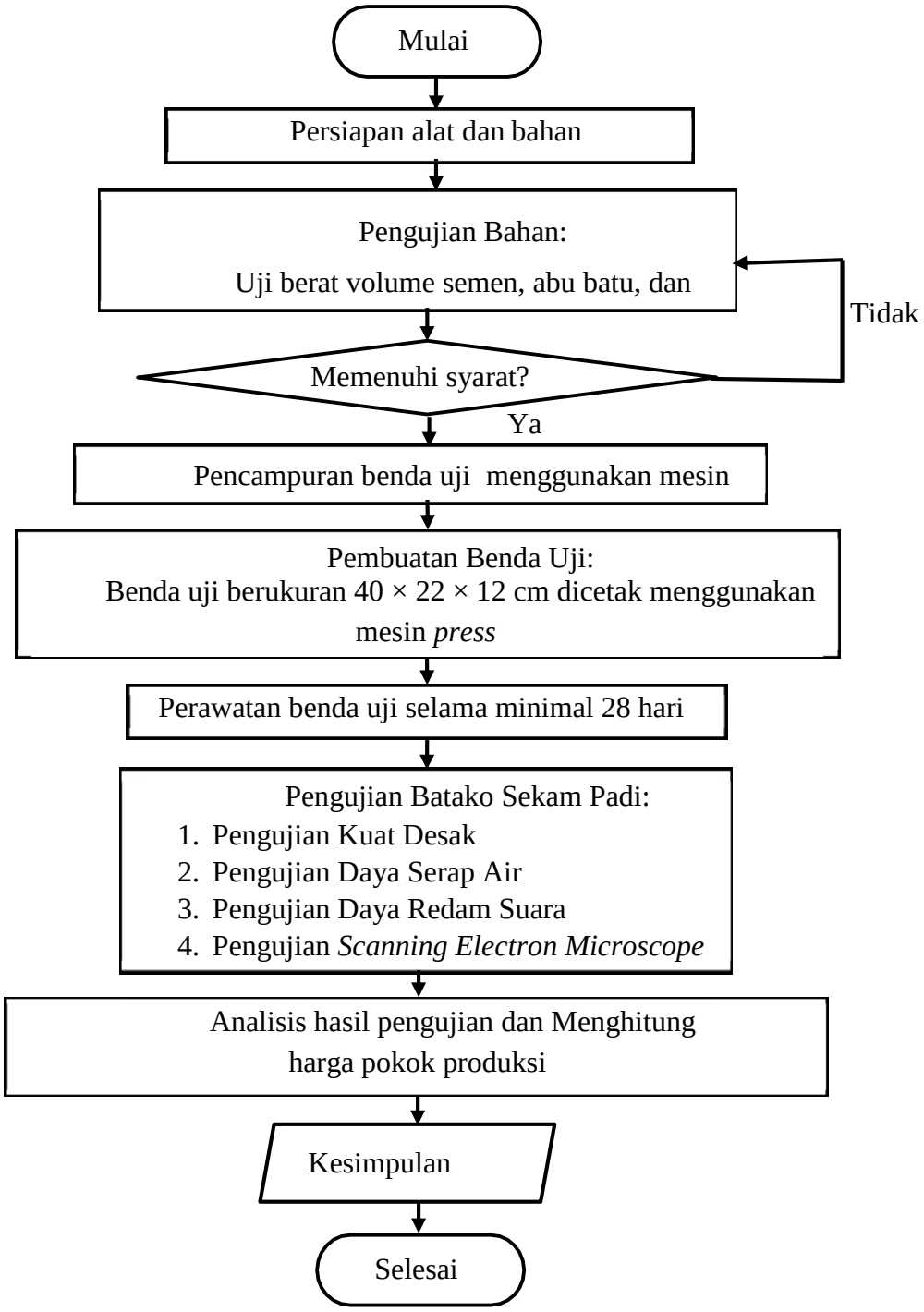
4.3.5 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini, peneliti dapat menyimpulkan penelitian yang dilakukan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang sudah dilakukan sebelumnya.

4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian berupa eksperimen pembuatan batako sekam padi yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan material yang ringan tetapi juga kuat serta memiliki harga yang dapat bersaing di pasaran.

Dari penjelasan di atas, maka dibuat bagan alir (*Flowchart*), alur penelitian dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada bagan alir (*Flowchart*). Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya akan dijelaskan. Data dari penelitian ini akan dilakukan analisis dan pembahsan untuk memperoleh hasil dari tujuan yang telah rencanakan. Sebelumnya, pelaksanaan penelitian telah dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII dan dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknis (BKT) UII. Penelitian diawali dengan pengecekan bahan susun batako, pengamatan proses produksi atau pelaksaan, dan pengujian sampel batako yang telah dibuat.

5.2 Pemeriksaan Bahan Susun Batako

Bahan susun batako yang dipakai pada penelitian ini diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui kelayakan dari bahan yang akan digunakan tersebut sebagai bahan campuran batako. Pemeriksaan bahan susun batako bertujuan untuk memperoleh data berat volum (BV) dari semen, abu batu, dan sekam padi. Hasil pemeriksaan bahan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako

No.	BV Semen (gr/cm^3)	BV Abu batu (gr/cm^3)	BV Sekam Padi (gr/cm^3)
1	0,81	0,964	0,334
2	0,804	0,958	0,502
3	0,804	0,997	0,669
4	0,81	0,932	0,836
5	0,808	0,963	1,003
Rata-Rata	0,807	0,963	0,669

Hasil berat volume (BV) di atas didapatkan dengan menggunakan analisis perhitungan sebagai berikut.

1. Analisis Perhitungan
   a. Berat bahan

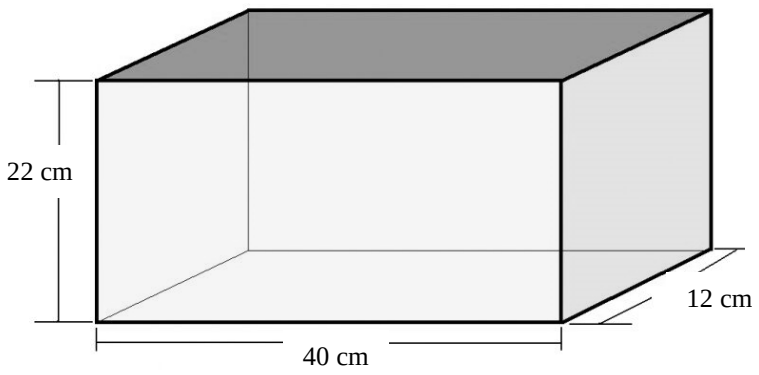
Berat bahan yang digunakan pada campuran batako dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Berat Bahan

No.	Berat Semen (gr)	Berat Abu batu (gr)	Berat Sekam Padi (gr)
1	12600	15000	5200
2	12500	14900	7800
3	12500	15500	10400
4	12600	14500	13000
5	12560	15000	15600
Rata-Rata	12552	14980	10400

b. Volume Batako

Volume batako diperoleh dari perhitungan dimensi batako sebelum pengujian kuat desak. Sketsa batako dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Batako Pejal

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

Volume Batako Pejal = P x L x T

= 40 x 12 x 22

= 10560 cm^3

= 0,01056 m^3

c. Volume Ember Ukur

Pada penelitian kali ini, kami menggunakan ember ukur dengan dimensi 39,5 cm x 31,5 cm x 12,5 cm. Ember ukur digunakan sebagai alat perbandingan skala ukur komposisi bahan campuran batako. Ember ukur dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5. 2 Ember Ukur

Volume dari ember ukur dapat dihitung sebagai berikut.

Volume Ember = P x L x T

= 39,5 x 31,5 x 12,5

= 15553,125 cm^3

d. Berat Volume

Nilai berat volume (BV) diperoleh dari perhitungan berat bahan dibagi volume.

1) BV Semen $= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Cetakan}}$

$= \frac{12600}{15553,125}$

= 0,81 gr/cm^3

2) BV Abu Batu $= \frac{\text{Berat Abu Batu}}{\text{Volume Cetakan}}$

$= \frac{15000}{15553,125}$

= 0,964 gr/cm^3

3) BV Sekam Padi $= \frac{\text{Berat Sekam Padi}}{\text{Volume Cetakan}}$

$$= \frac{1300}{15553,125}$$

$$= 0,334 \text{ gr/cm}^3$$

Mengikuti perhitungan di atas, didapatkan hasil dari berat volume batako. Hasil perhitungan berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Berat Volume

Variasi	Berat Beton Kering (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (m3)	Berat Volume (kg/m3)	Berat volume rata-rata (kg/m3)
1	11,49	40	22	12	0,01056	1088,1	1085,79
	11,44	40	22	12	0,01056	1083,3	
	10,52	40	22	12	0,01056	996,2	
	12,06	40	22	12	0,01056	1142,0	
	11,82	40	22	12	0,01056	1119,3	
2	10,21	40	22	12	0,01056	966,9	970,5
	10,17	40	22	12	0,01056	963,1	
	11,06	40	22	12	0,01056	1047,3	
	10,13	40	22	12	0,01056	959,3	
	9,67	40	22	12	0,01056	915,7	
3	9,29	40	22	12	0,01056	879,7	866,7
	9,36	40	22	12	0,01056	886,4	
	9,3	40	22	12	0,01056	880,7	
	8,75	40	22	12	0,01056	828,6	
	9,06	40	22	12	0,01056	858,0	
4	8,44	40	22	12	0,01056	799,2	759,3
	8,11	40	22	12	0,01056	768,0	
	7,95	40	22	12	0,01056	752,8	
	8,15	40	22	12	0,01056	771,8	
	7,44	40	22	12	0,01056	704,5	
5	6,96	40	22	12	0,01056	659,1	692,4
	7,66	40	22	12	0,01056	725,4	
	7,76	40	22	12	0,01056	734,8	
	7,22	40	22	12	0,01056	683,7	
	6,96	40	22	12	0,01056	659,1	

Pada peneitian kali ini dapat diketahui batako sekam padi variasi satu dengan komposisi semen, abu batu, dan sekam padi 1:1:4 memiliki berat volume rata-rata tertinggi sebesar 1085,795 kg/m^3. Komposisi sekam padi dapat mempengaruhi hasil dari berat volume batako tersebut. Semakin tinggi komposisi sekam padi pada batako, maka semakin rendah berat volume batako tersebut. Dari hasil perhitungan berat volume batako di atas, dapat disimpulkan bahwa seluruh batako sekam padi pada penelitian kali ini termasuk ke dalam batako ringan (berat volume < 1400 kg/m^3).

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Berikut adalah komposisi perbandingan bahan campuran batako sekam padi yang direncanakan. Komposisi campuran batako pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi

Variasi	Komposisi			Jumlah Perbandingan	Jumlah Sampel
	PC	Filler	Sekam Padi		
I	1	1	4	6	11
II	1	1	6	8	11
III	1	1	8	10	11
IV	1	1	10	12	11
V	1	1	12	14	11

Pada saat proses pencampuran bahan, jumlah air yang ditambahkan bervariasi. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan komposisi bahan dari berbagai macam variasi serta memudahkan pekerja untuk mencampur dan memadatkan campuran. Secara umum faktor air semen pada campuran ini berkisar antara 0,7 - 0,8. Berikut adalah perhitungan kebutuhan bahan pada batako sekam padi.

2. Analisis Perhitungan

a. Kebutuhan semen untuk 1 batako $= \frac{1}{6}$ x Vbatako x BVsemen

$= \frac{1}{6}$ x 10560 x 0,807

= 1420,39 gr

b. Kebutuhan semen untuk 11 batako = 11 x 1420,39 gr

= 15624,302 gr

= 15,62 kg

c. Kebutuhan abu batu untuk 1 batako = $\frac{1}{6}$ x Vbatako x BVabu batu

= $\frac{1}{6}$ x 10560 x 0,963

= 1695,14 gr

d. Kebutuhan abu batu untuk 11 batako = 11 x 1695,14 gr

= 18646,54 gr

= 18,64 kg

e. Kebutuhan sekam padi 1 batako = $\frac{4}{6}$ x Vbatako x BVsekam padi

= $\frac{4}{6}$ x 10560 x 0,669

= 4707,47 gr

f. Kebutuhan sekam padi 11 batako = 11 x 4707,47 gr

= 51782,26 gr

= 51,78 kg

g. Kebutuhan air = fas x berat semen 11 batako

= 0,7 x 15624,302

= 10937,01 gr.

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan tiap-tiap bahan campuran. Hasil perhitungan kebutuhan bahan batako dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Sekam Padi

No.	Variasi Campuran	Semen (Kg)	Abu Batu (Kg)	Sekam Padi (Kg)	Air (Kg)	Jumlah Sampel
1	1:1:4	15,624	18,647	51,782	10,937	11
2	1:1:6	11,718	13,985	58,255	8,203	11
3	1:1:8	9,375	11,188	62,139	6,562	11
4	1:1:10	7,812	9,323	64,728	5,469	11
5	1:1:12	6,696	7,991	66,577	4,687	11

Dari seluruh jumlah batako per variasi di atas, beberapa batako dibagai untuk bermacam-macam pengujian. 5 buah batako digunakan untuk pengujian kuat

desak, 1 buah batako untuk pengujian daya serap air, dan 1 buah batako untuk pengujian daya redam suara, serta 5 buah potongan sampel untuk pengujian SEM.

5.4 Pengamatan Proses Produksi

Pembuatan batako pada penelitian ini menggunakan alat bantu berupa mesin *mixer* dan mesin cetak. Proses produksi batako dibagi menjadi beberapa tahap, yang pertama yaitu pengambilan bahan baku dengan wadah ukur sesuai dengan takaran yang sudah direncanakan. Bahan baku kemudian dimasukkan ke dalam mesin *mixer* untuk melanjutkan ke proses pencampuran. Setelah melakukan proses pencampuran bahan baku, air dimasukkan sesuai dengan kebutuhan untuk membantu proses pencampuran. Mesin *mixer* kemudian mencampur bahan-bahan baku tersebut sampai campuran menjadi bersifat homogen. Setelah bahan baku tercampur dan homogen, katup pada mesin *mixer* dibuka sehingga campuran tadi keluar dari mesin *mixer*.

Tahap selanjutnya adalah memasukkan campuran bahan baku ke dalam mesin cetak. Proses pencetakan batako dilakukan dengan posisi tidur ke dalam mesin *press*. Setelah campuran dimasukkan, mesin *press* dinyalakan selama beberapa detik untuk melakukan proses pemadatan. Setelah campuran padat, selanjutnya dimasukkan pasta semen di atas permukaan batako untuk mengisi ruang akibat pemadatan. Terakhir, batako dipindahkan untuk melanjutkan proses pembuatan batako selanjutnya.

5.5 Data Hasil Pengujian Laboratorium

5.5.1 Kuat Desak Batako

Batako sekam padi yang telah dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII kemudian dibawa ke Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan pengujian kuat desak. Pengujian dilakukan sesuai dengan SNI-03-0349-1989.

Pengujian kuat desak batako dilakukan setelah sampel batako sekam padi berumur 28 hari atau lebih. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat desak maksimum batako dari pembebanan oleh alat uji desak. Beban pada alat uji desak

ditentukan sebesar 250 kg hingga mencapai kekuatan maksimum. Kekuatan batako sekam padi ditentukan oleh beberapa faktor seperti, metode dan proporsi campuran bahan, faktor air semen, dan kualitas dari batako. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat desak minimum batako pejal yaitu 25kg/cm^2 dan 21 kg/cm^2. Hasil pengujian kuat desak batako sekam padi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak Batako

Variasi	No. Sampel	P (cm)	T (cm)	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	A (cm^2)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Rata-Rata (kg/cm^2)
I	1	40	12	11.49	6300	480	13.125	13.767
	2	40	12	11.44	6200	480	12.917	
	3	40	12	12.06	7325	480	15.260	
II	1	40	12	10.21	3800	480	7.917	8.750
	2	40	12	11.06	4500	480	9.375	
	3	40	12	9.67	4300	480	8.958	
III	1	40	12	9.36	3550	480	7.396	6.632
	2	40	12	9.3	3175	480	6.615	
	3	40	12	9.06	2825	480	5.885	
IV	1	40	12	8.44	2050	480	4.271	3.924
	2	40	12	8.11	2125	480	4.427	
	3	40	12	8.15	1475	480	3.073	
V	1	40	12	6.96	1050	480	2.188	2.465
	2	40	12	7.66	1150	480	2.396	
	3	40	12	7.76	1350	480	2.813	

Hasil kuat desak rata-rata di atas didapatkan melalui perhitungan. Perhitungan kuat desak pada batako sekam padi variasi I adalah sebagai berikut.

Kuat desak batako (f'c) $= \frac{Beban\ maks}{Luas}$

$= \frac{6300}{480}$

$= 13{,}125$ kg/cm^2

Seluruh perhitungan kuat desak batako mengikuti cara di atas. Setelah mendapatkan nilai kuat desak pada masing-masing batako, selanjutkan menghitung

kuat desak rata-rata pada masing-masing variasi. Perhitungan kuat desak rata-rata pada batako sekam padi variasi I adalah sebagai berikut.

Kuat desak rata-rata (f'c) $= \frac{13{,}125+12{,}917+15{,}260}{3}$

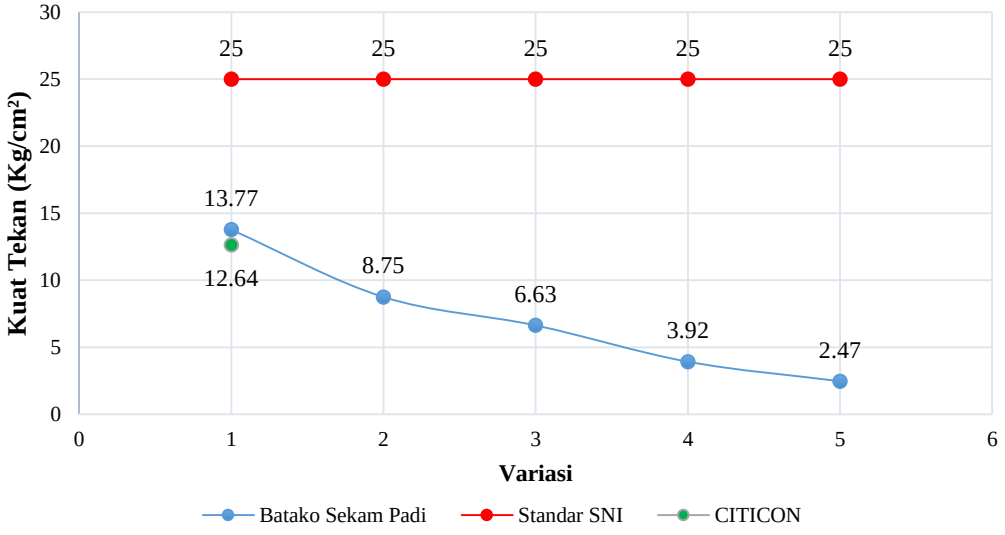
$= 13{,}767 \ \text{kg/cm}^2$

Pada penelitian kali ini, dilakukan juga pengujian kuat desak terhadap bata ringan merk Citicon sebagai bahan perbandingan batako sekam padi yang telah dibuat. Hasil dari pengujian kuat desak bata ringan dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Desak Bata Ringan Citicon

No. Sampel	P (cm)	T (cm)	Berat Batako (kg)	Beban Maks (Kgf)	A (cm2)	Kuat Tekan (Kg/cm²)	Rata-Rata (Kg/cm²)
1	60	10	9.8	7200	600	12.000	12.639
2	60	10	9.5	7925	600	13.208	
3	60	10	9.5	7625	600	12.708	

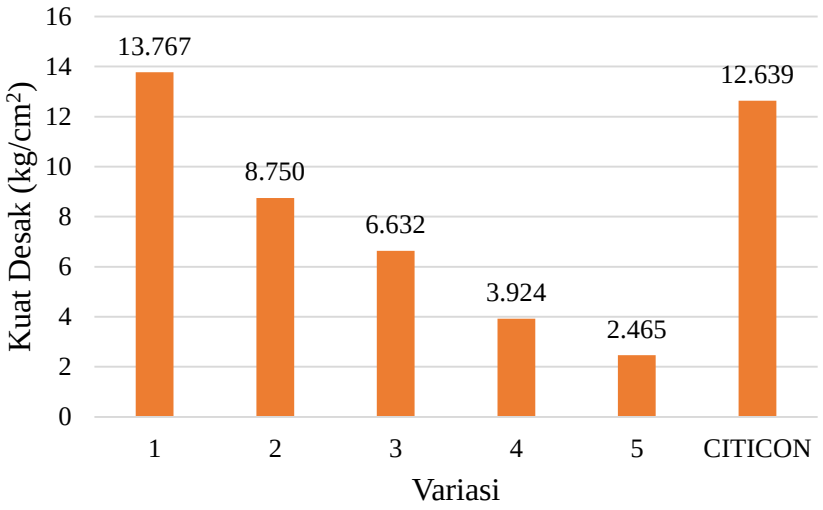
Dari hasil pengujian ini kemudian dibuat kurva hubungan perbandingan campuran semen : abu batu : sekam padi dan kuat tekan. Kurva kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.3 di bawah ini.



Gambar 5. 3 Kurva Kuat Desak Batako

Dari gambar kurva kuat desak batako di atas, dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak komposisi sekam padi maka kuat desak batako akan semakin berkurang. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan komposisi sekam padi namun tidak pada komposisi semen dan abu batu, sehingga pasta semen tidak mampu memenuhi rongga-rongga pada batako dengan sempurna. Batako dengan kuat desak tertinggi adalah batako dengan variasi I dengan nilai kuat desak sebesar 13,767 kg/cm² dan nilai kuat desak bata ringan rata-rata sebesar 12,233 kg/cm². Pada penelitian ini, batako sekam padi yang telah dibuat tidak memenuhi syarat kuat desak SNI-03-0349-1989 yaitu sebesar 25 kg/cm² untuk pasangan dinding.

Bata ringan merk Citicon yang telah diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi UII, akan dijadikan sebagai pembanding dari batako sekam padi pada penelitian ini. Perbandingan nilai kuat desak rata-rata batako sekam padi dan bata ringan Citicon dapat dilihat pada Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4 Perbandingan Kuat Desak Rata-rata Batako Sekam Padi dan Bata Ringan Citicon

Dari grafik perbandingan di atas dapat diketahui bahwa batako sekam padi Variasi I dengan perbandingan komposisi 1:1:4 memiliki nilai kuat tekan yang lebih baik daripada bata ringan merk Citicon.

5.5.2 Daya Serap Air

Daya serap air adalah presentase air yang dapat diserap oleh suatu agregat apabila direndam dalam air. Pada penelitian ini, sampel batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon dibagi menjadi empat bagian kemudian direndam selama 24 jam. Setelah direndam selama 24 jam, batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon diangkat kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat basah.

Setelah mendapatkan nilai berat basah, batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Batako sekam padi dan bata ringan Citicon yang telah dimasukkan ke oven selama 24 jam kemudian diangkat dan ditimbang untuk mendapatkan nilai berat kering. Perendaman dilakukan untuk mendapatkan hasil daya serap air maksimum sesuai dengan SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%. Contoh hasil pengujian daya serap air pada variasi I dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako Variasi I

No.	Berat Basah (Kg)	Berat Kering (Kg)	Daya Serap Air (%)	Rata-Rata
1	3,23	2,57	25,681	23,993
2	3,33	2,71	22,878	
3	3,34	2,65	26,038	
4	3,18	2,62	21,374	

Nilai daya serap air di atas didapatkan dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

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

$$= \frac{(3{,}23-2{,}57)}{2{,}57} \times 100\%$$

$$= 25{,}681\ \%$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai daya serap air pada seluruh variasi batako sekam padi. Rekapitulasi nilai daya serap air pada batako dan bata ringan dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Nilai Daya Serap Air Batako dan Bata Ringan

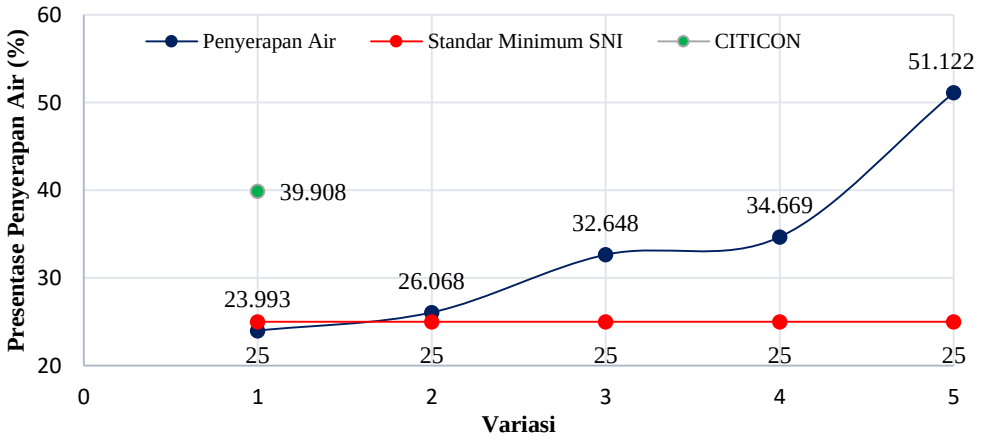
Variasi	Daya Serap Air (%)				Rata-Rata (%)
	1	2	3	4	
I	25,681	22,878	26,038	21,374	23,993
II	32,743	23,320	25,101	23,109	26,068
III	30,144	31,683	35,602	33,163	32,648
IV	31,319	39,130	32,934	35,294	34,669
IV	50,714	52,448	50,694	51,049	51,226
Citicon	29,268	62,581	23,558	40,223	38,908

Dari hasil perhtiungan nilai daya serap air di atas, maka dari masing-masing variasi batako dapat digolongkan berdasarkan SNI 03 - 0343 - 1998. Penggolongan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi Berdasarkan Nilai Daya Serap Air

Variasi	Komposisi Campuran	Presentase Penyerapan Air (%)	Mutu Batako	Fungsi Batako
1	1 : 1 : 4	23,99	I	Di luar atap
2	1 : 1 : 6	26,06	II	Di bawah atap
3	1 : 1 : 8	32,64	II	Di bawah atap
4	1 : 1 : 10	34,66	II	Di bawah atap
5	1 : 1 : 12	51,23	-	-

Dari penelitian ini dibuat kurva hubungan perbandingan bahan campuran dengan penyerapan air. Kurva hubungan perbandingan sampel uji dan penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah ini.



Gambar 5.5 Kurva Penyerapan Air

Dari Gambar 5.5 di atas, data hasil pengujian daya serap air pada batako sekam padi menunjukkan bahwa semakin tinggi presentase komposisi sekam padi maka semakin tinggi pula nilai penyerapan air dari batako tersebut. Nilai daya serap air yang tinggi dapat mempengaruhi mutu dari suatu batako. Semakin tinggi nilai daya serap air maka semakin rendah mutu dari batako tersebut. Pada penelitian ini nilai daya serap air paling besar didapatkan dari batako sekam padi variasi V dengan komposisi semen, abu batu, dan sekam padi 1:1:12. Nilai daya serap air batako sekam padi variasi V sebesar 51,12 %. Penambahan komposisi sekam padi pada batako menyebabkan rongga-rongga udara yang dihasilkan semakin banyak, dan hal ini menyebabkan penyerapan air pada batako semakin banyak dikarenakan oleh sifat sekam padi yang sangat mudah untuk menyerap air.

Menurut SNI 03 - 0343 - 1998, batako sekam padi variasi I masuk ke dalam golongan bata beton mutu I dan dapat digunakan pada konstruksi bangunan di luar atap (tidak terlindungi), sedangkan batako sekam padi variasi II, variasi III, dan variasi IV masuk ke dalam golongan mutu II dan dapat digunakan pada konstruksi bangunan di bawah atap terlindungi). Untuk batako sekam padi variasi V dan bata ringan Citicon, tidak memenuhi syarat dari SNI terkait uji daya serap air.

5.5.3 Daya Redam Suara

Pengujian daya redam suara pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako sekam padi untuk meredam suara. Untuk mengetahui kemampuan batako sekam padi untuk meredam suara, pengujian ini dilakukan pada 1 buah batako dari masing-masing variasi dan juga pada bata ringan merk Citicon. Pegujian ini dilakukan dengan menggunakan alat berupa 2 buah *Sound Level Mete*r, 1 buah *Loadspeaker,* dan 2 buah kaca akrilik yang dibentuk menyerupai rungan. Pengujian ini membandingkan kemampuan antara batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon untuk meredam suara yang dihasilkan dari *Loudspeaker*.

Pada penelitian ini didapatkan data yang sudah dirata-rata. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5.11 Hasil Rata-Rata Pengujian Redam Suara

Sampel	Tanpa Suara (dB)		Suara (dB)	
	Ruang A	Ruang B	Ruang A	Ruang B
Citicon	42.0	44.4	102.2	75.9
1	42.9	44.1	99.0	83.2
2	44.4	43.2	101.9	83.8
3	47.4	45.6	101.6	84.2
4	44.2	43.7	98.5	83.6
5	43.4	42.6	97.6	83.5

Dari Tabel 5.11 di atas dilakukan perhitungan sederhana untuk mengetahui kemampuan meredam suara dari tiap-tiap benda uji. Selisih nilai yang terjadi pada ruang A antara pengujian dengan suara dan tanpa suara diasumsikan dengan Δ1. Selisih nilai yang terjadi pada ruang B antara pengujian dengan suara dan tanpa suara diasumsikan dengan Δ2. Setelah itu, dilakukan pengurangan antara nilai Δ1 dan Δ2. Contoh pengambilan data serta perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Melakukan pengujian dan pengambilan data

   Pengambilan data dilakukan dengan menyalakan alat Sound Level Meter pada kedua ruangan. Kemudian data yang dihasilkan dicatat dan diambil rata-rata. Proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah ini.



Gambar 5.6 Pengujian Daya Redam Suara

Proses pengambilan data dilakukan pada seluruh sampel dengan cara yang sama, baik pengambilan data yang menggunakan suara atapun tanpa suara.

2. Mencatat hasil dari pengujian yang telah dilakukan

   Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Redam Suara pada Batako Variasi V

Hasil Pengujian pada Ruang A							
46.4	44.2	45.2	41.3	47	41.5	42.1	42.4
44.4	45.3	45.4	40.8	45.1	42	41.2	42.6
43.9	44.5	45	42	46.3	41.8	41.4	43.3
43.6	44.6	44.6	42.7	46.2	42.1	41.7	43.4
43.7	44.3	43.1	41.9	45.8	42	42.1	44
44.6	44.2	42.4	42.7	45.7	42.3	42.2	43
44.4	44.7	42.6	42.3	45.3	41.6	42.4	
44.5	45.9	43.1	42.9	46.4	41.9	42.2	
43.2	46	43	42.4	46.5	42.2	41.5	
43.4	45.6	42.7	42.1	45	42.7	42.8	
42.9	45.7	44.3	43.5	44.5	43.3	41.9	
43	45.4	42	42.6	43.7	42.5	42.1	
42.5	45.1	41.9	43.7	43.2	42.4	41.9	
43.1	45.6	40.8	44.7	42.3	42.5	42.2	
44.5	46.2	40.7	45.4	41.9	42.2	41.5	
44	46.5	41.3	48.3	41.4	43	41	
43.4	47.3	41.1	49.2	42.4	42.9	40.9	
43.7	47.5	41.2	46.1	42.6	42.8	41.5	
43.8	46.6	40.9	45.3	41.6	42.6	42.1	
44.5	44.9	41.5	46.8	41.8	41.9	42	

Proses pengambilan data dilakukan pada seluruh sampel dengan cara yang sama, baik pengambilan data yang menggunakan suara atapun tanpa suara.

3. Mencari nilai daya redam suara

   Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, kemudian melakukan proses perhitungan sederhana untuk mendapatkan nilai daya redam suara. Perhitungan nilai daya redam suara akan menggunakan batako sekam padi Variasi V sebagai contoh.

   Dari hasil pengujian pada batako sekam padi variasi V didapatkan hasil rata-rata seperti pada Tabel 5.11 di atas. Contoh perhitungan nilai daya redam suara adalah sebagai berikut.

   a. Mencari nilai $\Delta 1$

Nilai Δ1 adalah selisih dari nilai yang terjadi pada ruang A antara pengujian dengan suara dan tanpa suara.

Δ1 = 97,6 - 43,4

= 54,15 dB

b. Mencari nilai Δ2

Nilai Δ2 adalah selisih dari nilai yang terjadi pada ruang B antara pengujian dengan suara dan tanpa suara.

Δ2 = 83,5 - 42,6

= 40,89 dB

c. Mencari nilai Δ

Nilai Δ adalah selisih antara nilai Δ1 - Δ2.

Δ = Δ1 - Δ2

= 54,15 - 40,89

= 13,26 dB

Dari hasil perhitungan di atas, maka diketahui bahwa nilai daya redam suara dari batako sekam padi variasi V dengan komposisi 1:1:12 adalah sebesar 13,26 dB. Perhitungan tersebut dilakukan pada seluruh sampel dengan cara yang sama. Hasil dari perhitungan seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini.

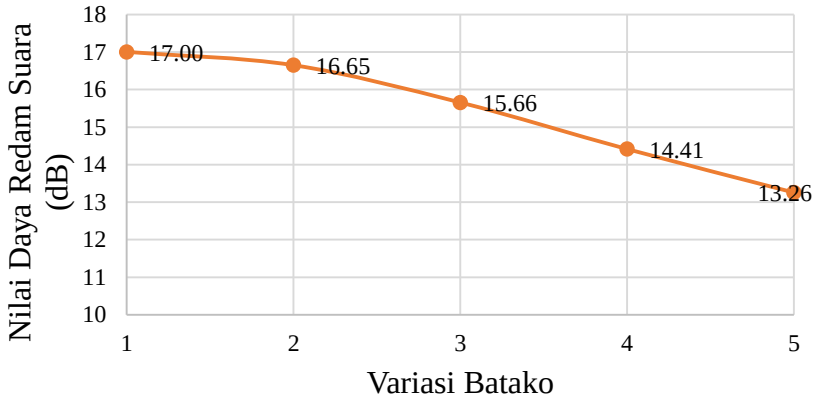
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Nilai Daya Redam Suara

Variasi Sampel	**Δ1 (dB)**	**Δ2 (dB)**	**Δ (dB)**
Citicon	60.18	31.42	28.76
1	56.07	39.07	17.00
2	57.49	40.52	16.96
3	54.20	38.54	15.66
4	54.31	39.90	14.41
5	54.15	40.89	13.26

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa material bata ringan merk Citicon mampu meredam suara lebih baik dibanding batako sekam padi. Nilai redam suara yang dihasilkan bata ringan Citicon sebesar 28,76 dB, sedangkan

batako sekam padi hanya menghasilkan nilai daya redam suara sebesar 17 dB dari batako sekam padi Variasi I.

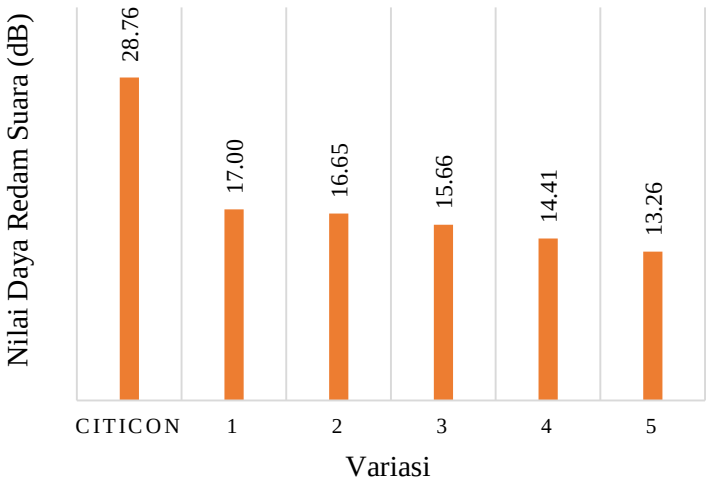
Hasil nilai redam suara batako sekam padi pada Tabel 5.13 di atas kemudian akan dibuat kurva untuk melihat hubungan antara pengaruh sekam padi dan nilai daya redam suara. Gambar kurva hubungan pengaruh sekam padi dan nilai daya redam suara dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.7 Kurva Nilai Daya Redam Suara

Dari Gambar 5.7 di atas, dapat diketahui bahwa komposisi sekam padi pada batako dapat mempengaruhi nilai daya redam suara yang dihasilkan. Menurut Gambar 5.7 di atas, penambahan komposisi sekam padi pada batako dapat membuat nilai daya redam suara menjadi rendah. Hal ini ditunjukkan oleh nilai redam suara terbesar yang dihasilkan batako sekam padi Variasi I dengan komposisi 1:1:4 sebesar 17 dB dan nilai redam suara terkecil yang dihasilkan batako sekam padi Variasi V dengan komposisi 1:1:12 sebesar 13,26 dB.

Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi Variasi I adalah batako sekam padi terbaik untuk meredam suara, tetapi kemampuan batako sekam padi untuk meredam suara masih kalah jika dibandingkan dengan bata ringan merk Citicon. Grafik perbandingan nilai daya redam suara antara batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon dapat dilihat pada Gambar 5.8 di bawah ini.

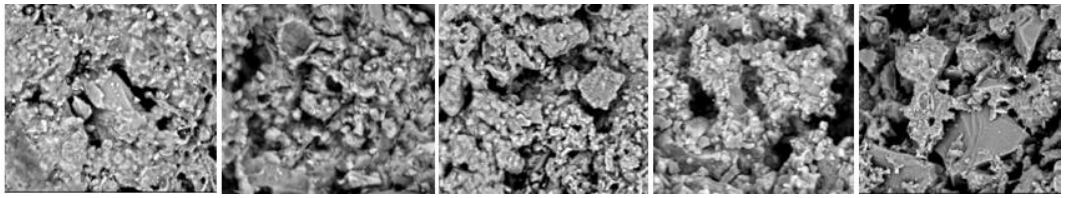


Gambar 5.8 Grafik Nilai Daya Redam Suara

Grafik di Gambar 5.8 di atas menunjukkan nilai daya redam suara bata ringan merk Citicon lebih baik daripada batako sekam padi. Hal ini mungkin saja disebabkan oleh sifat sekam padi yang menimbulkan angka porositas relatif besar jika dibandingkan material penyusun lainnnya, sehingga suara dapat lewat melalui pori-pori udara pada batako sekam padi. Untuk itu, pengujian foto material batako sekam padi dipakai untuk melihat rongga-rongga dilakukan.

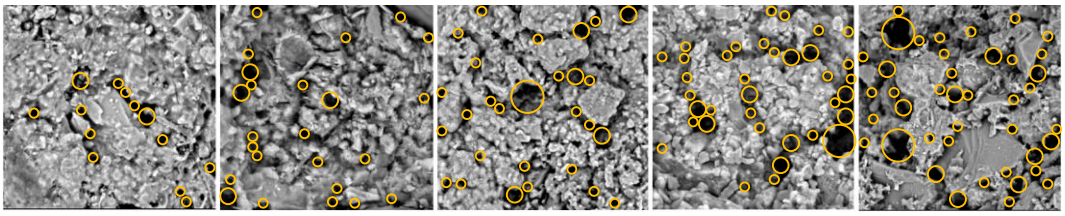
5.6 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (*SEM*)

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (*SEM*) pada penelitian ini bertujuan untuk melihat rongga-rongga bagian dalam dari batako sekam padi dan bata Citicon. Pengujian dilakukan pada satu sampel batako sekam padi per variasi termasuk bata ringan Citicon untuk melihat perbedaan rongga yang ada pada sampel. Hasil dari pengujian *Scanning Electron Microscope* (*SEM*) pada luasan persegi 0,0675 mm ini dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan 5.10, dan kemudian dirangkum dalam Tabel 5.14 berikut.



Variasi I Variasi II Variasi III Variasi IV Variasi V

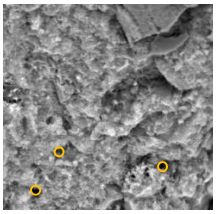
(a) Sebelum diberi kode rongga-rongga



Variasi I Variasi II Variasi III Variasi IV Variasi V

(b) Setelah diberi kode rongga-rongga

Gambar 5.9 Hasil foto (pembesaran 3000x) Metode SEM 3000x untuk Batako Sekam Padi Variasi I-V



Gambar 5. 10 Hasil foto (pembesaran 3000x) Metode SEM untuk Bata Citicon

Tabel 5.14 Jumlah rongga-rongga hasil foto Metode SEM

No	Diameter rongga, mm	Simbol	Jumlah rongga					
			Var-5	Var-4	Var-3	Var-2	Var-1	Citicon
1	0,01	◯	2	1	1	-	-	1
2	0,005	○	10	9	5	4	2	1
3	0,0025	∘	28	26	22	20	11	3

Tabel 5.14 menggambarkan bahwa rongga-rongga pada batako sekam padi lebih banyak dari pada bata ringan. Rongga-rongga di bata Citicon sangat kecil-kecil merata dan homogen sehingga tidak terukur dengan cermat dalam pengujian ini. Rongga-rongga dalam batako sekam padi memiliki kecenderungan bahwa semakin banyak proporsi sekam padi maka semakin banyak rongga-rongganya.

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

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

5.7 Analisis Kelayakan Ekonomi

5.7.1 Analisis Kelayakan Batako Sekam Padi

Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan, komposisi bahan campuran batako tidak ada yang memenuhi syarat SNI. Akan tetapi, peneliti tetap melakukan analisis harga pokok produksi untuk penelitian ini. Analisis harga produksi dilakukan melalui proses pengamatan produksi yang telah dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Adapun uraian dari harga pokok produksi adalah sebagai berikut.

1. Menghitung biaya alat
   a. Harga cetakan batako sekam padi = Rp 25.000.000,-
   b. Umur alat = 5 tahun
   c. Jumlah hari kerja = 300 hari/ tahun
   d. Nilai sisa = Rp 5.000.000,-
   e. Penyusutan cetakan per hari $= \frac{harga\ cetakan}{umur\ alat\ x\ jml\ hari\ kerja/th}$
      $= \frac{25000000-5000000}{5\ x\ 300}$
      = Rp 13.333,- per hari
   f. Harga alat bantu
      1) Cetok = Rp 15.000,-
      2) Ember (3 buah) = Rp 25.000,-
      3) Cangkul = Rp 40.000,-
      4) Sekop (2 buah) = Rp 40.000,-
      5) Umur alat = 3 tahun

6) Jumlah hari kerja = 300 hari per tahun

7) Penyusutan cetakan per hari $= \frac{120.000}{3 \times 300}$

= Rp 133,- per hari

2. Menghitung biaya tempat

a. Harga beli bangunan = Rp 10.000.000,-

b. Umur bangunan = 5 tahun

c. Nilai sisa bangunan = Rp 0,-

d. Jumlah hari kerja = 300 hari per tahun

e. Penyusutan bangunan per hari $= \frac{10.000.000-0}{5 \times 300}$

= Rp 6.667,- per hari

3. Menghitung biaya operasional

a. Listrik dan air per bulan = Rp 200.000,-

b. Listrik dan air per hari $= \frac{200.000}{25}$

= Rp 8.000,-

4. Menghitung biaya papan dasar

a. Produktivitas batako per hari = 150 batako per hari

b. Jumlah kebutuhna papan = 150 x 1 hari pengerasan

= 150 buah

c. Harga papan = Rp 10.000,- /buah

d. Harga total papan = Rp 10.000 x 150

= Rp 1.500.000,-

e. Umur papan = 12 bulan

f. Nilai sisa papan = Rp 0,-

g. Penyusutan papan $= \frac{1.500.000}{300}$

= Rp 5.000,-

5. Menghitung biaya upah

a. Jumlah pekerja = 2 orang

b. Upah pekerja = Rp 85.000

c. Total Upah pekerja = Rp 85.000 x 2

= Rp 170.000,-

6. Menghitung biaya material untuk batako

Untuk perhitungan biaya material akan diambil contoh dengan menggunakan batako sekam padi Variasi I dengan komposisi 1:1:4. Perhitungan biaya batako sekam padi Variasi I adalah sebagai berikut.

a. Berat Bahan Penyusuh

1) Berat semen = 1,42 kg
2) Berat abu batu = 1,695 kg
3) Berat sekam padi = 4,707 kg
4) Total berat bahan = 7,823 kg

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

1) 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi = 7,823 kg
2) Kebutuhan material untuk 1 batako = 0,008 m^3
3) Kebutuhan material untuk 150 batako = 1,17 m^3

Dari data berat material yang digunakan, kemudian menghitung harga dari material bahan penyusun batako sekam padi.

1) Kebutuhan semen per hari = 150 batako x 1,42 kg
   = 213,059 kg
   Harga semen per zak = 92,325 : 40
   = 5,326 zak
   Biaya semen per sak = 5,326 x Rp 45.000
   = Rp 239.691,-
2) Berat volume abu batu = 0,002 m^3
   Harga abu batu per m^3 = Rp 125.000,-
   Kebutuhan abu batu per hari = $\frac{V.abu\ batu}{v.Batako}$ x v 150 batako
   = $\frac{0,002}{0,008}$ x 1,173
   = 0,254 m^3
   Biaya abu batu per hari = Vabu batu x Harga abu batu
   = 0,254 x Rp 125.000
   = Rp 31.784,-

3) Berat volume sekam padi per hari = 0,005 m^3

Harga sekam padi per m^3 = Rp 10.000,-

Kebutuhan sekam padi per hari = $\frac{0,005}{0,008}$ x 1,173

= 0,706 m^3

Biaya sekam padi per hari = 0,706 x Rp 10.000

= Rp 7.061,-

4) Total biaya material = biaya semen + biaya abu batu + biaya sekam padi

= 239.691 + 31.784 + 7.061

= Rp 278.536,-

7. Menghitung biaya konsumsi
   a. Total biaya konsumsi untuk 2 orang = Rp 50.000,-
8. Menghitung biaya tunjangan hari raya
   a. Uang per tahun = Rp 250.000,-
   b. Jumlah pekerja = 2
   c. Jumlah hari kerja = 300 hari per tahun
   d. Uang per hari = Rp 1.667,-
9. Total pengeluaran per hari
   a. Biaya alat per hari = Rp 13.333,-
   b. Biaya alat bantu per hari = Rp 133,-
   c. Biaya bangunan per hari = Rp 6.667,-
   d. Biaya operasional = Rp 8.000,-
   e. Biaya papan cetak per hari = Rp 5.000,-
   f. Total upah per hari = Rp 170.000,-
   g. Material per hari = Rp 278.536,-
   h. Konsumsi per hari = Rp 50.000,-
   i. THR per hari = Rp 1.667,-
   j. Total pengeluaran per hari = Rp 533.336,-
10. Perhitungan harga pokok produksi

    Produksi batako sekam padi dalam satu hari diasumsikan sebanyak 150 buah.

    a. Produksi batako per hari = 150 batako/hari

b. Total biaya pengeluaran = Rp 533.336,-

HPP lapangan = $\frac{533.336}{150}$

= Rp 3.556,-

Margin perusahaan + pajak PPn = 20% + 10%

Harga jual batako sekam padi = Rp 4.693,- per buah

= Rp 5.500,- per buah

11. Total pemasukan per hari

a. Produksi batako sekam padi per hari = 150 buah

b. Harga per batako sekam padi = Rp 5.500

c. Total pemasukan per hari = Rp 5.500 x 150

= Rp 825.000,-

12. Keuntungan

a. Keuntungan per hari = Total pemasukan – Total pengeluaran

= Rp 825.000 – Rp 704.004

= Rp 120.996,-

b. Keuntungan per buah = Harga jual – Harga pokok

= Rp 5.500 – Rp 4.693

= Rp 807,- per buah

c. Persentase keuntungan per buah = $\frac{\text{Rp 5.500-Rp 4.693}}{\text{Rp 4.693}}$ x 100%

= 17,18 %

d. Keuntungan per bulan

Jumlah hari kerja per bulan = 25 hari

Keuntungan per bulan = Rp 120.996 x 25

= Rp 3.024.906,-

e. Keuntungan per tahun

Jumlah hari kerja per tahun = 300 hari

Keuntungan per tahun = Rp 120.996 x 300

= Rp 36.298.873,-

13. Perhitungan Break Event Point (BEP)

a. Modal Awal

1) Harga Alat Utama = Rp 25.000.000
2) Harga Alat Bantu = Rp 120.000
3) Harga Bangunan = Rp 10.000.000
4) Harga Kebutuhan Papan = Rp 1.500.000
5) Total Harga Modal Awal = Rp 36.620.000

b. BEP

1) Perhitungan BEP $= \frac{\text{Modal Awal}}{\text{Harga Jual-Harga Dasar}}$

$= \frac{36.620.000}{5.500 - 4.693}$

= 45.398 buah

2) BEP terjadi saat

Per hari $= \frac{45.398 \text{ buah}}{150 \text{ buah/hari}}$

= 303 hari

Per bulan $= \frac{303 \text{ hari}}{25}$

= 12,1 bulan

Per tahun $= \frac{12,1}{12}$

= 1,01 tahun

Dari perhitungan harga produksi batako sekam padi Variasi I tersebut, diperoleh biaya produksi yang harus dikeluarkan per hari yaitu sebesar Rp 533.336,- dengan hasil produksi per hari sekitar 150 buah. Harga pokok produksi lapangan untuk batako sekam padi Variasi I yaitu sebesar Rp 4.693,- dengan harga jual per batako yaitu sebesar Rp 5.500,- . Keuntungan yang dihasilkan dari harga jual batako sekam padi yaitu sebesar Rp 807,-/batako dan keuntungan yang didapatkan per tahun yaitu sebesar Rp 36.298.873,- .

Perhitungan harga pokok produksi untuk batako sekam padi variasi lainnya dilakukan dengan cara yang sama, tetapi ada perbedaan pada harga material karena jumlah sekam padi yang dipakai berbeda. Hasil perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi variasi lainnya adalah sebagai berikut.

1. Variasi 2 dengan komposisi 1:1:6 = Rp 4.104,-
2. Variasi 3 dengan komposisi 1:1:8 = Rp 3.750,-
3. Variasi 4 dengan komposisi 1:1:10 = Rp 3.514,-
4. Variasi % dengan komposisi 1:1:12 = Rp 3.346,-

Uraian perhitungan harga produksi di atas mengikuti seluruh perencanaan komposisi campuran. Melihat dari nilai kuat desak dan penyerapan air yang didapatkan, semakin tinggi harga pokok produksi maka nilai kuat desak akan semakin baik dan nilai penyerapan air akan semakin kecil. Oleh karena itu, batako sekam padi Variasi I dengan harga pokok produksi Rp 4.693,- dan harga jual Rp 5.500,- adalah batako sekam padi yang paling baik dalam penelitian ini.

5.7.2 Analisis Perbandingan Kelayakan Batako Sekam Padi

Untuk mengetahui nilai jual batako sekam padi pada penelitian ini, batako sekam padi akan dibandingkan dengan bata ringan merk Citicon. Dari survey yang telah dilakukan di toko bangunan sekitar Jalan Kaliurang, bata ringan merk Citicon dengan dimensi ukuran 60 cm x 20 cm x 10 cm memiliki harga sebesar Rp 9.500,- per buah. Sedangkan batako sekam padi variasi I pada penelitian ini dengan dimensi ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm memiki harga jual sebesar Rp 5.500,- per buah. Hal ini membuktikan bahwa harga jual batako sekam padi pada penelitian ini lebih murah 42,1 % dibandingkan dengan harga bata ringan merk Citicon.

Harga dari material tersebut kemudian dihitung per m^3 untuk mendapatkan perbandingkan harga yang lebih akurat. Harga batako sekam padi dengan ukuran 12 cm x 22 cm x 40 cm atau 10560 cm^3 adalah sebesar Rp 5.500,- per buah atau Rp 521.000 per m^3. Harga bata ringan merk Citicon dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 60 cm atau 12000 cm^3 adalah sebesar Rp 9.500,- per buah atau Rp 792.000,- per m^3.

Dari data di atas, kemudian dikonversikan ke ukuran 12 cm x 22 cm x 40 cm atau 10560 cm3. Harga bata ringan merk Citicon setelah dikonversikan dengan perhitungan adalah sebesar Rp 8.360,- per buah. Contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini.

Harga Citicon setelah konversi $= \frac{10560}{12000} \times 9500$

= Rp 8.360,-

Untuk batako konvensional di pasaran dengan ukuran 9 cm x 17 cm x 38 cm atau 5814 cm3 dengan harga Rp 3.000,- per buah. Harga batako konvensional di pasaran juga dikonversikan dan didapatkan harga sebesar Rp 5.448,- per buah. Harga batako konvensional di konversikan sebagai berikut.

Harga Batako Konvensional setelah konversi $= \frac{10560}{5814} \times 3000$

= Rp 5.448,-

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa harga batako sekam padi dengan harga jual Rp 5.500,- lebih murah 34,2 % dibandingkan bata ringan merk Citicon, sedangkan selisih dengan batako di pasaran hanya 0,9 %. Batako sekam padi memiliki harga yang relatif murah karena menggunakan bahan yang murah serta proses produksi yang lebih sederhana, sedangkan bata ringan menggunakan bahan yang relatif mahal serta proses produksi yang lebih modern. Proses pembuatan batako sekam padi hanya menggunakan mesin *press*, tentu saja hal ini membuat batako sekam padi lebih murah jika dibandingkan bata ringan yang pembuatannya menggunakan alat pencetak, oven, dan mesin pengaduk khusus. Perbandingan penelitian batako jika dikonversikan dapat dilihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Perbandingan

	Bata Ringan Citicon	**Batako Konvensional**	**Batako Sekam Padi**
Metode Pencetakan	Menggunakan mesin dan alat modern di pabrik	Menggunakan mesin *press*	Menggunakan mesin *press*
Hasil	>1000	300	150
Pekerja	>100	2	2
Harga Jual	Rp 8.360,-	Rp 5.448,-	Rp 5.500,-

Hasil pengamatan produksi menunjukkan bahwa batako sekam padi yang dicetak dengan posisi tidur menggunakan mesin *press* menghasilkan batako yang presisi dan tidak ada cacat yang berlebihan, tetapi bata ringan menggunakan alat

modern yang mampu membuat bata ringan terlihat lebih rapi dan menarik dari segi tampilannya. Hal ini tentu saja mempengaruhi harga jual dari kedua material tersebut.

5.8 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Batako sekam padi ini adalah saalah satu usaha untuk menghasilkan keutnungan yang sebanyak-banyaknya dengan modal yang terbatas. Material, peralatan dan bahan, serta sumber daya manusia digunakan seminimal mungkin agar pengeluaran tidak terlalu besar. Produksi batako sekam padi per hari dalam jumlah besar akan menghasilkan keuntungan yang besar pula.

Hasil dari pengujian serta analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa batako sekam padi dan bata ringan merk Citicon tidak lolos persyaratan uji tekan yang sudah ditentukan SNI. Nilai kuat tekan rata-rata batako sekam padi Variasi I dengan komposisi semen, abu batu, dan sekam padi 1 : 1 : 4 adalah sebesar 13,77 kg/cm2 dengan berat volume 1104,48 kg/m3 sedangkan nilai kuat tekan rata-rata bata ringan merk Citicon adalah sebesar 12,64 kg/cm^2 dengan berat volume 800 kg/m3. Nilai kuat tekan batako sekam padi lebih besar 8,9 % dibandingkan bata ringan Citicon dan berat volume batako sekam padi lebih berat 86 % dibandingkan bata ringan merk Citicon. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa kedua sampel tersebut tidak memenuhi syarat SNI sebesar 25 kg/cm2.

Nilai rekapitulasi mutu dan biaya kedua sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Citicon

Variasi	Nilai Kuat Tekan (kg/cm^2)	Persentase Penyerapan Air (%)	Nilai Daya Redam Suara (dB)	Volume Rata-rata (kg/m^3)	Harga Jual per Buah
Batako Variasi I (1 : 1 : 4)	13,8	23,993	17	1104,48	Rp 5.500,-
Batako Variasi II (1 : 1 : 6)	8,8	26,068	16,65	976,64	Rp 5.000,-

Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan Citicon

Variasi	Nilai Kuat Tekan (kg/cm^2)	Persentase Penyerapan Air (%)	Nilai Daya Redam Suara (dB)	Volume Rata-rata (kg/m^3)	Harga Jual per Buah
Batako Variasi III (1 : 1 : 8)	6,6	32,648	15,66	875	Rp 4.500,-
Batako Variasi IV (1 : 1 : 10)	3,9	34,669	14,41	779,67	Rp 4.000,-
Batako Variasi I (1 : 1 : 12)	2,5	51,122	13,26	706,44	Rp 3.750,-
Bata Ringan Citicon	12,64	39,9	28,7	800	Rp 8.360,-

Dari Tabel 5.16 di atas disimpulkan bahwa batako sekam padi Variasi I adalah batako terbaik dengan nilai kuat tekan sebesar 13,76 kg/cm^2 dan berat volume rata-rata sebesar 1085,79 kg/m^3. Batako sekam padi pada penelitian ini sudah dapat dikategorikan sebagai batako ringan karena sudah memenuhi persyaratan (syarat batako ringan < 1.400 kg/m^3). dengan harga jual untuk batako sekam padi Variasi I sebesar Rp 5.500,- per buah dengan keuntungan sebesar Rp 3.024.906,- per bulan atau Rp 36.298.873,- per tahun.

Dari seluruh pembahasan di atas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi harga jual batako maka semakin baik pula kualitas dari batako sekam padi tersebut, dikarenakan rongga batako sekam padi akan lebih sedikit dan membuat batako menjadi lebih kuat serta penyerapan air dari batako tersebut juga akan menjadi semakin rendah.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada BAB sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin banyak komposisi sekam padi maka semakin rendah pula nilai kuat desak dan serapan air yang didapatkan. Nilai kuat desak paling tinggi didapatkan dari batako variasi 1 dengan komposisi campuran abu batu, semen, dan sekam padi berturut-turut 1 : 1 : 4 dengan rata-rata nilai kuat desak sebesar 13,767 kg/cm^2. Nilai kuat desak seluruh batako pada penelitian ini belum ada yang memenuhi persyaratan mutu batako sesuai SNI 03-0349-1989. Sedangkan rata-rata nilai kuat desak yang dihasilkan dari bata ringan Citicon sebesar 12,63 kg/cm^2. Nilai kuat desak bata ringan Citicon lebih kecil daripada nilai kuat desak batako sekam padi variasi 1 pada penelitian ini, tetapi nilai kuat desak bata ringan Citicon juga tidak memenuhi persyaratan dari SNI 03-0349-1989. Daya serap air untuk batako sekam padi Variasi I sebesar 23,993 %, untuk batako sekam padi Variasi II sebesar 26,068 %, untuk batako sekam padi Variasi III sebesar 32,648 %, untuk batako sekam padi Variasi IV sebesar 34,669 %, untuk batako sekam padi Variasi V sebesar 51,226 %. Dari hasil di atas dapat diketahui bahwa nilai daya serap air terbesar dihasilkan oleh batako sekam padi Variasi V dengan komposisi perbandingan semen, abu batu, dan sekam padi sebesar 1:1:12. Hal ini disebabkan oleh komposisi sekam padi yang lebih banyak sehingga menyebabkan rongga-rongga (dari hasil uji foto Metode SEM) yang dihasilkan juga semakin besar. Rongga udara yang besar dapat menyebabkan batako sekam padi menyerap air lebih banyak, selain itu sifat dari sekam padi yang juga sangat mudah untuk menyerap air.
2. Hasil dari pengujian daya serap air diketahui bahwa nilai daya serap air dari citicon lebih besar dari batako sekam padi padahal jika dilihat dari pengujian SEM, rongga udara pada bata ringan citicon lebih sedikit daripada batako sekam

padi. Fenomena ini mungkin saja terjadi karena pada saat proses pengangkatan benda uji dari tempat perendaman, air dalam batako sekam padi mengalir keluar karena rongga udara yang banyak sehingga menyebabkan hal itu dapat terjadi, sedangkan hal itu tidak terjadi pada bata ringan citicon karena rongga udara pada bata ringan citicon yang kecil dan sedikit.

3. Harga yang didapatkan pada batako sekam padi Variasi I adalah Rp 4.693,- per buah dengan harga jual sebesar Rp 5.500,- per buah. Sedangkan harga pokok produksi untuk batako sekam padi Variasi II, Variasi III, Variasi IV, dan Variasi V berturut-turut adalah sebesar Rp 4.104,- per buah, Rp 3.750,- per buah, Rp 3.514,- per buah, Rp 3.346,- per buah. Harga jual batako sekam padi Variasi I lebih murah 36,84 % jika dibandingkan dengan harga bata ringan merk Citicon yang ada di pasaran. Harga batako sekam padi adalah Rp 521.000 per m^3, sedangkan bata Citicon Rp 792.000,- per m^3. Break even point akan terjadi pada produksi batako sekam padi yang ke 45.398 buah, yang diperkirakan akan terjadi pada pada 1,01 tahun sejak produksi pertama kali.
4. Semakin banyak komposisi sekam padi maka semakin rendah pula nilai redaman suaranya. Nilai daya redam suara terbesar yang dihasilkan oleh batako sekam padi Variasi I dengan nilai sebesar 17 dB. Nilai daya redam suara yang dihasilkan bata ringan merk Citicon adalah sebesar 28,76 dB. Dari uji foto Metode SEM, diperoleh fakta bahwa rongga-rongga di batako sekam padi lebih besar dari pada bata Citicon, hal ini yang menyebabkan gelombang suara dapat menembus rongga-rongga di batako sekam padi. Semakin banyak rongga-rongga nya, maka gelombang suara dapat mudah masuk dan menembus material melalui rongga-rongga tersebut.
5. Secara visual, bata ringan citicon memiliki bentuk fisik yang lebih bagus dan presisi dibanding batako sekam padi. Karakteristik teknis bata ringan Citicon adalah: kuat desak 12,64 kg/cm^2, daya serap air 39,9%. Harga Citicon adalah 792.000 per m^3. Batako sekam padi Variasi I memiliki karakteristik kuat desak, serapan air, dan harga yang lebih baik dari bata Citicon. Namun demikian, redaman suara nya lebih baik dari pada batako sekam padi.

6. Dengan nilai kuat desak batako sekam padi yang kurang dari standar SNI, batako sekam padi variasi I masih memiliki kuat desak yang lebih baik apabila dibandingkan dengan bata ringan citicon. Oleh karena itu, batako sekam padi variasi I sudah cukup layak untuk diperjual belikan tetapi harus mengikuti fungsi dari penggunaan batako tersebut. Untuk batako sekam padi variasi I hanya dapat difungsikan sebagai material dinding penyekat (non-struktural) seperti dinding dalam rumah tinggal yang tidak menahan beban dan juga batako sekam padi variasi I harus ditempatkan di bawah atap sehingga terlindungi dari hujan dan panas terik. Selain itu, batako sekam padi juga harus diplester.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian ini, ada beberapa saran dari penulis yang diharapkan dapat menambah kekurangan dari penelitian ini, antara lain.

1. Komposisi dari campuran batako sekam padi diubah sehingga abu batu dan semen mampu menutupi kekurangan dari sekam padi untuk menahan beban. Hal ini dilakukan dengan harapan nilai kuat desak batako dapat memenuhi persyaratan dari SNI 03-0349-1989.
2. Proses produksi batako sekam padi lebih diperhatikan dan dilakukan dengan lebih efektif serta efisien, karena hal ini dapat mempengaruhi kualitas campuran serta jumlah batako yang mampu dihasilkan per harinya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai batako sekam padi dengan menggunakan variasi yang berbeda dari penelitian ini, serta dengan menggunakan bahan tambah atau *filler* lainnya. Hal ini diharapkan untuk mendapatkan batako sekam padi yang lebih baik dari segi kualitas maupun harga.

DAFTAR PUSTAKA

Amali, M, R. 2019. Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Amir dan Basry. 2019. Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palu. Palu

Astuti, A. M., Hidayat, D., Gedalya, V. F., & Noviandri, P. P. 2019. Pelepah Pisang Sebagai Alternatif Material Dalam Mengurangi Suara. *Proses Desain: Desain Partisipatoris, Desain Simulasi*, 31-40.

Budirahardjo, S., Kristiawan, A., Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako. Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Chabannes, M., Bénézet, J , C., Clerc, L. 2014. *Use of Rice Husk as Natural Aggregate in a Lightweight Insulating Concrete An Innovation Application*. Centre de Recherche C2MA, Ecole Des Mines D'ales, 6 Avenue de Clavieres, 30319 Ales Cedex, Prancis.

Fadholi, I, M. 2009. Kuat Tekan, *Konduktivitas dan Ketahanan Api Batako Papercrete dengan 25% fly ash Menggantikan Berat Semen Sebagai Material Dinding Bangunan.* Tugas Akhir, Dipublikasikan, Jurusan Teksnik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Frick, H., & Koesmartadi, C. 1999. Ilmu Bahan Bangunan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Hartono, W. 2001. Merancang Beton Ringan dengan Metode *Dreux-Corrise*. Jurnal Penelitian Media Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS. Surakarta.

Hesti, S. I. 2014. Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir. Tugas Akhir. Tidak, Dipublikasikan. Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Ismail, M. S., & Waliuddin, A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*, 521-526.

Kurniawan, P. 2013. Warga Weru Resah Adanya Limbah Pabrik Pengolahan dan Penggergajian Batu, http://solorayaonline.com, diakses 15 September 2013.

Lewis, H. dan Douglas, H. 1993. *Industrial Noise Control Fundamentals and Application, Reyised. New York.*

Moran M. J. & Howard N. S. Fundamental of Engineering Thermodynamics. Terjemahan oleh Yulianto Sulistyo Nugroho & Adi Surjosatyo. 2004. Erlangga. Jakarta.

Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology. Second Edition, Kluwer Academic Publisher. USA.*

Mulyadi. 2007. Sistem Perencanaan dan Pengendalian Manajemen, Salemba Empat, Jakarta.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat. Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. Erlangga, Jakarta.

Nilson H. N., Darwin D. and Dolan W. 2004. "*Design of Concrete Structures, 14th edition*".

Simatupang, dkk. (2020). Penambahan Bahan Limbah Abu Sekam Padi Pada Campuran. Aceh: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Samudra.

Sitorus, M. 2009. *SPEKTROSKOPI* Elusidasi Struktur Molekul Organik. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan, Luas Panen dan Produksi Beras 2020. Badan Pusat Statistik, Jakarta (2018).

Sumaryanto, D., Satyarno, I., Tjokrodimulyo, K. 2009. *Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen*. Forum Teknik Sipil No. XIX/1. Januari

Standar Nasional Indonesia. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding* (SNI 03-0349-1989). Bandung. (1989).

Tjokrodimuljo, K. 1996. Teknologi beton. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Wang, C. K., dan Salmon, C. G. 1990. Desain Beton Bertulang. Erlangga. Jakarta.

Winarno, S. 2018. Comparative Strength and Cost of Rice Husk Concrete Block. *5th Internasional Conference on Sustainable Built Environment, Management of Change for Livable Environment,* 21-26.

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.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji





Gambar L-1.1 Batako Sekam Padi

Lampiran 2 Gambar Alat



Gambar L-2.1 Mesin Cetak Batako



Gambar L-2.2 Alat *Mixer*



Gambar L-2.3 Alat-alat Bantu

Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak



Gambar L-3.1 Proses Pengujian Kuat Desak

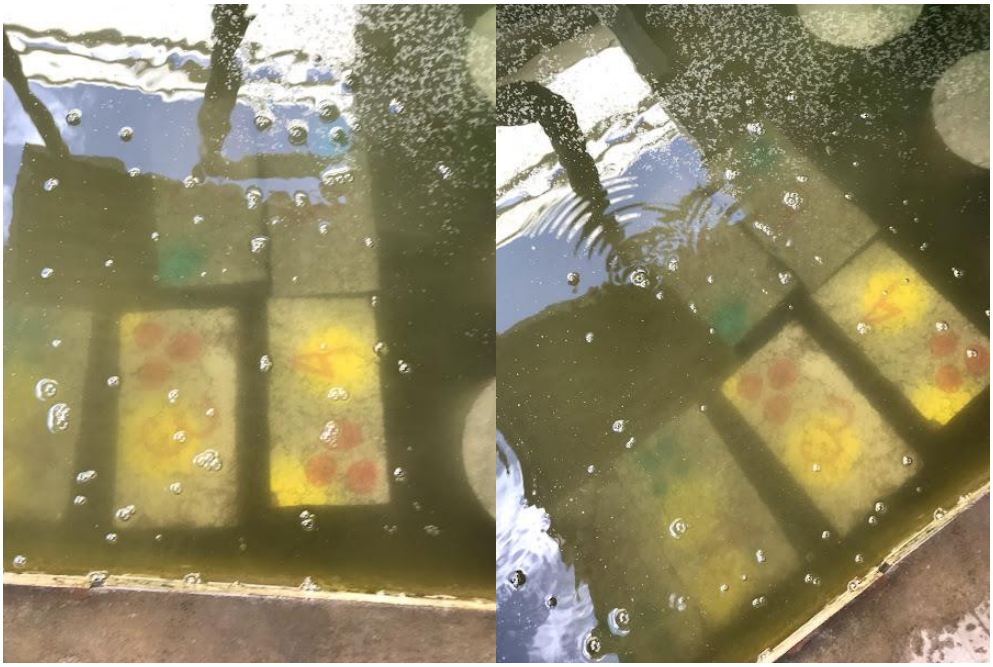


Gambar L-3.2 Pengamatan Data Pengujian Kuat Desak

Lampiran 4 Pengujian Daya Serap Air



Gambar L-4.1 Proses Pemotongan Benda Uji



Gambar L-4.2 Proses Perendaman Benda Uji



Gambar L-4.3 Proses Pengovenan Benda Uji



Gambar L-4.4 Proses Penimbangan Benda Uji

Lampiran 5 Pengujian Daya Redam Suara



Gambar L-5.1 Alat yang Digunakan



Gambar L-5.2 Proses Pengujian Redam Suara