TUGAS AKHIR

PENGARUH SEKAM PADI SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU DAN FLY ASH TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA

(THE EFFECT OF RICE HUSK AS AGGREGATES IN CONCRETE BLOCK WITH THE ADDITION OF STONE ASH AND FLY ASH TO TECHNICAL ASPECTS, PRODUCTION COSTS, AND SOUNDS ABSORPTION)

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

Hadi Wibisono
18511185

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH SEKAM PADI SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU DAN FLY ASH TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA

(THE EFFECT OF RICE HUSK AS AGGREGATES IN CONCRETE BLOCK WITH THE ADDITION OF STONE ASH AND FLY ASH TO TECHNICAL ASPECTS, PRODUCTION COSTS, AND SOUNDS ABSORPTION)

Disusun Oleh

Hadi Wibisono
18511185

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

Diuji pada tanggal 22 Februari 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	**Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.**	**Ir. Vendie Abma, S.T., M.T.**
NIK : 945110101	**NIK : 005110101**	**NIK : 155111310**

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 02 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,

Hadi Wibisono

18511185

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Dengan Penambahan Abu Batu dan Fly Ash Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara*. Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menasehati, dan memberikan tambahan ilmu.
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan saran dalam penelitian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam penelitian tugas akhir ini.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Yogyakarta, 02 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,

Hadi Wibisono

18511185

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN x
DAFTAR NOTASI xi
ABSTRAK xii
ABSTRACT xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 6
1.6 Lokasi Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Tinjauan Umum 7
2.2 Penelitian Terdahulu 7
2.2.1 Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicetak Secara Manual 7
2.2.2 Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako 8
2.2.3 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara 10
2.2.4 Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Kayu dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Batako 10
2.2.5 Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton 12

2.3 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan 12
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Batako 16
3.3.1 Klasifikasi Batako 18
3.3.2 Syarat Mutu 19
3.2 Material Penyusun Batako 20
3.2.1 Sekam Padi 20
3.2.2 Semen 21
3.2.3 Abu Batu 22
3.2.4 Fly Ash 22
3.2.5 Air 23
3.3 Pengujian Pada Batako 24
3.3.1 Uji Kuat Desak 24
3.3.2 Uji Penyerapan Air 24
3.3.3 Kelayakan Harga Produksi 25
3.3.4 Uji Daya Redam Suara Batako 26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 27
4.1 Tinjauan Umum 27
4.2 Pelaksanaan Penelitian 27
4.2.1 Persiapan Bahan 27
4.2.2 Perencanaan Komposisi 31
4.2.3 Pembuatan Benda Uji 32
4.3 Prosedur Analisis Data 35
4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Selama Proses Produksi 35
4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium 35
4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Pokok Produksi 41
4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan 42
4.3.5 Tahap Kesimpulan 42
4.4 Bagan Alir Penelitian 42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 44

5.1 Tinjauan Umum 44
5.2 Hasil Pengujian Berat Volume 44
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran 48
5.4 Data Hasil Pengujian Sampel Batako 50
5.4.1 Kuat Tekan Batako 50
5.4.2 Penyerapan Air 53
5.4.3 Hasil Pengujian Redaman Suara 56
5.4.4 Analisis Perhitungan Lubang Rongga 59
5.5 Perhitungan Harga Pokok Produksi 61
5.6 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu 68
5.7 Analisis Perbandingan 69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 75
6.1 Kesimpulan 75
6.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Variasi Komposisi Penelitian	9
Tabel 2.2	Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1	Ukuran Bata Beton	19
Tabel 3.2	Syarat Fisis Bata Beton	19
Tabel 3.3	Komposisi Kimia Sekam Padi	20
Tabel 3.4	Senyawa Yang Terkandung Dalam *Fly Ash*	23
Tabel 4.1	Komposisi Bahan Susun Batako	31
Tabel 5.1	Hasil Pemeriksaan Bahan-bahan Susun	44
Tabel 5.2	Hasil Perhitungan Berat Volume Batako	47
Tabel 5.3	Perbandingan Campuran Batako	48
Tabel 5.4	Komposisi Campuran Batako	49
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan	51
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Penyerapan Air	54
Tabel 5.7	Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi	56
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Redaman Suara	57
Tabel 5.9	Hasil Perhitungan Nilai Daya Redam Suara	58
Tabel 5.10	Jumlah Ronga-rongga Hasil Foto	60
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi	67
Tabel 5.12	Rekapitulasi Mutu dan Biaya	68
Tabel 5.13	Hasil Analisis Perbandingan Batako	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batako Trass	17
Gambar 3.2	Batako Semen	17
Gambar 3.3	Bata Ringan	18
Gambar 4.1	Mixer Machine	29
Gambar 4.2	Gelas Ukur	29
Gambar 4.3	Press Machine	30
Gambar 4.4	Proses Memasukkan Bahan Penyusun Batako	33
Gambar 4.5	Proses Mengeluarkan Bahan Setelah Tercampur	33
Gambar 4.6	Hasil Batako Yang Telah Dipress	34
Gambar 4.7	Pengecekan Tegak Lurus Batako	36
Gambar 4.8	Batako Sebelum Diuji Tekan	37
Gambar 4.9	Batako Setelah Diuji Tekan	37
Gambar 4.10	Batako Setelah Dipotong Menjadi Empat Bagian	38
Gambar 4.11	Proses Pengeringan Batako Setelah Direndam	39
Gambar 4.12	Proses Perendaman Batako Selama 24 Jam	39
Gambar 4.13	Pengukuran Dimensi Batako	40
Gambar 4.14	Pengujian Daya Redam Suara	431
Gambar 4.15	*Flowchart* Penelitian	43
Gambar 5.1	Batako Pejal	46
Gambar 5.2	Grafik Kuat Tekan Batako dan Bata Ringan	52
Gambar 5.3	Kurva Penyerapan Air Batako dan Bata Ringan	55
Gambar 5.4	Kurva Nilai Daya Redam Suara	58
Gambar 5.5	Hasil Foto Lubang Rongga Batako Variasi I Sampai V	59
Gambar 5.6	Hasil Foto Lubang Rongga Bata Ringan Falcon	60
Gambar 5.7	Kurva Harga Pokok Produksi Batako	67
Gambar 5.8	Kurva Hubungan Kuat Tekan Dengan Berat Volume	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Benda Uji	80
Lampiran 2	Pengujian Kuat Tekan	82
Lampiran 3	Pengujian Penyerapan Air	84
Lampiran 4	Pengujian Redaman Suara	85

DAFTAR NOTASI

A = Luas Penampang (cm^2)

BV = Berat Volume (gr/cm^3)

SNI = Standar Nasional Indonesia

PPC = Portland Pozzolan Cement

Psr = Pasir

SP = Sekam Padi

SM = Semen

AB = Abu Batu

FA = *Fly Ash*

P = Beban Maksimum (kg)

σ = Kuat Desak (kg/cm^2)

Δ = Selisih

ABSTRAK

Semakin berkembangnya zaman, semakin banyaknya para ahli untuk melakukan inovasi terhadap material bahan konstruksi, contohnya pada batako. Salah satu inovasi yang telah banyak dilakukan adalah menciptakan batako berbahan dasar limbah sekam padi sebagai pengganti pasir. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian Rafi (2021) dengan mengurangi penggunaan sekam padi serta penambahan *fly ash* sebagai *filler* pada batako dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi material penyusun batako yang optimal dan memenuhi aspek teknis yang diujikan.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dimulai dari pengecekan bahan susun, pembuatan sampel, lalu pengujian di laboratorium. Bahan susun yang digunakan adalah sekam padi, abu batu, *fly ash*, dan semen yang dibuat sebanyak 5 variasi komposisi yang berbeda. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan diantaranya adalah uji kuat tekan, penyerapan air, redaman suara, dan perhitungan harga produksi batako. Semua aspek teknis ini nantinya akan dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon.

Hasil penelitian menunjukkan batako sekam padi optimum didapatkan pada batako variasi I (1 SM : 0,5 AB : 0,5 FA : 2 SP) dengan nilai kuat tekan sebesar 29,583 kg/cm^2, nilai penyerapan air sebesar 19,038%, nilai berat volume sebesar 1255,30 kg/m^3 dimana masih dikategorikan sebagai bata ringan karena memiliki berat volume <1400 kg/m^3. Kemudian, setelah dilakukan pengujian pada bata ringan merek Falcon didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26 kg/cm^2, nilai penyerapan airnya sebesar 38,477%, dan nilai berat volume sebesar 856,67 kg/m^3. Sehingga, jika dilakukan perbandingan maka batako sekam padi memiliki beberapa keunggulan dan juga kekurangan dibanding dengan bata ringan Falcon. Untuk pengujian redaman suara, batako sekam padi variasi I mendapatkan nilai yang paling baik dibanding dengan variasi lainnya. Nilai daya redam suara yang didapatkan adalah sebesar 26,2 dB. Untuk bata ringan Falcon, didapatkan nilai daya redam suaranya adalah 32,5 dB. Harga pokok produksi batako sekam padi didapatkan sebesar Rp 5.857,- per batako dengan harga jual sebesar Rp 7.028,- per batako. Harga produksi bata ringan Falcon setelah dikonversikan menjadi Rp 8.800,- dimana masih lebih mahal 20,136%. Lalu, untuk harga produksi batako konvensional setelah dikonversi ddidapatkan sebesar Rp 5.867,- per batako dimana masih lebih murah 16,520% dibanding batako sekam padi.

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

ABSTRACT

As the times progress, the number of experts to innovate construction materials, for example in concrete block. One of the many innovations that have been carried out is creating concrete block made from rice husk waste as a substitute for sand. This research is a continuation of Rafi's research (2021) by reducing the use of rice husks and use fly ash as filler on concrete block with the purpose is obtaining optimal composition of brick building materials and fulfilling the technical aspects tested.

The research was carried out starting from checking the stacking materials, making samples, then testing in the laboratory. The stacking materials used are rice husk, stone ash,fly ash, and cement made in 5 different composition variations. In this study, the tests carried out included compressive strength tests, water absorption, sound attenuation, and calculation of the price of concrete block production. All these technical aspects will later be compared with the lightweight bricks of the Falcon brand.

The results showed that the optimum rice husk bricks were found in variation I bricks (1 SM : 0.5 AB : 0.5 FA : 2 SP) with a compressive strength value of 29.583 kg/cm^2, water absorption value of 19.038%, volume weight value of 1255.30 kg/m^3 which is still categorized as light brick because it has a volume weight of <1400 kg/m3^3. Then, after testing on lightweight brick brand Falcon obtained a compressive strength value of 26 kg/cm^2, the water absorption value is 38.477%, and the volume weight value is 856.67 kg/m^3. So, if a comparison is made, the rice husk brick has several advantages and disadvantages compared to the lightweight Falcon brick. For the sound attenuation test, the rice husk brick variation I got the best score compared to the other variations. The sound damping power value obtained is 26.2 dB. For the lightweight Falcon brick, the sound attenuation value is 32.5 dB. The cost of producing rice husk bricks was Rp 5.857,- per brick with a selling price of Rp 7.028,- per brick. The production price for Falcon lightweight bricks after being converted becomes Rp 8.800, - which is still 20.136% more expensive. Then, for the production price of conventional bricks after conversion, Rp 5.867 per brick is obtained, which is still 16.520% cheaper than rice husk bricks.

Keywords : *Concrete block rice husk, compressive strength, water absorption, sound attenuation, production cost*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa. Namun walaupun begitu, curah hujan di Indonesia masih tergolong cukup tinggi. Hal ini menyebabkan beberapa daerah di Indonesia yang memiliki kondisi tanah yang cukup subur sehingga sangat cocok ketika dijadikan lahan untuk pertanian. Karena hal ini pula Indonesia mendapat julukan Negara Agraris atau negara yang sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian.

Hasil dari sektor pertanian Indonesia pun sangat beragam, seperti kedelai, jagung, ubi jalar, kacang tanah, dan juga makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia yaitu padi. Berdasarkan data dari Kementrian Pertanian Indonesia didapati produksi padi Indonesia pada tahun 2020 hingga mencapai 54,65 juta ton. Banyak daerah di Indonesia yang memiliki area persawahan yang luas, salah satunya adalah Kabupaten Sleman. Banyaknya area persawahan juga menyebabkan banyaknya limbah sekam padi yang tidak terpakai.

Sekam padi sendiri adalah hasil buangan yang berasal dari proses penggilingan padi. Ketika proses penggilingan, butir beras terpisah dengan sekamnya sehingga menjadi bahan limbah sisa penggilingan. Hasil penggilingan padi menghasilkan sekitar limbah sekam padi 20-30%, dedak 8-12%, dan beras giling 50,63%. Limbah dalam jumlah besar ini nanti tentunya akan menjadi bahan buangan di lingkungan sekitar. Padahal, daripada dibiarkan menjadi limbah yang tidak terpakai, sekam padi masih dapat digunakan menjadi bahan yang bermanfaat, salah satu contohnya dibuat menjadi bahan agregat batako.

Batako adalah bahan bangunan yang umumnya terbuat dari campuran semen dan pasir kasar yang dicetak baik secara manual atau dengan menggunakan mesin press. Batako sendiri cukup banyak diminati untuk digunakan oleh masyarakat Indonesia menjadi bahan dinding dikarenakan memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan bata merah dan bata ringan. Ukurannya yang lebih besar jika

dibandingkan dengan batu bata merah menjadikan salah satu daya tarik karena dapat mempermudah dan mempercepat para perkerja ketika proses pemasangan sehingga hal ini juga berefek ke pihak kontraktor karena mengurangi jumlah harian tukang sehingga dapat mengurangi biaya tenaga kerja.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, sudah banyak penelitian mengenai sekam padi yang digunakan sebagai pengganti agregat pada bahan komposisi penyusun batako ramah lingkungan seperti salah satunya pada penelitian dari Winarno (2019) dan Amali (2019). Pada penelitian yang lain, contoh beton ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan abu sekam padi tanpa pengolahan seperti dalam penelitian Zerbino dkk (2011) yang bertujuan untuk menganalisis kelayakan dan keuntungan ekonomis untuk penggunaan abu sekam padi (*rice husk ash*) residu alami pada beton struktural konvensional dan material berbasis semen lainnya.

Winarno (2019) dalam penelitian pembuatan batako berlubang dan Amali (2019) dengan batako pejal, penelitian ini dilakukan dengan dicetak secara manual, yang terdiri dari 2 proses. Proses yang pertama adalah pengambilan bahan baku dengan kaleng ukur yang terdiri dari sekam padi, semen, dan abu batu kemudian dituang ke dalam mesin pencampur untuk proses pencampuran, sedangkan pada proses yang kedua adalah pemindahan campuran atau hasil adukan bahan susun dari alat pencampur ke cetakan. Proses pencetakan dilakukan dalam posisi tidur dan tidak menggunakan mesin press berpenggetar melainkan dilakukan secara manual yaitu dengan cara ditusuk-tusuk dan dipukul-pukul untuk proses pemadatan. Proses seperti ini akan memastikan bahwa campuran batako segar tetap homogen dan dapat diproduksi dengan baik, lebih presisi, dan tanpa cacat. Komposisi material pada penelitian ini adalah semen, abu batu, dan sekam padi. Kekuatan desak yang dihasilkan Winarno (2019) adalah sebesar 26,64 kg/cm^2 diperoleh pada komposisi 1,25 semen : 2,75 abu batu : 8,5 sekam padi. Namun demikian, berat volume yang diperoleh pada komposisi tersebut adalah 1536,73 kg/m^3. Penelitian Amali (2019) dengan batako sekam padi dengan berbentuk pejal menghasilkan hasil kuat desak sebesar 26,24 kg/cm^2 dan berat volume = 1721 kg/m^3 pada komposisi 1 semen: 3 abu batu: dan 6 sekam padi. Berat volume batako sekam padi pada kedua penelitian di atas belum memenuhi kriteria beton ringan sebesar 1400 kg/m^3. Untuk membuat

ringan batako ini, komposisi semen dan abu batu perlu dikurangi, dan adukan perlu ditambah dengan bahan lain yang dapat memberikan tambahan kuat desak batako, agar memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Penambah kekuatan beton yang sering dipakai, salah satunya adalah abu terbang atau *fly ash*.

Setiawati (2018) telah memanfaatkan fly ash untuk menggantikan semen. Fly ash merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Material fly ash memiliki kemiripan dengan sifat semen, dari aspek kehalusan dan kandungan silika dan aluminanya yang persentasenya mencapai 80%. Adanya kemiripan ini menyebabkan fly ash dapat digunakan sebagai material pengurang jumlah semen dalam adukan beton. Penggunaan fly ash sampai 12,5% terhadap semen pada campuran beton masih mendapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan. Anhadi (2018) juga mengungkapkan penambahan fly ash sebesar 15-25% dari semen akan memberikan peningkatan kuat desak yang terbaik. Penggunaan fly ash sebagai material pembentuk batako dapat memberikan dampak positif dari segi lingkungan, karena dapat mengurangi material limbah pembakaran batu bara. Yang mana, penanganan fly ash pada saat ini masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong.

Saat ini sudah banyak dijual bata ringan berwarna putih yang menggantikan bata merah dan batako konvensional, salah satunya adalah bata ringan Falcon. Bata ringan Falcon merupakan produk bata ringan berbahan material yang ramah lingkungan. Bata ringan ini memiliki berat volume sekitar 600 kg/m^3 yang cukup ringan dibandingkan dengan batako konvensional dengan berat volume sekitar 2000 kg/m^3. Harga bata ringan Falcon adalah sekitar Rp 645.000,- per m^3. Bentuk bata ringan memiliki dimensi dengan presisi yang tinggi, sehingga pada saat pemasangan, antar bata ringan cukup direkatkan dengan mortar atau lem khusus, dengan ketebalan 3 mm–5 mm. Bata ringan memiliki rongga-rongga udara di dalamnya sehingga ditengarai memiliki redaman suara yang baik.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya bahwa batako sekam padi yang dikembangkan Winarno (2019) dan Amali (2019) sudah memanfaatkan abu batu tetapi masih perlu dibuat menjadi lebih ringan dan memenuhi standar SNI. Untuk

itu, pemanfaatan fly ash dalam campuran bahan susun batako untuk menambah kekuatan adalah merupakan tantangan baru dalam penelitian ini. Untuk mempercepat proses produksi batako, proses pencetakan batako perlu ditingkatkan dari cetak manual menjadi menggunakan mesin press. Di samping itu, rongga-rongga udara dalam batako sekam padi juga ditengarai memiliki sifat redaman suara yang baik dan dapat bersaing pula dengan bata ringan. Kajian ini akan meliputi aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara perlu diuji dan dibandingkan pada kedua material dinding tersebut, yaitu material batako sekam padi dan bata ringan yang ada di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dapat diketahui rumusan masalahnya adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana komposisi material penyusun batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash yang optimum agar aspek teknisnya dapat memenuhi persyaratan teknis SNI?
2. Berapa nilai redaman suara yang didapatkan pada batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash?
3. Bagaimana komposisi dari material penyusun pada batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash agar didapatkan harga produksi yang optimum?
4. Bagaimana perbandingannya dengan hasil pengujian pada bata ringan yang ada di pasaran mengenai aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suaranya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut dapat diketahui tujuan penelitian berdasarkan permasalahan di atas.

1. Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash yang optimum agar aspek teknisnya dapat memenuhi persyaratan teknis SNI.

2. Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash agar didapatkan harga produksi yang optimum.
3. Mengetahui nilai redaman suara dari batako sekam padi dengan penambahan abu batu dan fly ash.
4. Mengetahui perbandingannya dengan hasil pengujian pada bata ringan Falcon yang ada di pasaran terkait aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan untuk mempermudah dalam menentukan ruang lingkup masalah yang akan dilakukan dalam penelitian. Batasan penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Proses pencetakan sampel batako dilakukan dengan mesin press batako.
2. Benda uji yang digunakan merupakan batako pejal atau padat dengan dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm.
3. Aspek teknis yang akan diuji adalah kuat desak, penyerapan air, berat volume, dan redaman suara.
4. Perhitungan biaya produksi menggunakan data-data dari wilayah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
5. Bata ringan yang nantinya digunakan sebagai pembanding adalah bata ringan dengan merek Falcon.
6. Semen yang digunakan adalah semen Tipe I, merek Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia.
7. Pengujian sampel nantinya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII, dan untuk pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia.
8. Arah penelitian adalah menjadi analisis kelayakan usaha yang nantinya diasumsikan untuk produksi massal sehingga diharapkan dapat menjadi lahan bisnis.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14-15, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada Bab I telah dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan, batasan, manfaat, dan lokasi penelitian. Kemudian pada Bab II mengenai tinjauan pustaka ini akan memuat penelitian-penelitian terdahulu yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Penelitian terdahulu yang dipilih sebagai acuan juga harus berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berdasarkan Panduan Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia tahun 2017, terkait referensi yang diambil sekurang-kurangnya minimal berasal dari 3 sumber yang berbeda. Pada tinjauan pustaka ini nanti juga harus mencantumkan nama dan tahun penerbitannya dengan tujuan agar terhindar dari segala bentuk plagiasi.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penetilian terdahulu yang terkait dengan judul yang akan dilaksanakan penting untuk dilakukan peninjauan agar bisa dibandingkan terkait hasil dan kesimpulannya dengan harapan nantinya didapatkan hasil penelitian yang lebih baik.

2.2.1 Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicetak Secara Manual

Amali (2019) telah meneliti dengan judul "Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual". Metode yang digunakan oleh Amali dalam penelitiannya adalah metode eksperimen. Sesuai dengan judul yang dipilih, penelitian yang dilakukan adalah terkait pembuatan batako sekam padi yang pencetakannya dalam posisi tidur dan dilakukan secara manual atau tidak menggunakan mesin cetak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi material penyusun sekam padi agar didapatkan kuat desak yang memenuhi SNI-03-0349-1989 tentang bata beton, nilai penyerapan airnya, dan juga harga pokok produksi sebuah batako sekam padi hasil penelitian. Benda uji yang digunakan adalah beton pejal berukuran 40 cm x

22 cm x 12 cm. Penelitian ini dilakukan dengan membuat sebanyak 9 variasi campuran dengan setiap variasi campurannya menggunakan sebanyak 6 buah sampel, sehingga total sampel yang digunakan sebanyak 54 buah. Pengujian kuat tekan dan penyerapan air dilakukan terhadap batako yang telah berumur 28 hari.

Hasil berdasarkan penelitian Amali (2019) pada pengujian kuat tekan yang dicetak tanpa menggunakan mesin dengan posisi tidur didapatkan variasi I dengan komposisi campuran semen : abu batu : sekam padi, 1 : 3 : 2,5 memiliki kuat tekan paling besar yaitu sebesar 79,472 kg/cm^2 dimana jika menurut SNI 03-0349-1989 termasuk kedalam kategori mutu kelas II (batas minimum untuk mutu kelas II adalah 70 kg/cm^2). Kemudian untuk variasi II, III, IV dan V juga masih memenuhi standar kuat tekan yang tertera dalam SNI 03-0349-1989. Namun, untuk variasi VI sampai IX kuat tekannya tidak memenuhi persyaratan minimum sesuai dengan SNI. Menurut kesimpulan Amali (2019) bahwa semakin banyak komposisi sekam padi maka semakin rendah juga kuat tekannya. Pada pengujian penyerapan air didapatkan hasil bahwa semua variasi telah memenuhi persyaratan penyerapan air maksimum berdasarkan SNI. Dan untuk hasil dari perhitungan batako sekam padi didapatkan satu buah batako memiliki harga sebesar Rp 10.000,- dengan per harinya hanya dapat memproduksi sebanyak 60 batako. Hal ini menurut Amali (2019) jika dibandingkan dengan harga batako pada penelitian Hesti (2014) dan harga batako dipasaran masih tergolong mahal.

2.2.2 Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako

Budirahardjo, dkk (2014) melakukan penelitian mengenai "Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako". Budirahardjo, dkk (2014) menilai terkait sekam padi sendiri pemanfaatannya masih kurang menguntungkan dan proses penghancuran secara alami masih tergolong sangat lambat. Dengan latar belakang seperti dijelaskan sebelumnya menjadikan alasan bahwa pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan isian batako (bata beton) layak untuk dicoba dengan maksud untuk meminimalkan masalah lingkungan. Umur minimal untuk dilakukan pengujian adalah 14 hari dengan bahan baku berupa semen, pasir, dan sekam padi yang telah divariasikan campuran komposisinya.

Uji kelayakan yang dilakukan meliputi uji kuat tekan, densitas, dan penyerapan air. Hasil yang didapatkan menurut penelitian Budirahardjo, dkk (2014) dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Hasil Variasi Komposisi Penelitian

Variasi	Semen	Pasir	Sekam Padi	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Densitas (gr/cm^3)	Penyerapan Air (%)
Tanpa Sekam Padi	1	5	0	106,42	2,311	1,71
		6		100,60	2,246	1,77
		7		82,10	2,244	2,04
		8		74,41	2,243	2,15
		9		38,45	2,226	3,33
Dengan Sekam Padi	1	4	1	10,39	2,226	13,25
		5		21,83	2,253	10,23
		6		69,22	2,272	8,19
		7		37,41	2,275	7,77
	1	4	2	7,48	2,196	15,38
		5		26,81	2,103	10,72
		6		28,27	2,128	9,50
		7		14,55	2,238	7,78
	1	4	3	6,03	1,999	15,82
		5		20,16	2,080	11,50
		6		19,54	2,088	9,66
		7		12,26	2,183	8,42

(Budirahardjo, dkk, 2014)

Berdasarkan hasil yang didapat sampel tanpa menggunakan sekam padi dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pasir maka akan semakin menurunnya nilai kuat tekan dan densitasnya, berbeda dengan penyerapan air yang jika semakin ditambahkan pasir maka nilai penyerapan airnya semakin tinggi. Kemudian jika membandingkan ketiga variasi komposisi yang menggunakan sekam padi untuk kuat tekan didapatkan hasil paling optimum pada perbandingan 1PC : 6 Psr : 1SP dengan hasil 69,22 kg/cm^2, densitas maksimum didapatkan pada perbandingan 1PC : 7 Psr : 1SP dengan hasil 2,275 gr/cm^3, dan penyerapan air maksimum didapat pada perbandingan 1PC : 4 Psr : 3SP dengan hasil 15,82 %.

2.2.3 Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara

Rafi (2021) melakukan penelitian mengenai pengaruh dari sekam padi sebagai pengganti pasir pada batako dari segi aspek teknis, harga produksi, dan kemampuan dalam meredam suara. Tujuan dilakukannya penelitian ini tertera seperti pada judul yaitu ingin mengetahui komposisi yang optimal pada batako menggunakan campuran sekam padi dan abu batu yang nilai aspek teknis nya memenuhi standar SNI dan membandingkan harga produksi dari batako sekam padi ini dengan bata ringan merek Citicon dan batako konvensional. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Total pada penelitian ini memiliki sebanyak 5 variasi dengan setiap variasinya dibuat 11 benda uji sehingga total benda uji yang digunakan adalah sebanyak 55 buah.

Hasil penelitian yang didapat pada penelitian Rafi (2021) adalah semakin bertambahnya penggunaan sekam padi pada campuran maka akan menurunkan nilai kuat tekannya. Nilai kuat tekan paling optimum didapatkan pada batako variasi I dengan nilai kuat tekan sebesar 13,767 kg/cm^2 dimana hasil ini masih belum memenuhi SNI yang berlaku yaitu untuk nilai kuat tekan minimum batako pejal yaitu sebesar 25 kg/cm^2. Namun hasil batako sekam padi variasi I masih lebih baik dibandingkan dengan bata ringan Citicon yang diuji, yaitu didapatkan nilai kuat tekannya sebesar 12,639 kg/cm^2. Terkait harga pokok produksi yang didapatkan pada batako variasi I yaitu untuk harga pokok produksinya adalah senilai Rp 4.693,- per buah dan untuk harga jualnya adalah senilai Rp 5.500,- per buah. Hasil ini lebih murah 36,84% jika dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon yang berada di pasaran.

2.2.4 Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Kayu dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Batako

Anhadi (2018) melakukan penelitian mengenai pembuatan batako dengan memanfaatkan bahan serbuk kayu dan juga fly ash. Batako yang digunakan dalam penelitian ini adalah bata pejal dengan variabel yang diuji adalah kuat tekan, resapan air, dan uji redaman panas. Alasan Anhadi (2018) menggunakan serbuk

kayu dalam penelitiannya adalah dikarenakan kayu sendiri adalah insulator panas yang baik maka diharapkan penambahan serbuk kayu dapat meningkatkan kemampuan batako dalam menahan panas. Namun hal ini berdampak pada menurunnya kuat tekan yang dihasilkan. Maka dari itu, digunakan juga *fly ash* sebagai bahan tambah dengan harapan agar kuat tekan yang dihasilkan dapat menjadi lebih baik dan sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Total yang direncanakan nantinya berjumlah 7 varian dengan 1 varian batako normal dengan perbandingan 1 PPC : 7 PS : 0 SK berjumlah 8 sampel, dan juga 6 varian 1 PPC : 5 PS : 2 SK dan dengan komposisi *fly ash* yang bervariasi dengan setiap variannya berjumlah 8 sampel. Jadi, jika ditotal maka nantinya akan menggunakan sebanyak 56 sampel batako dengan dimensi 0,4 x 0,2 x 0,1 m.

Hasil penelitian yang didapatkan bahwa kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi E (1PPC : 5PS : 2SK + FA25%) dengan nilai 35,45 kg/cm^2 dan kuat tekan terendah diperoleh pada variasi B (1PPC : 5PS : 2SK + FA0%) dengan nilai 13,96 kg/cm^2. Penambahan *fly ash* yang dapat meningkatkan kuat tekan batako berada di persentase antara 15-25%. Kemudian untuk pengujian penyerapan air tertinggi didapatkan pada variasi B dengan nilai rata-rata sebesar 7,22% dan untuk penyerapan air terendah didapatkan pada variasi E dengan nilai rata-rata 5,48%. Kemudian, untuk campuran optimum yang memenuhi sesuai dengan SNI-0349-1989 didapatkan pada variasi E dengan penambahan *fly ash* sebesar 15% dengan nilai kuat tekan 35,45 kg/cm^2 dan nilai penyerapan air sebesar 5,48%. Kemudian untuk pengujian insulasi panas nilai tertinggi didapatkan pada variasi D sebesar 3,27^{o}C dan untuk nilai terendah pengujian panas didapat dari variasi A sebesar 1,27 ^{o}C. Berdasarkan seluruh hasil dari penelitian Anhadi (2018) dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan serbuk kayu dan juga *fly ash* berdampak pada semakin baiknya kemampuan batako dalam menahan panas. Namun, penggunaan serbuk kayu tanpa *fly ash* berdampak pada rendahnya kuat tekan yang didapat jika dibandingkan dengan penggunaan serbuk kayu yang menggunakan *fly ash*.

2.2.5 Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton

Setiawati (2018) melakukan penelitian mengenai penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada material pembentuk beton. Penggunaan *fly ash* dikarenakan baik dari sifat fisik maupun kimiawinya dinilai mirip dengan semen. *Fly ash* sendiri merupakan limbah dan berpotensi berdampak buruk untuk lingkungan dikarenakan pada dasarnya *fly ash* adalah sisa pembakaran batu bara yang sangat halus dan karena kehalusannya ini menjadikan adanya potensi pencemaran udara. Selain itu, penanganan penimbunan *fly ash* pada lahan kosong yang masih sangat terbatas. Penelitian ini lebih menitikberatkan pengaruh *fly ash* pada nilai kuat tekan beton mutu tinggi khususnya ketika awal umur beton. Tujuan dari penelitian ini nantinya untuk mengetahui nilai kadar *fly ash* optimum pada campuran adukan beton. Jumlah varian yang akan dibuat adalah sebanyak lima variasi dengan penjabaran 1 variasi pembuatan beton normal dan 4 variasi pembuatan beton dengan penambahan *fly ash* dengan komposisi 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Masing-masing variasi akan dilakukan pengujian ketika telah mencapai umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Setiap variasi akan dibuat sebanyak 12 benda uji dengan jumlah total adalah 96 benda uji.

Hasil dan kesimpulan yang didapat berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk beton normal dan beton dengan penambahan *fly ash* adalah penggunaan *fly ash* komposisi 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% masih memenuhi kriteria kuat tekan beton yang direncanakan yaitu mutu K-300.

2.3 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan

Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka yang digunakan di atas, dapat dilihat perbedaan setiap penelitian pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Budirahardjo, dkk	Anhadi	Setiawati	Amali	Rafi
1.	Judul	Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako	Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Kayu dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Batako	Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Beton	Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicetak Secara Manual	Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara
2.	Tahun	2014	2018	2018	2019	2021
3.	Bahan Campuran	Sekam Padi	Serbuk Kayu dan *Fly Ash*	*Fly Ash*	Sekam Padi	Sekam Padi dan Abu Batu

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Budirahardjo, dkk	Anhadi	Setiawati	Amali	Rafi
4.	Tujuan Penelitian	Mengetahui pengaruh penambahan sekam padi terhadap kuat tekan mortar batako.	Mengetahui persentase *fly ash* dalam campuran batako serbuk kayu agar didapatkan kuat tekan optimum dan penyerapan air terendah.	Mengetahui komposisi *fly ash* sebagai bahan penyusun beton mutu tinggi agar didapatkan nilai kuat tekan optimum khususnya pada umur awal beton.	Mengetahui komposisi penyusun batako sekam padi agar memenuhi standar SNI-03-0349-1989 tentang bata beton dan mengetahui harga produksi sebuah batako hasil penelitian.	Mengetahui komposisi optimal dari batako sekam padi dengan menggunakan abu batu sebagai *filler* ditinjau dari segi aspek teknis, harga produksi, dan redaman suara yang kemudian akan dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon yang berada di pasaran.

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Budirahardjo, dkk	Anhadi	Setiawati	Amali	Rafi
5.	Parameter Pengujian	• Kuat Tekan • Densitas • Penyerapan Air	• Kuat Tekan • Penyerapan Air • Pengujian Insulasi Panas	• Kuat Tekan	• Kuat Tekan • Penyerapan Air • Kelayakan Harga Produksi	• Kuat Tekan • Penyerapan Air • Pengujian Redaman Suara • Kelayakan Harga Produksi

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Penggunaan batako sebagai bahan bangunan sudah terbilang cukup umum dalam lingkungan masyarakat. Biasanya batako digunakan sebagai bahan pengisi dinding pada bangunan. Batako adalah salah satu bahan bangunan yang terdiri dari campuran material pasir, semen, dan air. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton dijelaskan bahwa bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang terbuat dari bahan utama semen portland, air, dan agregat dan atau dengan bahan tambahan lainnya (*additive*) yang difungsikan sebagai pasangan dinding. Menurut Armendariz (2015) banyak faktor yang mempengaruhi kualitas atau mutu suatu batako, diantaranya seperti faktor air semen atau FAS, umur dari batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, kekuatan dan ukuran dari agregat, dan lain-lain. Mutu batako akan bertambah seiring dengan umur batako. Umur batako yang digunakan sebagai standar kekuatan batako yaitu pada umur 28 hari. Selain itu kekuatan batako dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Diusahakan ketika prosess pembuatan, campuran dibuat sepadat mungkin dengan cara pengepresan. Hal ini membantu membuat bahan-bahan penyusun batako merekat denga semen dan air.

Menurut Anhadi (2018) batako berdasarkan bahan pembuatannya dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu batako *trass* atau putih, batako semen, dan bata ringan.

a. Batako *trass* atau putih adalah batako yang bahan bakunya terdiri dari campuran *trass*, batu kapur, dan air. *Trass* sendiri adalah jenis tanah yang dari bebatuan gunung berapi yang sudah lapuk dan biasanya berwarna putih atau putih kecokelatan. Umumnya batako jenis ini memiliki ukuran dengan panjang 20-30 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm.

Gambar 3.1 Batako Trass

(https://www.99.co/blog/indonesia/jenis-batako/)

b. Batako semen adalah batako yang terbuat dari campuran semen dan pasir. Batako ini memiliki nama lain yaitu batako *press*. Untuk ukuran batako ini umumnya memiliki panjang 36 - 40 cm, tinggi 18 – 20 cm, dan tebal 8 – 10 cm.

Gambar 3.2 Batako Semen

(https://www.99.co/blog/indonesia/jenis-batako/)

c. Bata ringan adalah salah satu bahan bangunan penyusun dinding seperti bata merah dan batako. Jika dilihat sekilas, bata ringan tampak seperti beton pada umumnya namun bobotnya lebih ringan dibandingkan yang lain. Bata ringan biasanya terbuat dari campuran pasir kuarsa, semen, kapur, *gypsum*, dan alumunium pasta. Bata ringan memiliki ukuran 60 cm x 20 cm dengan tebal bervariasi antara 7 – 15 cm. Umumnya bata ringan memiliki berat volume sebesar 1850 kg/m^3 dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan.

Gambar 3.3 Bata Ringan

https://www.bukalapak.com/p/rumah-tangga

Di dalam SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding telah dijelaskan terkait klasifikasi dan syarat mutu beton yang harus dipenuhi agar sesuai standar.

3.3.1 Klasifikasi Batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 baik beton pejal maupun beton berlubang klasifikasi terhadap batako dibedakan menjadi empat tingkat mutu, yaitu :

a. Tingkat Mutu I

   Adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang menahan beban dan bisa juga untuk konstruksi yang tidak terlindung atau diluar atap.

b. Tingkat Mutu II

   Adalah bata beton yang digunakan pada konstruksi yang menahan beban saja, tidak dipergunakan pada konstruksi yang tidak terlindung (di dalam atap).

c. Tingkat Mutu III

   Adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak menahan beban seperti dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang masih terlindung (di dalam atap) dan permukaan dinding tersebut tidak boleh diplester.

d. Tingkat Mutu IV

   Adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak menahan beban seperti dinding penyekat dan konstruksi lainnya yang masih terlindung (di dalam atap) dan harus diplester.

3.3.2 Syarat Mutu

Mengacu pada SNI 03-0349-1989 syarat mutu yang ditetapkan pada bata beton adalah sebagai berikut.

1. Pandangan Luar
   a. Bidang permukannya harus tidak cacat;
   b. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan;
   c. Rusuk-rusuknya saling siku antara satu dengan yang lain;
   d. Sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Ukuran dan Toleransi

   Ukuran bata beton yang memenuhi syarat dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

No.	Jenis	Ukuran (mm)		
		Panjang	Lebar	Tebal
1.	Pejal	390 +3 atau -5	90 ± 2	100 ± 2
2.	Berlubang			
	a. Kecil	390 +3 atau -5	190 +3 atau -5	100 ± 2
	b. Besar	390 +3 atau -5	190 +3 atau -5	200 ± 3

Sumber : SNI 03-0349-1989

3. Syarat Fisis

Bata beton menurut SNI 03-0349-1989 harus memenuhi syarat fisis yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Syarat Fisis Bata Beton

No.	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlobang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Kuat desak bruto* rata-rata min.	Kg/cm^2	100	70	40	25	70	50	35	20
2.	Kuat desak 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 tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

3.2 Material Penyusun Batako

3.2.1 Sekam Padi

Menurut Budirahardjo (2014) sekam padi adalah bagian kulit terluar dari padi yang merupakan lapisan keras meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Ketika proses penggilingan, sekam nantinya akan terpisah dengan butir beras sehingga menjadi bahan limbah atau tidak terpakai. Namun akhir-akhir ini sudah banyak dilakukan penelitian terkait pemanfaatan sekam padi sebagai bahan penyusun batako. Menurut hasil dari beberapa penelitian, batako dengan komposisi sekam padi semakin banyak akan membuat berat dari batako tersebut menjadi lebih ringan. Menurut Sihombing (1988) dalam Budirahardjo dkk. (2014) komposisi kimia yang terdapat pada sekam padi adalah seperti pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Kimia Sekam Padi

Komponen	% Berat
Kadar A	32,40 – 11,35
Protein Kasar	1,70 – 7,26
Lemak	0,38 – 2,98
Ekstrak Nitrogen Bebas	24,70 – 38,79
Serat	31,37 – 49,92
Abu	13,16 – 29,04
Pentosa	16,94 – 21,95
Sellulosa	34,34 – 43,80
Lignin	21,40 – 46,97

Sumber : Sihombing (1988)

Sekam sekitar 20 - 30%, kemudian dedak antara 8 – 12%, dan beras giling antara 50 – 63,5% dari bobot awal gabah dihasilkan ketika proses penggilingan padi. Sekam padi sendiri memiliki massa jenis yang ringan, yaitu 70-110 kg/m^3. Menurut Budirahardjo dkk. (2014) Sekam juga dapat dimanfaatkan menjadi berbagai keperluan diantaranya adalah :

1. Zat kimia furturalnya yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai indsutri kimia.
2. Kandungan silika (SiO_2) yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran pada pembuatan semen Portland, bahan isolasi, husk-board dan campuran bata merah.
3. Dapat digunakan sebagai sumber energi. Kadar selulosa yang cukup tinggi dapat menghasilkan pembakaran yang lebih merata

3.2.2 Semen

Menurut Budirahardjo dkk. (2014) semen pozzolan adalah suatu bahan bangunan yang dapat membuat melekatnya unsur-unsur mineral lain sehingga menjadi satuan massa yang padat. Dengan kata lain, semen jika dicampur dengan air akan menghasilkan reaksi yang membuat suatu massa mengeras. Semen secamam ini disebut juga dengan semen hidrolis atau dapat juga disebut sebagai semen portland.

Menurut SNI 15-0302-2004, *Portland Pozzolan Cement* (PPC) adalah suatu semen hidrolis dari campuran homogen antara semen portland dan pozolan halus, yang produksinya dengan penggilingan secara bersaamaan klinker semen portland dan pozolan halus. Pozolan sendiri adalah suatu bahan yang mengandung silika dan alumina yang jika dicampur dengan air akan menghasilkan suatu reaksi secara kimia dan membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

Portland Pozzolan Cement menurut SNI 15-0302-2004 dibedakan menjadi 4 jenis dan penggunaan, yaitu sebagai berikut.

1. Jenis IP-U

   Semen jenis ini dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K

   Semen jenis ini juga dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, untuk tahan sulfat sedang, dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U

   Semen jenis ini dipergunakan pada pembuatan beton yang tidak mensyaratkan kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis P-K

   Semen jenis ini dipergunakan pada pembuatan beton yang tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi, tahan sulfat sedang, dan panas hidrasi rendah.

3.2.3 Abu Batu

Abu batu adalah hasil proses pengolahan batu pecaah menggunakan *stone crusher*. Abu batu sendiri merupakan hasil sampingan dari indsutri pemecah batu yang jumlahnya cukup banyak. Biasanya abu batu memiliki warna dan berbentuk butiran halus. Abu batu memiliki kriteria lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan di ayakan diameter 0,075 mm. Akhir-akhir ini sudah mulai banyak orang menggunakan abu batu bahan sampingan untuk kombinasi dari adukan beton. Pada penelitian Wibisono (2023) abu batu digunakan sebagai *filler* atau pengisi pada pembuatan batako. *Filler* menurut Zulfhazli dkk. (2016) pada beton atau mortar bertujuan untuk mengisi rongga yang kosong dalam campuran, sehingga diharapkan untuk meningkatkan daya ikat dan juga dapat meningkatkan stabilitas dari campuran. Sifatnya yang mengikat dan jika diberi air semakin mengeras sehingga abu batu juga dapat menjadi bahan alternatif dalam kombinasi bahan bangunan menggantikan semen.

3.2.4 Fly Ash

Fly ash atau abu terbang adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga listrik. Pada proses ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan karena limbah timbunan *fly ash* yang dihasilkan cukup banyak. Di Indonesia, *fly ash* tergolong kedalam kategori sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Dikarenakan dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, maka untuk menguranginya, *fly ash* dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai *filler* pada beton. Mengacu pada RSNI 2847:2018, penggunaan *fly ash* dapat mengganikan semen hingga 50%.

Menurut Anhadi (2018) *fly ash* sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti layaknya semen. Namun, dengan bantuan air dan ukuran partikelnya yang halus maka silika dan alumina yang terkandung dapat bereaksi secara kimia dengan

kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Spesifikasi *fly ash* sendiri menurut Anhadi (2018) berdasarkan SNI 03-6863-2002 terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. *Fly ash* jenis F, merupakan *fly ash* berasal dari pembakaran batubara berjenis antrasit pada suhu ± 1560^{o}C.
2. *Fly ash* jenis N, merupakan jenis *fly ash* berasal dari kalsinasi dari pozolan alam. Seperti tanah *diatomice, shale, tuft,* dan batu apung.
3. *Fly ash* jenis C, merupakan jenis *fly ash* yang berasal dari pembakaran lignit atau batu bara dengan kadar karbon sebesar 60%. *Fly ash* jenis ini memiliki sifat seperti semen.

Menurut (Anhadi, 2018) berdasarkan ASTM C618 Senyawa yang terkandung dari ketiga jenis *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Senyawa yang Terkandung dalam *Fly Ash*

Senyawa	Kelas Campuran Mineral		
	F (%)	N (%)	C (%)
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_2$, min,	70	70	70
SO_3, maks,	4	5	5
Kadar air, maks,	3	3	3
Alkali, Na2O, maks,	1,5	1,5	1,5

Sumber : ASTM C618 dalam Anhadi (2018)

3.2.5 Air

Air dalam proses pembuatan batako adalah satu bahan yang penting. Hal ini dikarenakan air digunakan untuk bereaksi dengan semen secara kimiawi. Reaksi kimia ini disebut hidrasi. Selain itu, air digunakan untuk membasahi agregat dan mempermudah pada pekerjaan beton. Air yang digunakan untuk campuran adalah air yang tidak mengandung bahan yang dapat menurunkan kualitas beton, seperti garam, asam alkali, minyak, dan bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan dampak serupa. Kekuatan dari batako sangat ditentukan dari jumlah air yang

digunakan. Suatu campuran komposisi beton tertentu membutuhkan jumlah air yang tertentu juga. Jika air yang digunakan terlalu banyak nanti akan berdampak banyaknya gelembung air ketika proses hidrasi telah selesai. Sebaliknya jika air yang digunakan terlalu sedikit, akan berdampak tidak selesainya seluruh proses hidrasi.

3.3 Pengujian Pada Batako

3.3.1 Uji Kuat Desak

Kuat tekan atau kuat desak adalah perbandingan dari besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji dibebani hingga hancur yang disebabkan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh mesin tekan. Mutu suatu batako ditentukan oleh nilai kuat tekannya, semakin besar nilai kuat tekan yang didapatkan maka mutu dari batako yang diuji dinilai tergolong tinggi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai kuat tekan adalah kepadatan, faktor air semen, kualitas dari material yang digunakan, sifat agregat, dan umur. Ali (2014) dalam Afriandi (2018) menyebutkan kekuatan beton sampai umur 28 hari akan meningkat secara signifikan, kemudian setelahnya kenaikannya akan kecil. Bahan penyusun yang digunakan sangat mempengaruhi laju kenaikan umur beton terutama pada bahan semen karena semen yang cenderung memperbaiki kinerja tekanannya. Berdasarkan SNI 03-1974-2011 mengenai uji kuat tekan beton, untuk menghitung nilai kuat tekan beton menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini.

$$fc' = \frac{P}{A} \quad \text{.....(3.1)}$$

dengan :

fc' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang melintang (mm^2)

3.3.2 Uji Penyerapan Air

Penyerapan air adalah perbandingan dari berat air yang mampu diserap oleh benda uji terhadap berat kering benda uji yang dinyatakan dalam satuan persen. Nilai kadar penyerapan air dipengaruhi oleh pori pada batako. Semakin banyak pori

yang terdapat pada batako maka semakin besar nilai kadar penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang. Pengujian penyerapan air ini dilakukan untuk mengetahui kadar air dalam batako dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini.

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{A-B}{B} \text{ x } 100\% \quad \text{.....(3.2)}$$

dengan :

A = Berat batako sebelum dikeringkan (kg)

B = Berat batako setelah dikeringkan (kg)

3.3.3 Kelayakan Harga Produksi

Perhitungan kelayakan harga produksi dilakukan dengan membandingkan antara harga pokok produksi batako penelitian dengan harga pokok produksi bata ringan di pasaran. Aspek-aspek yang nantinya dihitung dalam penelitian ini adalah biaya alat, biaya tempat, biaya operasional, biaya upah, biaya konsumsi, biaya papan dasar, biaya material, dan biaya tunjangan hari raya. Tujuan dari dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah batako bisa bersaing dengan batako dipasaran dan layak untuk diproduksi. Sebab itu, maka penting untuk dilakukan perhitungan nilai produksi agar kita tahu batako yang akan diproduksi akan memberikan keuntungan atau malah kerugian.

Selain harga produksi, dihitung pula Break Even Point (BEP) untuk penilaian kelayakan investasinya. Nilai BEP adalah dimana biaya-biaya pengeluaran (mulai dari modal awal (alat, tempat produksi, papan alas cetakan) sampai dengan modal kerja (material, tenaga kerja, dll), ditambah biaya overhead-biaya tidak langsung (listrik, air, sumbangan hari raya, dll) adalah sama dengan uang pemasukan dari penjualan produk batako. Nilai BEP adalah dihitung berdasarkan berapa jumlah produksi batako agar pengeluaran sama dengan pemasukan. Dengan mengetahui jumlah batako pada titik BEP, dapat diukur waktu BEP nya, atau waktu balik modalnya, dalam satuan bulan atau tahun.

3.3.4 Uji Daya Redam Suara Batako

Batako secara karakteristik selain memiliki keunggulan juga memiliki kekurangan. Salah satu kekurangan batako adalah kurangnya kemampuan batako dalam meredam suara. Maka dari itu, besarnya penyerapan batako dalam penelitian ini perlu untuk diukur sehingga kita dapat mengetahui sejauh mana material yang digunakan dapat mempengaruhi kemampuan batako dalam meredam suara. Untuk menentukan besar nilai daya redam suara Persamaan 3.3 di bawah ini.

$$\Delta = \Delta 1 - \Delta 2 \quad (3.3)$$

dengan :

Δ = Nilai daya redam suara (dB)
$\Delta 1$ = Selisih dari nilai yang terjadi pada ruang A antara pengujian dengan suara dan tanpa suara
$\Delta 2$ = Selisih dari nilai yang terjadi pada ruang B antara pengujian dengan suara dan tanpa suara

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu prosedur secara sistematis yang digunakan untuk mencapai tujuan penyelesaian tugas akhir sehingga mampu mendapatkan hasil yang rasional. Pada bab ini nantinya akan dijelaskan secara detail mengenai tahapan-tahapan selama proses penelitian tugas akhir dilakukan baik mulai pembuatan sampel, pengujian, hingga proses menganalisis data kemudian nanti disertai dengan bagan alir agar membuat gambaran keseluruhan proses penelitian menjadi semakin jelas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII dan sampel nantinya akan dilakukan pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi UII. Metode eksperimen adalah metode untuk mencari dampak suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkontrol. Variabel sendiri terbagi menjadi dua, yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikatnya adalah kekuatan desak, penyerapan air, harga pokok produksi, dan kemampuan meredam suaranya. Sedangkan untuk variabel bebasnya adalah ditambahkannya sekam padi pada komposisi campuran pembuatan batako.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

4.2.1 Persiapan Bahan

Sebelum membuat benda uji, kita perlu menyiapkan bahan-bahan dan alat-alat yang dibutuhkan.

1. Bahan

   Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :

   a. Abu batu, yaitu berfungsi sebagai bahan pengisi atau *filler* untuk menggantikan pasir pada batako. Pada penelitian ini, digunakan abu batu yang tersedia di PIMVM UII, Sleman, Yogyakarta.

b. *Fly ash*, kegunaannya sama seperti abu batu yaitu sebagai bahan pengisi atau *filler* utama pengganti pasir pada batako. *Fly ash* didapatkan dari *Batching Plant* Solusi Bangun Beton, Mutilan, Banguntapan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta.
c. Sekam padi, digunakan sebagai bahan tambah pada komposisi campuran batako
d. Semen, digunakan semen yang berada di PIMVM UII yaitu berjenis Semen *Portland* tipe I, merek Tiga Roda berfungsi untuk merekatkan semua komponen material campuran.
e. Air, digunakan agar semua komponen material dapat saling tercampur dengan merata. Air yang digunakan berasal dari air tanah pada PIMVM UII.

2. Alat

Alat-alat yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Timbangan

   Digunakan untuk menimbang material agar sesuai dengan perbandingan komposisinya.

b. Terpal

   Digunakan sebagai alas tempat untuk meletakkan batako setelah selesai dicetak dan untuk menutupi batako ketika hujan.

c. Saringan

   Saringan digunakan untuk menyaring abu batu maupun *fly ash* dari gumpalan-gumpalan.

d. Kotak Ember

   Digunakan untuk alat ukur takaran komposisi material.

e. Sekop

   Berfungsi untuk memindahkan bahan-bahan material yang kemudian nantinya akan ditakar pada kotak ember.

f. *Mixed Machine*

   Adalah mesin yang digunakan untuk mengaduk campuran semua bahan material untuk membuat batako agar tercampur dengan rata.

Gambar 4.1 *Mixer Machine*

g. Gelas Ukur

Digunakan untuk mengukur banyaknya air yang akan digunakan dalam komposisi campuran.

Gambar 4.2 *Gelas Ukur*

h. Cetakan Batako

Cetakan yang digunakan berukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm.

i. *Press Machine*

Adalah mesin yang digunakan untuk memadatkan bahan material pada cetakan yang telah ditempatkan dengan cara di tekan atau *press*.

Gambar 4.3 *Press Machine*

j. Papan kayu atau kanvas bekas

Digunakan sebagai tempat alas

k. Minyak solar

Berfungsi sebagai pelicin pada cetakan batako agar tidak lengket ketika dikeluarkan.

l. Kamera

Berfungsi untuk mendokumentasikan segala aktivitas maupun bahan material yang digunakan selama proses penelitian.

m. Alat Bantu

Seperti kantong plastik, kuas, alat tulis, buku, selotip, gunting, dan kalkulator.

4.2.2 Perencanaan Komposisi

Dalam pembuatan perencanaan komposisi penyusun batako digunakan satuan dalam volume untuk memudahkan peneliti ketika proses pencampuran. Dalam penelitian ini, digunakan sebanyak lima (5) campuran dengan perbedaan komposisi bahan setiap campuran. Setiap campuran akan dibuat sebanyak 8 sampel dengan skema 5 sampel untuk uji kuat tekan, 1 sampel untuk uji resapan air, 1 sampel untuk uji kemampuan insulasi suara, dan 1 sampel untuk uji redaman panas. Sehingga total sampel yang akan dibuat nantinya adalah berjumlah 40 buah. Bata ringan bermerk Falcon yang berada di pasaran akan digunakan sebagai pembanding dari batako hasil penelitian. Proses pencetakan benda uji menggunakan mesin cetak berpenggetar. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum sendiri komposisi pada batako telah diatur, yaitu 75% pasir, 20% semen, dan 5% air. Selain itu, penelitian ini mengacu pada penelitian Rafi (2021) yang meneliti tentang batako sekam padi dengan menggunakan abu batu. Namun, pada penelitian ini tidak hanya menggunakan abu batu, melainkan juga *fly ash* sehingga dapat diketahui apakah dengan penambahan abu batu dan *fly ash* akan dapat meningkatkan kuat tekan dari batako sekam padi atau tidak jika dibandingkan dengan penggunaan abu batu saja. Untuk lebih jelasnya mengenai perencanaan komposisi yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako

Varian	Komposisi Dalam Volume			
	PC	Filler		Sekam Padi
		Abu Batu	Fly Ash	
I	1	0,5	0,5	2
II	1	0,5	0,5	3
III	1	0,5	0,5	4
IV	1	0,5	0,5	5
V	1	0,5	0,5	6

4.2.3 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah dalam pembuatan batako terbagi menjadi 3 tahap, yaitu : persiapan, pencampuran bahan susun, kemudian pencetakan.

1. Tahap Persiapan
    a. Mempersiapkan bahan-bahan seperti sekam padi, abu batu dan juga *fly ash* yang telah diambil dari tempat asalnya.
    b. Memindahkan material-material ke saringan dengan menggunakan sekop.
    c. Menyaring abu batu dan *fly ash* menggunakan saringan agar terpisah dengan material yang menggumpal. Kemudian dipindahkan ke kotak ember hingga penuh namun dengan catatan tidak boleh ditekan, cukup diratakan pada bagian atas permukaannya.
    d. Kemudian siapkan kantong plastik sebagai tempat untuk memasukkan material yang telah diukur menggunakan kotak ember sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan pada komposisi di setiap variasi kemudian nanti akan dilabeli menggunakan kertas dan pena. Hal ini dilakukan diawal dengan tujuan untuk mempermudah ketika proses pencampuran bahan susun, karena material sebelumnya sudah diukur sehingga hanya tinggal dimasukkan kedalam campuran sesuai dengan kebutuhan.
2. Tahap Pencampuran Bahan Susun Batako
    a. Bersihkan dahulu *mixer machine* dari bahan-bahan yang tertinggal.
    b. Basahi sedikit pada setiap sisi *mixer machine* dengan tujuan agar ketika proses pencampuran dilakukan tidak terjadi resapan pada sisi *mixer* yang nantinya dapat mengurangi berat volume air.
    c. Memasukkan bahan-bahan dengan urutan sekam padi, abu batu, *fly ash*, sambil diaduk dengan perlahan. Kemudian selanjutnya dicampurkan semen hingga campuran merata lalu ditambahkan air secukupnya menggunakan gelas ukur hingga dirasa campuran ketika digenggam menggunakan tangan tidak pecah ketika genggaman tangan dibuka. Air yang ditambahkan tadi kemudian dicatat untuk mengetahui nilai fas nya. Proporsi campuran banyaknya menyesuaikan seperti pada Tabel 4.1.

Gambar 4.4 Proses Memasukkan Bahan Penyusun Batako

d. Campuran tadi diaduk menggunakan *mixer machine* hingga semua bahan tercampur dengan merata.
e. Bahan-bahan yang sudah tercampur kemudian dikeluarkan dengan cara membuka penutup bagian bawah yang kemudian nantinya akan dicetak menggunakan mesin cetak.

Gambar 4.5 Proses Mengeluarkan Bahan Setelah Tercampur

f. Sebelum campuran di *press* menggunakan mesin, ditambahkan campuran 1 PC dan 4 pasir dengan tujuan melapisi agar ketika di *press* batako bagian permukaannya rapi dan rata. Untuk lapisannya sendiri memiliki ketebalan berkisar antara 4-5 mm.

3. Tahap Pencetakan Batako.
   a. Sebelum dicetak, pada bagian bawah mesin cetak diberi alas kayu yang diberi lapisan plastik tebal agar tidak menyerap air.
   b. Pada bagian setiap sisi bagian dalam cetakan dilapisi dengan minyak solar agar lebih mempermudah ketika cetakan dilepas yang dikhawatirkan akan merusak bentuknya. Cetakan batako yang digunakan diatur dalam posisi tidur.
   c. Adukan batako sekam padi kemudian dimasukkan kedalam cetakan sambil digetarkan secukupnya agar padat.
   d. Pada bagian atas diberikan campuran 1 PC dan 4 pasir agar batako ketika dicetak didapatkan pada bagian atasnya rata.
   e. Setelah siap maka kemudian dilakukan pengepressan dengan cara dilepaskan beban dari bagian atas batako sambil digetarkan secukupnya.
   f. Angkat tuas beban dan cetakan kemudian pindahkan batako pada tempat kosong yang telah disediakan untuk kemudian menunggu hingga dirasa umur batako telah cukup memenuhi persyaratan untuk dilakukan pengujian.

Gambar 4.6 Hasil Batako Yang Telah Dipress

4.3 Prosedur Analisis Data

Data yang dibutuhkan dikumpulkan dengan cara mengamati selama proses produksi berlangsung, melalui pengujian di laboratorium, melalui analisis harga pokok produksi, analisis data dan pembahasan, kemudian kesimpulan.

4.3.1 Pengumpulan Data Melalui Pengamatan Selama Proses Produksi

Pada proses ini data didapatkan dengan cara mengamati setiap detail selama proses produksinya berlangsung. Mulai dari berapa lama waktu yang diperlukan dari proses pencampuran hingga pencetakan dan pemindahan ke tempat yang lebih teduh, kemudian pengukuran volume yang digunakan untuk membuat satu buah batako, dan juga berapa buah batako yang dapat diproduksi selama satu hari.

4.3.2 Pengumpulan Data Melalui Pengujian Laboratorium

Pada proses ini data didapatkan melalui pengujian laboratorium terkait pengujian bahan susun seperti berat volumenya, kemudian pengujian pada sampel batako dan bata ringan terkait kuat tekan, resapan air, dan redaman suara. Pengujian dilakukan terhadap sampel yang telah berumur 28 hari.

1. Pengujian Kuat Desak

Sampel yang diuji kuat desak nantinya masing-masing berjumlah 30 sampel dengan 5 sampel tiap variannya dan 5 sampel dari bata ringan. Sebelum dilakukan pengujian, sampel dicek terlebih dahulu apakah sudah tegak lurus atau belum. Cara mengeceknya adalah dengan meletakkan sampel diatas meja lurus kemudian ditempelkan dengan penggaris siku. Jika sampel belum tegak lurus, harus ditambahkan adukan semen : abu batu sebanyak 1:1 agar bisa berdiri tegak 90^{o}. Pengujian kuat tekan menggunakan alat uji desak manual di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

Gambar 4.7 Pengecekan Tegak Lurus Batako

Untuk langkah-langkah pengujian kuat desak adalah sebagai berikut :

a. Pemberian nama atau kodefikasi kepada batako agar mudah menganalisa dalam memberikan data ketika ditimbang maupun ketika uji kuat desak
b. Letakkan pelat dibawah mesin uji tekan diatas meja tekan secara simetris kanan kirinya.
c. Letakkan benda uji secara tegak lurus dengan posisi berdiri kemudian diletakkan lagi pelat diatas benda uji simetris kanan kirinya.
d. Pemasangan dial pengukur penurunan selama proses pembebanan.
e. Nyalakan mesin uji kuat desak dan kemudian catat pembebanan maksimal yang dicapai.

Gambar 4.8 Batako Sebelum Diuji Tekan

f. Berikut dapat dilihat pada Gambar 4.9 benda uji yang hancur setelah dilakukan uji kuat desak.

Gambar 4.9 Batako Setelah Diuji Tekan

2. Pengujian Resapan Air

Pengujian penyerapan air digunakan total sebanyak 6 sampel dengan 1 sampel tiap varian dan 1 sampel dari bata ringan yang dipotong-potong menjadi 4 bagian sama besar kemudian diberi kodefikasi pada tiap bagian. Pengujian penyerapan air dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Langkah-langkah untuk uji penyerapan air adalah sebagai berikut :

a. Menimbang benda uji dengan timbangan yang memiliki ketelitian 0,5% dari berat contoh uji.
b. Potong 1 buah batako menjadi 4 bagian sama besar.

Gambar 4.10 Batako Setelah Dipotong Menjadi Empat Bagian

c. Masukkan benda uji kedalam air bersuhu ruangan dengan lama 24 jam. Kemudian angkat dan tiriskan selama kurang lebih 1 menit, dan usap permukaan batako dengan kain lembab agar air yang berlebih dapat terserap oleh kain lembannya. Kemudian timbang benda uji (A).

Gambar 4.11 Proses Perendaman Batako Selama 24 Jam

d. Masukkan benda uji yang telah ditimbang kedalam tungku pengering pada suhu 105 ± 5 ^{o}C selama 24 jam.

Gambar 4.12 Proses Pengeringan Batako Setelah Direndam

e. Timbang kembali batako yang telah dikeringkan (B).
f. Hitung penyerapan air yang terjadi pada batako menggunakan rumus.

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

3. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan kepada 5 buah sampel setiap varian yang nantinya akan duji tekan dengan menggunakan timbangan dan penggaris pengukur panjang di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah langkah-langkah pengujian berat volume :

a. Pemberian nama pada batako.
b. Pengukuran dimensi panjang, lebar dan tebal batako.

Gambar 4.11 Pengukuran Dimensi Batako

c. Perhitungan volume berdasarkan dimensi batako.
d. Pengukuran berat batako menggunakan timbangan.

4. Pengujian Daya Redam Suara

Pengujian daya redam suara menggunakan total 6 benda uji dengan 1 sampel pada setiap varian dan 1 sampel bata ringan. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *sound level meter* di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah langkah-langkah pengujian daya redam suara :

a. Persiapkan sampel batako yang akan diuji coba.

b. Menyiapkan panel akrilik sebagai simulasi seperti pengganti dinding. Ruangan pada panel akrilik dianggap sebagai ruangan untuk dilakukan penelitian.
c. Meletakkan batako ditengah ruangan sebagai pemisah.
d. Meletakkan *sound level meter* pada setiap ruang.
e. Nyalakan sumber suara yang berasal dari *smartphone* yang telah diletakkan didalam panel akrilik. Sumber suara yang digunakan adalah suara hujan yang konstan dan stabil.
f. Amati dan catat perubahan angka pada *sound level meter*.

Untuk sketsa pengujian daya redam suara dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut ini.

Gambar 4.14 Pengujian Daya Redam Suara

4.3.3 Pengumpulan Data Melalui Analisis Harga Pokok Produksi

Proses pengumpulan melalui data analisis harga pokok produksi tidak hanya berdasarkan pengamatan proses produksi batako, namun survei terkait harga bahan seperti semen, abu batu, dan *fly ash* juga perlu dilakukan. Survei dilakukan dengan wawancara dengan pihak yang terkait sesuai dengan data yang diperlukan.

1. Objek Penelitian

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

2. Data yang dibutuhkan

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

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

3. Metode Pengumpulan Data
   a. Wawancara
   b. Dokumentasi
   c. Studi Pustaka

Setelah harga produksi dapat dihitung, dilanjutkan dengan perhitungan BEP (Break Even Point), yaitu titik dimana pengeluaran sama dengan pemasukan atau titik balik modal. Nilai BEP dihitung berdasarkan berapa jumlah batako yang diproduksi dan terjual sehingga pengeluaran sama dengan pemasukan.

4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

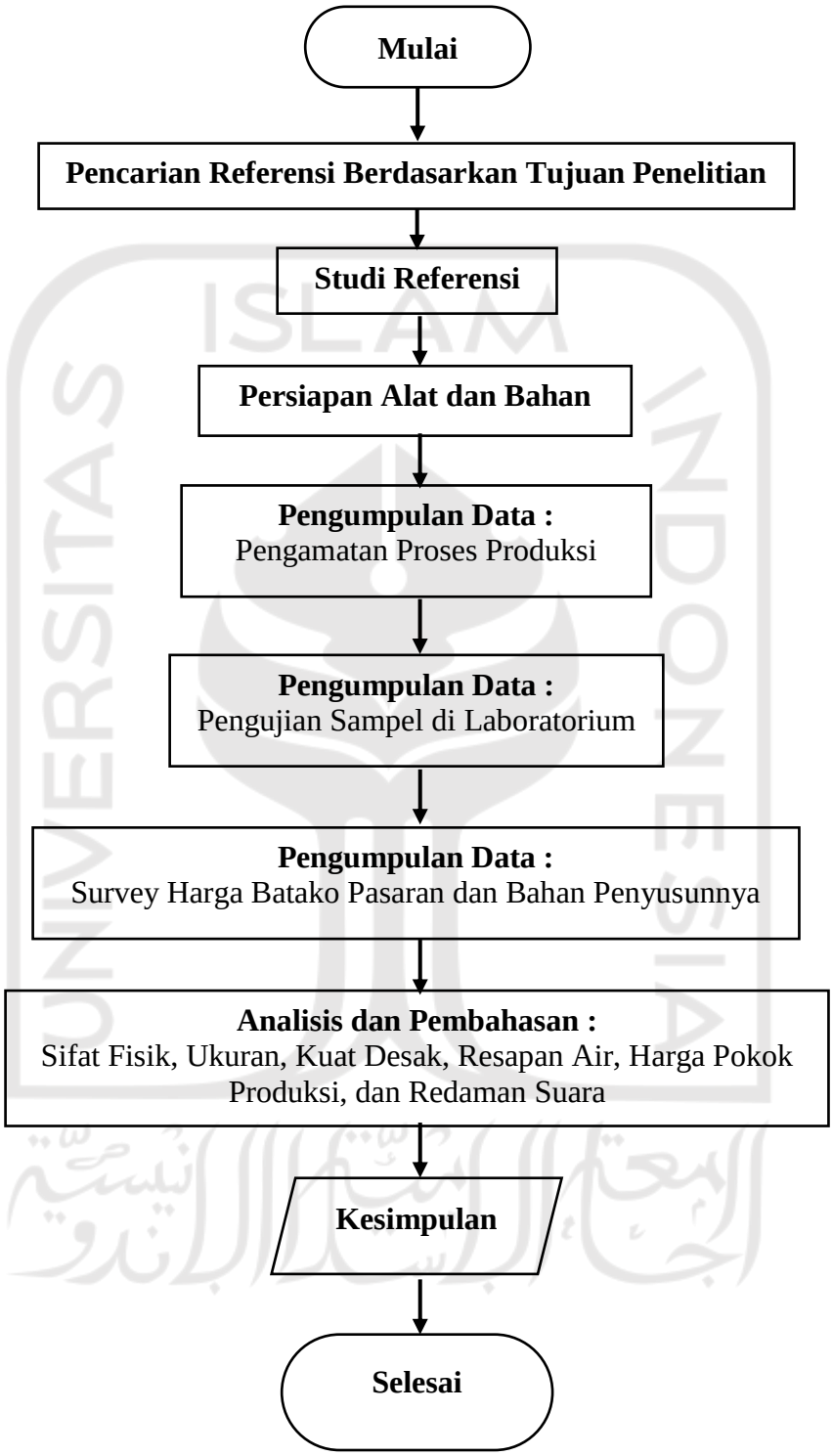
Data-data yang didapat kemudian dianalisis untuk dapat diketahui varian batako mana yang paling optimum. Yang dimaksud optimum adalah batako yang aspek teknisnya telah memenuhi standar SNI dan memiliki harga produksi yang paling murah.

4.3.5 Tahap Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dijelaskan hasil yang telah didapat dari data yang telah dianalisis pada tahap analisis data dan pembahasan. Pada tahap ini dijelaskan kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan terarah dan memiliki hasil yang baik, maka diperlukan adanya bagan alir sistematika pengerjaan penelitian yang benar. Terkait bagan alir penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.12 *Flowchart* Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini kemudian akan dilakukan analisis dan pembahasan terhadap data yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII (PIMVM) dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil (BKT). Data nantinya diolah hingga tercapai sesuai dengan tujuan penelitian.

5.2 Hasil Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan pada bahan penyusun batako seperti sekam padi, semen, abu batu, dan juga *fly ash.* Pengujian ini penting untuk dilakukan agar dapat diketahui jumlah kebutuhan bahan untuk pembuatan batako. Kemudian, berat volume batako yang sudah kering nantinya akan dibandingkan dengan berat volume bata ringan merek Falcon.

1. Pengujian Berat Volume Bahan
   a. Berat Bahan

      Pemeriksaan bahan yang akan dilakukan nantinya meliputi berat volume (BV) semen, sekam padi, abu batu, dan *fly ash*. Pemeriksaan bahan ini bertujuan untuk memperoleh data terkait kelayakan bahan untuk digunakan sebagai campuran. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan – Bahan Susun

Berat Semen (kg)	Berat Abu Batu (kg)	Berat Fly Ash (kg)	Berat Sekam Padi (kg)
11,770	15,170	13,470	1,240

b. Volume Ember Ukur

Pada penelitian ini ember ukur yang digunakan memiliki dimensi 39,5 cm x 31,5 cm x 12,5 cm. Untuk mendapatkan volumenya dapat dilihat pada rumus dibawah ini.

Volume ember ukur = Panjang x lebar x tinggi

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

= 15553,13 cm^3

= 0,0156 m^3

c. Berat Volume Bahan

Nilai berat bahan yang telah didapatkan dari pengukuran menggunakan timbahan nantinya akan dibagi dengan volume ember ukur sehingga akan didapatkan nilai dari berat volume masing-masing bahan. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut.

1) Berat Volume Semen $= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}}$

$= \frac{11{,}770}{0{,}0156}$

= 754,487 kg/m^3

2) Berat Volume Abu Batu $= \frac{\text{Berat Abu Batu}}{\text{Volume Ember Ukur}}$

$= \frac{15{,}170}{0{,}0156}$

= 972,436 kg/m^3

3) Berat Volume *Fly Ash* $= \frac{\text{Berat } \textit{Fly Ash}}{\text{Volume Ember Ukur}}$

$= \frac{13{,}470}{0{,}0156}$

= 863,462 kg/m^3

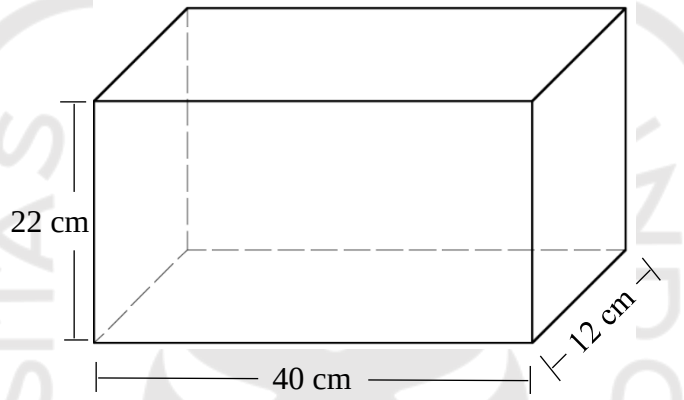
4) Berat Volume Sekam Padi $= \frac{\text{Berat Sekam Padi}}{\text{Volume Ember Ukur}}$

$= \frac{1{,}240}{0{,}0156}$

= 79,487 kg/m^3

2. Pengujian Berat Volume Batako

Volume batako didapatkan dari perhitungan dimensi batako (panjang, lebar, dan tinggi) sebelum pengujian kuat desak. Terkait sketsa batako dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Batako Pejal

Berdasarkan Gambar 5.1 diatas, maka dapat dihitung volume batako dengan perhitungan dibawah ini.

Volume Batako Pejal = P x L x T
= 40 x 12 x 22
= 10560 cm^3
= 0,01056 m^3

Kemudian didapatkan berat volume batako adalah sebagai berikut.

Berat Volume Batako $= \frac{\text{Berat Kering Batako}}{\text{Volume Batako}}$
$= \frac{13,39}{0,01056}$
= 1267,992 kg/m^3

Berikut dapat dilihat perhitungan berat volume dari masing-masing variasi pada Tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Berat Volume Batako

Variasi	Berat (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Berat Volume (kg/m^3)	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
Batako Sekam Padi Variasi I	13950	0,4	0,12	0,22	0.01056	1267.99	1255.30
	14350					1303.03	
	12950					1199.81	
	14650					1311.55	
	15100					1194.13	
Batako Sekam Padi Variasi II	11700	0,4	0,12	0,22	0.01056	1236.74	1241.10
	10400					1227.27	
	8750					1232.01	
	12075					1223.48	
	9900					1285.98	
Batako Sekam Padi Variasi III	6250	0,4	0,12	0,22	0.01056	1014.20	985.80
	5350					978.22	
	5775					971.59	
	5350					1005.68	
	6400					959.28	
Batako Sekam Padi Variasi IV	3430	0,4	0,12	0,22	0.01056	906.25	917.61
	3850					965.91	
	3860					901.52	
	3770					919.51	
	3010					894.89	
Batako Sekam Padi Variasi V	1600	0,4	0,12	0,22	0.01056	761.36	793.75
	1740					782.20	
	1930					804.92	
	1900					794.51	
	2150					825.76	
Bata Ringan Merek Falcon	15300	0,6	0,1	0,2	0.01200	858.33	856.67
	16150					858.33	
	13750					858.33	
	16700					858.33	
	16100					850.00	

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 5.2 didapatkan berat volume tertinggi pada batako sekam padi variasi I dengan perbandingan komposisi 1 : 0,5 : 0,5 : 2 dengan nilai sebesar 1255,30 kg/m^3 dan pada bata ringan merek Falcon didapatkan berat volume sebesar 856,67 kg/m^3 yang masih lebih besar dibandingkan batako sekam padi variasi V. Dari keseluruhan data yang diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar komposisi sekam padi yang digunakan maka akan berdampak pada semakin kecil berat volume yang didapat. Kemudian, seluruh variasi batako dari I hingga V jika melihat data maka dapat dikategorikan sebagai batako ringan karena memiliki berat volume yang kurang dari 1400 kg/m^3.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Agar dapat diketahui kebutuhan bahan penyusun batako, maka perbandingan volume campuran harus terlebih dahulu diubah menjadi perbandingan berat. Agar lebih jelasnya, dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Tabel 5.3 Perbandingan Campuran Batako

Variasi	Komposisi Dalam Volume				Jumlah Perbandingan	Jumlah Sampel
	PC	Abu Batu	*Fly Ash*	Sekam Padi		
I	1	0.5	0.5	2	4	8
II	1	0.5	0.5	3	5	8
III	1	0.5	0.5	4	6	8
IV	1	0.5	0.5	5	7	8
V	1	0.5	0.5	6	8	8

1. Analisis Perhitungan

   a. Kebutuhan semen untuk 1 batako $= \frac{1}{4}$ x V Batako x BV Semen

   $= \frac{1}{4}$ x 0,01056 x 754,487

   = 1,993 kg

   b. Kebutuhan semen untuk 8 batako = 8 x 1,993

= 15,983 kg

c. Kebutuhan abu batu untuk 1 batako = $\frac{0.5}{4}$ x V Batako x BV abu batu

= $\frac{0.5}{4}$ x 0,01056 x 972,436

= 1,287 kg

d. Kebutuhan abu batu untuk 8 batako = 8 x 1,274

= 10,300 kg

e. Kebutuhan *fly ash* untuk 1 batako = $\frac{0.5}{4}$ x V Batako x BV *fly ash*

= $\frac{0.5}{4}$ x 0,01056 x 863,462

= 1,143 kg

f. Kebutuhan *fly ash* untuk 8 batako = 8 x 1,143

= 9,146 kg

g. Kebutuhan sekam padi untuk 1 batako = $\frac{2}{4}$ x V Batako x BV sekam padi

= $\frac{2}{4}$ x 0,01056 x 79,487

= 0,421 kg

h. Kebutuhan sekam padi untuk 8 batako = 8 x 0,421

= 3,368 kg

Berdasarkan analisis perhitungan diatas, didapatkan rekapitulasi hasil kebutuhan bahan setiap variasi batako pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Komposisi Campuran Batako

Variasi Campuran	Semen (kg)	Abu Batu (kg)	*Fly Ash* (kg)	Sekam Padi (kg)	Jumlah Sampel
I	15,983	10,300	9,146	3,368	8
II	12,786	8,240	7,317	4,041	8
III	10,655	6,867	6,097	4,490	8
IV	9,133	5,886	5,226	4,811	8
V	7,991	5,150	4,573	5,051	8

5.4 Data Hasil Pengujian Sampel Batako

5.4.1 Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk diketahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh batako. Dari data beban maksimum yang didapat nantinya kemudian akan diolah hingga didapatkan nilai kuat tekannya. Cara pengujiannya adalah sampel ditekan menggunakan *compression machine* atau alat uji tekan yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Batako yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah batako yang telah memiliki umur 27 hari. Total batako yang digunakan berjumlah sebanyak 5 buah setiap variasi sehingga total mencapai 25 buah ditambah dengan 5 bata ringan bermerk Falcon yang akan digunakan sebagai pembanding. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 kuat tekan rata-rata minimum untuk bata pejal adalah 25 kg/cm^2. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan kuat tekan pada salah satu batako variasi I.

Beban maksimum (P) = 13950 kg

Luas Penampang (A) = 480 cm^2

Kuat tekan $= \frac{P}{A}$

$= \frac{13950}{480}$

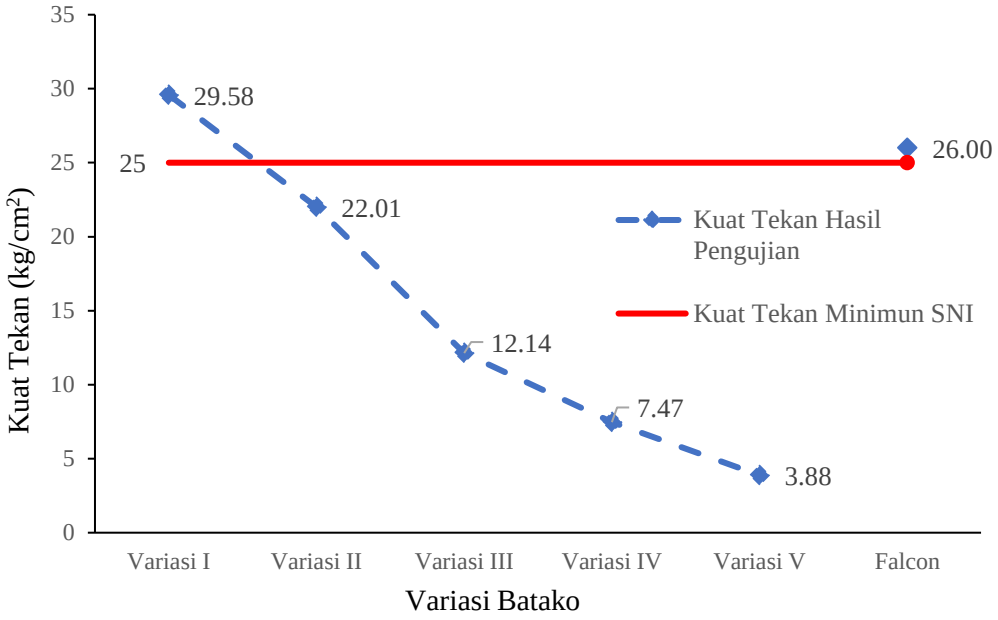
$= 29{,}063$ kg/cm^2

Menggunakan metode perhitungan yang sama seperti contoh diatas, maka diketahui kuat tekan seluruh sampel batako variasi I sampai V dan bata ringan Falcon pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	No. Sampel	Beban Maksimum (kg)	Luas Penampang (cm^2)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
I	1	13950	480	29,063	29,583
	2	14350		29,896	
	3	12950		26,979	
	4	14650		30,521	
	5	15100		31,458	
II	1	11700	480	24,375	22,010
	2	10400		21,667	
	3	8750		18,229	
	4	12075		25,156	
	5	9900		20,625	
III	1	6250	480	13,021	12,135
	2	5350		11,146	
	3	5775		12,031	
	4	5350		11,146	
	5	6400		13,333	
IV	1	3430	480	7,146	7,467
	2	3850		8,021	
	3	3860		8,042	
	4	3770		7,854	
	5	3010		6,271	
V	1	1600	480	3,333	3,883
	2	1740		3,625	
	3	1930		4,021	
	4	1900		3,958	
	5	2150		4,479	
Falcon	1	15300	600	25,50	26,000
	2	16150		26,92	
	3	13750		22,92	
	4	16700		27,83	
	5	16100		26,83	

Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada Tabel 5.5 di atas, dapat diilihat grafik perbandingan campuran batako sekam padi dengan kuat tekan pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Grafik Kuat Tekan Batako dan Bata Ringan

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan batako yang nilai kuat tekannnya memenuhi standar SNI adalah batako sekam padi dengan variasi I dengan nilai kuat tekan sebesar 29,583 kg/cm^2. Hasil ini memiliki nilai kuat tekan lebih baik 13,781% dibandingkan dengan bata ringan bermerek Falcon dengan nilai kuat tekan sebesar 26 kg/cm^2. Dapat dilihat juga semakin bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran maka nilai kuat tekan yang didapat akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena penambahan komposisi sekam padi yang semakin banyak namun tidak diikuti dengan penambahan semen, abu batu dan *fly ash* nya juga makan akan berdampak pada semakin banyaknya rongga yang terdapat pada batako dan abu batu dan *fly ash* yang berfungsi sebagai *filler* tidak dapat memenuhi rongga pada batako dengan sempurna.

5.4.2 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap oleh batako ketika direndam dalam air. Pengujian dimulai dengan pengukuran berat batako sebelum direndam. Kemudian, benda uji dilakukan perendaman selama kurun waktu selama 24 jam. Setelahnya, batako diangkat dari lokasi perendaman kemudian ditiriskan dan diukur beratnya. Selisih dari berat batako setelah perendaman dan sebelum perendaman adalah nilai resapan airnya. Digunakan sebanyak 1 benda uji setiap variasi yang kemudian dipotong menjadi 4 bagian sama besar, sehingga total benda uji yang digunakan sebanyak 24 buah. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, penyerapan air maksimum untuk bata beton pejal adalah 25%. Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

Berat Basah (A) = 3,356 kg

Berat Kering (B) = 2,793 kg

Daya Serap Air $= \frac{A - B}{B} \times 100\%$

$= \frac{3,356 - 2,793}{2,793} \times 100\%$

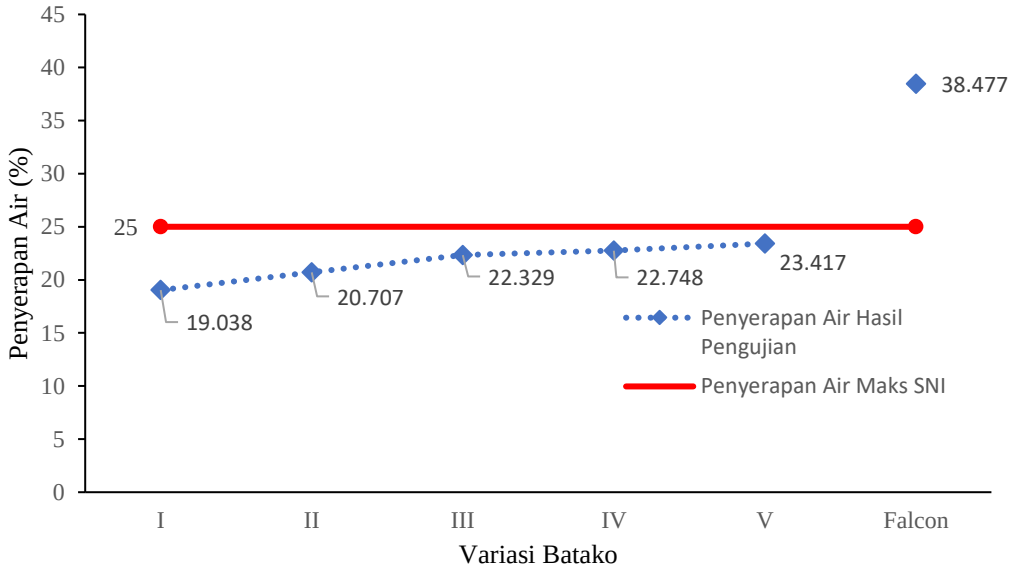
$= 20,158\ \%$

Kemudian, dengan metode perhitungan yang sama seperti contoh diatas didapatkan hasil persentase penyerapan air dari seluruh variasi benda uji dan bata ringan seperti pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	No. Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
I	1	3,356	2,793	20,158	19,038
	2	3,356	2,873	16,812	
	3	3,397	2,782	22,106	
	4	3,366	2,875	17,078	
II	1	3,384	2,620	29,160	20,707
	2	3,227	2,720	18,640	
	3	3,270	2,913	12,255	
	4	3,143	2,560	22,773	
III	1	2,751	2,232	23,253	22,329
	2	2,937	2,360	24,449	
	3	2,894	2,401	20,533	
	4	2,952	2,438	21,083	
IV	1	2,830	2,229	26,963	22,748
	2	2,956	2,496	18,429	
	3	2,732	2,225	22,787	
	4	2,918	2,376	22,811	
V	1	2,521	2,028	24,310	23,417
	2	2,542	2,196	15,756	
	3	2,535	2,024	25,247	
	4	2,621	2,042	28,355	
Falcon	1	2,636	1,995	32,130	38,477
	2	2,683	1,846	45,341	
	3	2,599	2,003	29,755	
	4	2,718	1,853	46,681	

Berdasarkan data hasil pengujian serap air seluruh variasi seperti pada Tabel 5.6 diatas, maka dapat dibuat kurva hubungan antara variasi batako dengan nilai penyerapan airnya pada Gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5.3 Kurva Penyerapan Air Batako dan Bata Ringan

Dari data diatas, didapatkan bahwa seluruh variasi batako dari I sampai V sudah memenuhi standar maksimum dari SNI. Nilai penyerapan air optimum didapatkan pada batako variasi I dengan nilai 19,038%. Sedangkan bata ringan merek Falcon masih belum memenuhi standar dengan nilai penyerapan airnya sebesar 38,477%. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi variasi batako yang artinya semakin tinggi juga penggunaan sekam padi pada batako maka akan menyebabkan semakin tinggi juga nilai penyerapan air yang dihasilkan. Penambahan penggunaan sekam padi pada batako berbanding lurus dengan semakin banyak dan besarnya rongga yang dihasilkan, sehingga semakin banyak juga air yang dapat diserap oleh batako.

Penggolongan batako berdasarkan nilai penyerapan airnya telah diatur didalam SNI 03-0349-1989. Berikut dapat dilihat penggolongannya pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi

Variasi	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Batako	Fungsi Batako
I	19,038	I	Di Luar Atap
II	20,707	I	Di Luar Atap
III	22,329	I	Di Luar Atap
IV	22,748	I	Di Luar Atap
V	23,417	I	Di Luar Atap
Falcon	38,477	-	-

Setelah digolongkan, diketahui bahwa batako sekam padi dari variasi I sampai V masuk kedalam kategori mutu I yaitu dapat digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap). Sedangkan untuk bata ringan merek Falcon tidak masuk kedalam kategori manapun menurut SNI, karena batas maksimal untuk kategori mutu I adalah 25% dan untuk kategori mutu II adalah 35%.

5.4.3 Hasil Pengujian Redaman Suara

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 1 benda uji dari setiap variasi sehingga total menggunakan 5 buah benda uji ditambah 1 buah bata ringan bermerk Falcon. Alat yang digunakan berupa 2 buah *soundlevel meter*, 2 buah kaca akrilik yang dibentuk kubus dengan anggapan sebagai ruangan, dan 1 buah *smartphone* sebagai sumber suara. Ruangan sebelah kiri diberi nama ruang A, sedangkan ruang sebelah kanan diberi nama ruang B. Sebelum dilakukan pengujian, harus dipastikan dulu kondisi ruangan dalam keadaan hening atau tanpa suara, sehingga alat dapat menangkap besar nilai suara dengan lebih akurat. Kemudian, dikedua buah kaca akrilik dipasangkan *soundlevel meter* lalu di ruang A diletakkan 1 buah *smartphone*, dan ditengah-tengah antara kedua buah kaca diletakkan sebuah batako dengan posisi berdiri dengan dianggap sebagai dinding. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kemampuan dari batako sekam padi dengan bata ringan Falcon dalam meredam suara yang berasal dari suara yang dihasilkan oleh *smartphone*. Setelah dilakukan penelitian, dapat dilihat keseluruhan hasil yang didapatkan pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Redaman Suara

Variasi	Tanpa Suara (dB)		Dengan Suara (dB)	
	Ruang A	Ruang B	Ruang A	Ruang B
I	30,7	31,3	92,9	67,3
II	31,5	31,2	93,9	68,1
III	30,3	31,2	93,7	69,7
IV	32,4	31,3	91,8	70,6
V	30,7	30,1	92,6	72,3
Falcon	33	31,3	93,8	59,6

Setelah didapatkan data melalui pengujian, maka langkah selanjutnya adalah dengan dilakukan pengolahan terhadap keseluruhan data tersebut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan sederhana. Selisih yang terjadi pada ruang A antara menggunakan suara dengan tidak diasumsikan dengan Δ1, sedangkan selisih yang terjadi pada ruang B antara menggunakan suara dengan tidak diasumsikan sebagai Δ2. Kemudian, akan didapatkan nilai daya redam suara dengan mengurangkan Δ1 dengan Δ2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan menggunakan batako variasi I dibawah ini.

a. Mencari nilai Δ1

Δ1 = 92,9 – 30,7

= 62,2 dB

b. Mencari nilai Δ2

Δ2 = 67,3 – 31,3

= 36 dB

c. Mencari nilai Δ

Δ = 62,2 – 36

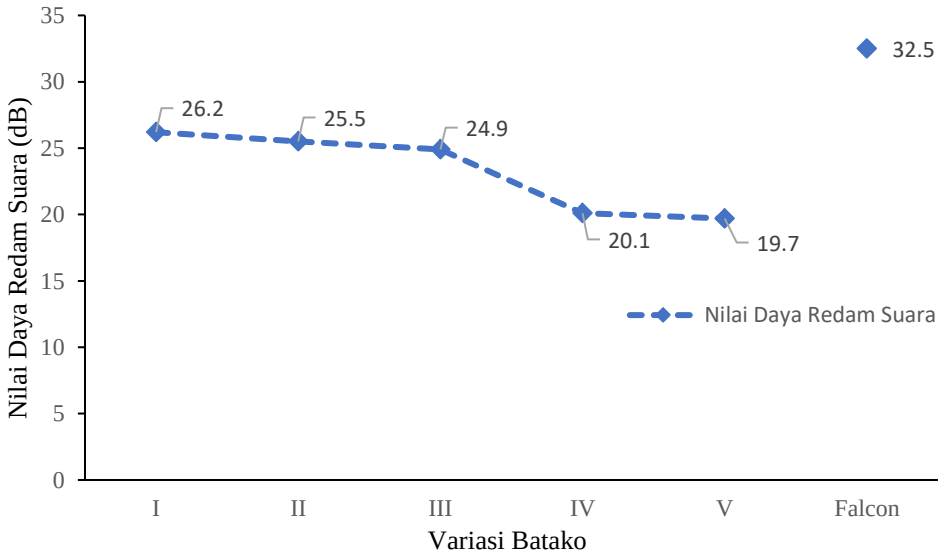
= 26,2 dB

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama, maka diketahui hasil perhitungan nilai daya redam dari batako seluruh variasi pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Nilai Daya Redam Suara

Variasi	Δ1 (dB)	Δ2 (dB)	Δ (dB)
I	62,2	36,0	26,2
II	62,4	36,9	25,5
III	63,4	38,5	24,9
IV	59,4	39,3	20,1
V	61,9	42,2	19,7
Falcon	60,8	28,3	32,5

Berdasarkan data uji redaman suara seluruh benda uji dan bata ringan, maka dapat dilihat kurva hubungan antara nilai daya redam suara dengan seluruh variasi seperti pada Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4 Kurva Nilai Daya Redam Suara

Dari hasil perhitungan yang didapat, diketahui batako dengan nilai daya redam suara paling baik dimiliki oleh batako variasi I dengan komposisi nilai redaman suaranya mencapai 26,2 dB. Namun kemampuan batako dalam meredam suara masih lebih rendah jika dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon yaitu dengan nilai sebesar 32,5 dB. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin komposisi

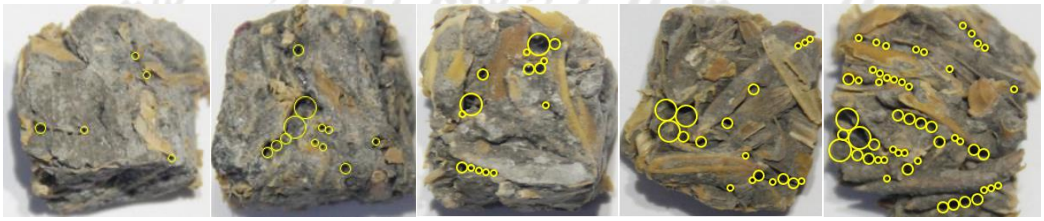
sekam padi ditambahkan kedalam campuran, maka akan menurunkan kemampuan batako dalam meredam suara. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyaknya rongga sehingga menyebabkan angka porositas yang lebih besar yang mengakibatkan suara dapat lebih mudah melewati pori-pori udara pada batako.

5.4.4 Analisis Perhitungan Lubang Rongga

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis lubang rongga yang terdapat pada batako sekam padi dan bata ringan merek Falcon. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah dengan semakin ditambahkannya komposisi sekam padi apakah membuat batako menjadi lebih berongga atau tidak. Pada pengujian ini digunakan sebanyak 1 buah benda uji setiap variasi dan 1 bata ringan merek Falcon yang telah dipotong menjadi ukuran 1 x 1 cm, sehingga total benda uji yang digunakan sebanyak 6 buah benda uji. Metode yang digunakan adalah metode analisis sederhana dengan menggunakan kamera beresolusi tinggi. Hasil pengambilan gambar seluruh variasi batako dan bata ringan dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan 5.6, kemudian dirangkum pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Variasi I Variasi II Variasi III Variasi IV Variasi V

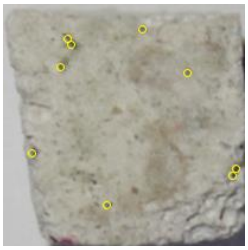
(a) Sebelum diberi kode rongga-rongga



Variasi I Variasi II Variasi III Variasi IV Variasi V

(b) Setelah diberi kode rongga-rongga

Gambar 5.5 Hasil Foto Lubang Rongga Batako Variasi I Sampai V



Gambar 5.6 Hasil Foto Lubang Rongga Bata Ringan Falcon

Tabel 5.10 Jumlah Rongga-Rongga Hasil Foto

No	Diameter Rongga (mm)	Simbol	Jumlah Rongga					
			Var-5	Var-4	Var-3	Var-2	Var-1	Falcon
1	0,50		3	3	2	2	0	0
2	0,25		17	7	5	5	1	0
3	0,15		31	8	8	5	4	9

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, diketahui bahwa jumlah rongga-rongga yang terdapat pada batako sekam padi lebih banyak jika dibandingkan dengan bata ringan merek Falcon. Rongga-rongga yang terdapat pada bata ringan memiliki lubang-lubang kecil yang tersebar secara merata dan homogen sehingga sulit untuk diukur dengan cermat melalui pengujian ini. Batako dengan jumlah rongga terbanyak terdapat pada batako variasi 5. Hal ini berbanding lurus dengan nilai daya serap airnya yang terbesar, dan berbanding terbalik dengan nilai kuat tekannya. Lebih besarnya rongga-rongga pada batako ini menyebabkan nilai redaman suara yang dihasilkan lebih buruk jika dibandingkan dengan bata ringan. Semakin banyak rongga-rongga maka gelombang suara juga menjadi semakin mudah melewati material melalui rongga-rongga tersebut.

5.5 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Analisa perhitungan harga produksi batako dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII dengan melakukan pengamatan pada proses produksinya. Adapun agar lebih jelasnya, dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

1. Analisis perhitungan Biaya Alat

   a. Alat *press* dan *mixer*

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

         $= \frac{25000000-5000000}{5 \; x \; 300}$

         = Rp 13.333,- / hari

   b. Alat Bantu

      1) Cangkul (2 buah) = Rp 100.000,-
      2) Cetok (1 buah) = Rp 15.000,-
      3) Ember (3 buah) = 10.000 x 3

         = Rp 30.000,-
      4) Harga total alat bantu = Rp 145.000,-
      5) Umur alat = 3 tahun
      6) Nilai sisa alat = Rp 0,-
      7) Jumlah hari kerja = 300 hari
      8) Penyusutan $= \frac{145.000\text{-}0}{3 \text{ x } 300}$

         = Rp 161,-/hari

   c. Papan Alas

      1) Produktivitas batako per hari = 150 batako
      2) Kebutuhan papan = 150 papan
      3) Harga satuan papan = Rp 10.000,-

4) Harga total papan = Rp 1.500.000,-
5) Umur papan = 300 hari
6) Nilai sisa papan = Rp 0,-
7) Penyusutan $= \frac{1.500.000\text{-}0}{300}$
= Rp 5.000,-/hari

2. Analisis perhitungan 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
   e. Penyusutan per hari $= \frac{10.000.000\text{-}0}{5 \text{ x } 300}$
   = Rp 6.667,-
3. Analisis perhitungan biaya operasional
   a. Air dan listrik per bulan = Rp 200.000,-
   b. Jumlah hari kerja = 25 hari
   c. Air dan listrik per hari = 200.000/25
   = Rp 8.000,-/hari
4. Analisis perhitungan biaya tenaga kerja
   a. Perhitungan upah tenaga kerja
      1) Jumlah pekerja = 2 orang
      2) Upah pekerja per hari = Rp 100.000
      3) Total upah pekerja = 100.000 x 2
      = Rp 200.000/hari
   b. Biaya konsumsi pekerja
      1) Jumlah pekerja = 2 orang
      2) Biaya konsumsi = Rp 25.000
      3) Total biaya konsumsi = 25.000 x 2
      = Rp 50.000,-
   c. Biaya tunjangan hari raya (THR)
      1) Jumlah pekerja = 2 orang

2) Biaya THR = Rp 250.000,-/orang
3) Total biaya THR = 250.000 x 2
= Rp 500.000,-
4) Jumlah hari kerja = 300 hari
5) Tabungan THR per hari = 500.000/300
= Rp 1.667,-/hari
6) Total biaya tenaga kerja = Rp 251.667,-

5. Analisis perhitungan biaya material

Pada perhitungan biaya material digunakan batako sekam padi variasi I dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 0.5 : 0.5 : 2 sebagai contoh. Berikut adalah perhitungan dari biaya materialnya.

a. Kebutuhan material per 1 buah batako sekam padi variasi I
1) Semen = 1,998 kg
2) Abu batu = 1,287 kg
3) *Fly ash* = 1,143 kg
4) Sekam padi = 0,421 kg

b. Kebutuhan semen
1) Kebutuhan semen per hari = 1,998 x 150 batako
= 300 kg (dibulatkan)
2) 1 sak semen = 40 kg
3) Harga semen per sak = Rp 45.000,-
4) Harga semen per kg = 45.000/40
= Rp 1.125,-
5) Biaya semen per hari = 1.125 x 300
= Rp 360.000,-

c. Kebutuhan abu batu
1) Kebutuhan abu batu per hari = 1,287 x 150 batako
= 193 kg (dibulatkan)
2) Berat volume abu batu = 972,436 kg/m^3
3) Harga abu batu per m^3 = Rp 125.000,-
4) Harga abu batu per kg = 125.000/972,436

= Rp 129,-

5) Biaya abu batu per hari = 129 x 193

= Rp 24.750,-

d. Kebutuhan *fly ash*

1) Kebutuhan *fly ash* per hari = 1,143 x 150 batako

= 172 kg (dibulatkan)

2) Berat volume *fly ash* = 863,462 kg/m^3

3) Harga *fly ash* per m^3 = Rp 572.000,-

4) Harga *fly ash* per kg = 572.000/863,462

= Rp 663,-

5) Harga *fly ash* per hari = 663 x 172

= Rp 113.256,-

e. Kebutuhan sekam padi

1) Kebutuhan sekam padi per hari = 0,421 x 150 batako

= 63 kg (dibulatkan)

2) Berat volume sekam padi = 79,487 kg/m^3

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

4) Harga sekam padi per kg = 10.000/79,487

= Rp 126,-

5) Harga sekam padi per hari = 126 x 63

= Rp 7.920,-

f. Total biaya material = Rp 506.489,-

6. Analisis perhitungan biaya total pengeluaran per hari

a. Biaya alat = Rp 18.494,-

b. Biaya bangunan = Rp 6.667,-

c. Biaya operasional = Rp 8.000,-

d. Biaya material = Rp 506.489,-

e. Biaya tenaga kerja = Rp 251.667,-

f. Total pengeluaran per hari = Rp 791.317,-

7. Analisis perhitungan harga pokok produksi

a. Produksi batako per hari = 150 batako

b. Total biaya pengeluaran = Rp 791.317,-

1) HPP lapangan $= \frac{791.317}{150}$

= Rp 5.276,-

2) PPN 11% = 5.276 x 11%

= Rp 580,-

3) Harga dasar batako = 5.276 + 580

= Rp 5.857,-

4) Margin perusahaan 20% = 5.857 x 20%

= Rp 1.171,-

5) Harga jual batako = 5.857 + 1.171

= Rp 7.028,-/buah

8. Analisis perhitungan pemasukan per hari

a. Produksi batako per hari = 150 batako

b. Harga jual batako = Rp 7.028,-

c. Total pemasukan per hari = 150 x 7.028

= Rp 1.054.260,-

9. Menghitung keuntungan

a. Keuntungan per hari = total pemasukan per hari – (harga dasar batako x produksi batako)

= 1.054.260 – (5.857 x 150)

= Rp 175.710,-

b. Keuntungan per bulan = 175.710 x 25

= Rp 4.392.750,-

c. Keuntungan per tahun = 4.392.750 x 12

= Rp 52.713.000,-

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

a. Modal awal

1) Biaya alat press dan mixer = Rp 25.000.000,-

2) Biaya papan alas = Rp 1.500.000,-

3) Biaya alat bantu = Rp 145.000,-

4) Biaya bangunan = Rp 10.000.000,-

5) Total modal awal = Rp 36.645.000,-

b. BEP

1) Perhitungan BEP $= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual - Harga dasar}}$

$= \frac{36.645.000}{7.028 - 5.857}$

= 31.283 buah

2) BEP dalam hari $= \frac{31.283}{150}$

= 209 hari

3) BEP dalam bulan $= \frac{209}{25}$

= 8,36 bulan

4) BEP dalam tahun $= \frac{8,36}{12}$

= 0,70 tahun

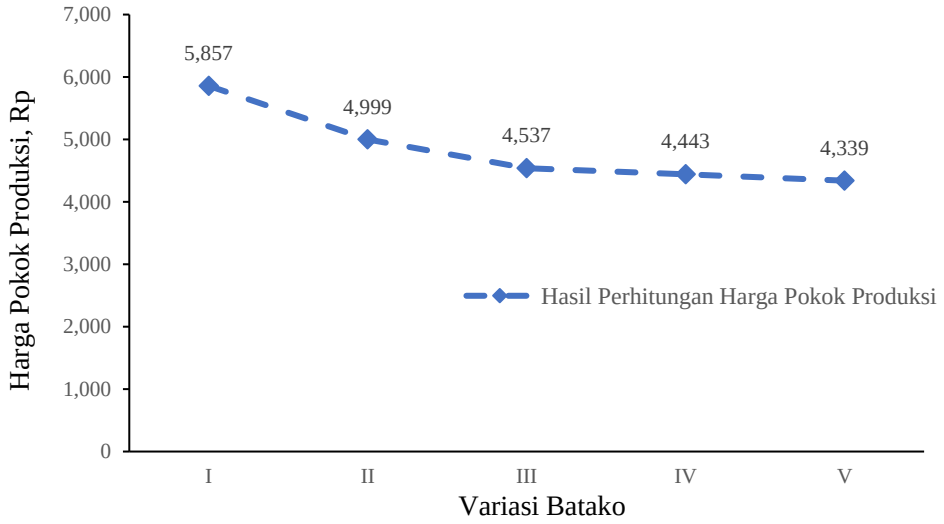
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diketahui bahwa biaya per hari untuk memproduksi sebanyak 150 batako sekam padi variasi I adalah sebesar Rp 791.317,-. Harga dasar batako yang didapatkan adalah sebesar Rp 5.857,-/buah dan harga jualnya sebesar Rp 7.028,-/buah. Jika kita beranggapan bahwa 150 batako terjual habis maka keuntungan yang didapatkan per harinya adalah sebesar Rp 175.710,- dan jika dihitung per tahunnya adalah sebesar Rp 52.713.000,-. Kemudian menilik pada perhitungan BEP didapatkan hasil selama 209 hari yang mana jika dikonversikan menjadi 8,36 bulan, atau 0,70 tahun.

Dengan metode perhitungan yang sama, maka didapatkan harga pokok produksi untuk seluruh varian batako. Tetapi, karena banyaknya material yang digunakan berbeda setiap variasi, maka akan didapatkan harga material yang berbeda pula setiap variasinya. Berikut harga pokok produksi seluruh variasi batako dapat dilihat pada Tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi

Variasi	Harga Pokok Produksi	Harga Jual	BEP
Batako Sekam Padi Variasi I	Rp 5.857,-	Rp 7.028,-	0,70 tahun
Batako Sekam Padi Variasi II	Rp 4.999,-	Rp 5.999,-	0,82 tahun
Batako Sekam Padi Variasi III	Rp 4.537,-	Rp 5.444,-	0,90 tahun
Batako Sekam Padi Variasi IV	Rp 4.443,-	Rp 5.332	0,92 tahun
Batako Sekam Padi Variasi V	Rp 4.339,-	Rp 4.849	1,01 tahun

Berdasarkan seluruh hasil harga pokok produksi yang sudah didapat, dapat dibuat kurva hubungan antara variasi batako dengan harga pokok produksinya yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 di bawah ini.



Gambar 5.7 Kurva Harga Pokok Produksi Batako

Dapat disimpulkan berdasarkan Gambar 5.7 di atas, bahwa harga pokok produksi batako akan semakin rendah seiring dengan semakin bertambahnya penggunaan sekam padi pada batako. Hal ini dapat terjadi dikarenakan harga sekam

padi yang lebih murah dibandingkan dengan harga material lainnya yang digunakan pada batako, namun hal ini juga berbanding lurus dengan semakin rendahnya kuat tekan yang didapat dan semakin tingginya kemampuan batako dalam menyerap air.

5.6 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Setelah dilakukannya semua pengujian terkait berat volume, kuat desak, penyerapan air dan redaman suara maka dapat dilihat rekapitulasi hasil dari seluruh variasi batako beserta dengan bata ringan merek Falcon pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Mutu dan Biaya

Variasi	Berat Volume (kg/m^3)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Persentase Penyerapan Air (%)	Nilai Redaman Suara (dB)	Harga Jual Per Buah
I	1255,30	29,583	19,038	26,2	Rp 7.028,-
II	1241,10	22,010	20,707	25,5	Rp 5.999,-
III	985,80	12,135	22,329	24,9	Rp 5.444,-
IV	917,61	7,467	22,748	20,1	Rp 5.332,-
V	793,75	3,883	23,417	19,7	Rp 4.849,-
Falcon	856,67	26,000	38,477	32,5	Rp 10.000,-

Dari rekapitulasi hasil yang didapatkan, diketahui bahwa batako sekam padi yang paling optimum adalah batako variasi I. Berat volume pada batako variasi I masih dikategorikan sebagai bata ringan karena berat volume yang didapat adalah sebesar 1255,30 kg/m^3 dan masih <1400 kg/m^3, namun masih kalah jika dibandingkan dengan berat volume dari bata ringan merek Falcon. Akan tetapi jika dilihat dari segi kuat tekan dan harga jualnya, batako sekam padi masih lebih baik dengan nilai kuat tekannya yang mencapai 29,583 kg/cm^2 dan harga jualnya mencapai Rp 7.028,-. Namun, jika dalam hal kemampuan menyerap air dan meredam suara, batako masih mendapatkan hasil yang kurang maksimal daripada bata ringan merek Falcon. Dari seluruh analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak penggunaan sekam padi maka akan berdampak pada semakin rendahnya nilai berat volume, kuat tekan, kemampuan meredam

suara, dan harga produksi pada batako. Tetapi, tidak pada kemampuan penyerapan airnya yang akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyak sekam padi yang digunakan.

5.7 Analisis Perbandingan

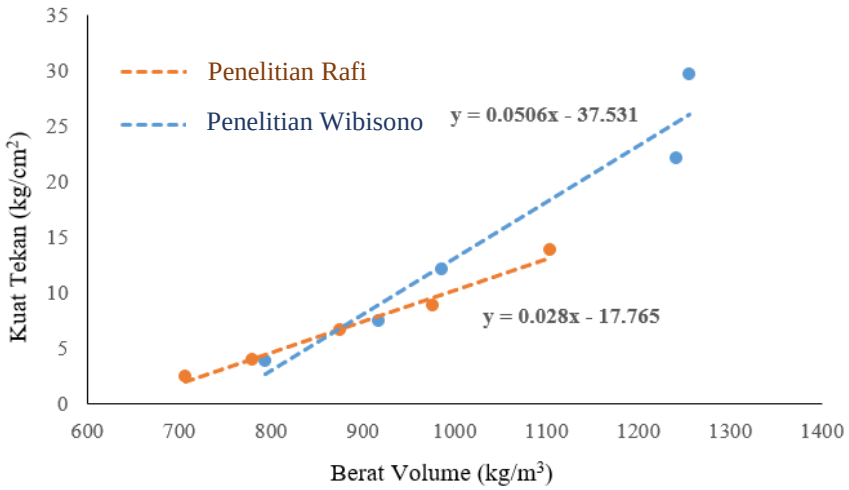
1. Berat Volume

Pada penelitian Rafi (2021) nilai berat volume optimum yang didapatkan adalah sebesar 1085,79 kg/m^3. Jika dibandingkan dengan penelitian Wibisono (2023) berat volume yang didapat adalah sebesar 1255,30 kg/m^3. Berat volume yang didapat pada penelitian Wibisono (2023) lebih besar 15,612% daripada penelitian Rafi (2021). Hal ini dapat terjadi karena dimungkinkan komposisi sekam padi yang digunakan pada penelitian Rafi (2021) lebih banyak dibandingkan pada penelitian ini. Kecilnya berat volume dari sekam padi dibandingkan dengan berat volume bahan susun yang lain tentu akan sangat berpengaruh kepada berat volume batako yang dihasilkan. Dengan kata lain, semakin banyak penggunaan sekam padi akan membuat batako menjadi lebih ringan.

2. Kuat Tekan

Pada penelitian Rafi (2021) didapatkan kuat tekan optimum sebesar 13,767 kg/cm^2. Jika dibandingkan, pada penelitian Wibisono (2023) memiliki nilai kuat tekan optimum lebih baik sebesar 114,883%. Padahal sekam padi yang digunakan pada penelitian ini lebih sedikit dibandingkan dengan penelitian Rafi (2021). Hal ini membuktikan berdasarkan penelitian Anhadi (2018) bahwa penambahan *fly ash* memang berdampak pada kenaikan nilai kuat tekan pada batako. Namun, jika melihat pada penelitian Ghifari (2022) yang memiliki kuat tekan optimum sebesar 57,693 kg/cm^2, nilai kuat tekan yang didapat pada penelitian ini masih cukup jauh dibawahnya. Tetapi, berat volume batako milik Ghifari (2022) masih lebih berat jika dibandingkan dengan berat volume batako milik peneliti. Hal ini dikarenakan pada penelitian Ghifari (2022) hanya menggunakan abu batu sebagai *filler* dan tidak menggunakan *fly ash*. Struktur *fly ash* yang memiliki karakteristik lebih halus dapat membuat batako menjadi lebih ringan namun tidak dengan kuat tekannya. Walaupun tetap ada sedikit penambahan kuat tekan.

Dengan membandingkan antara penelitian Wibisono (2023) dengan penelitian Rafi (2021) jika dilihat dari aspek berat volume dan kuat tekannya, maka dapat dilihat kurva hubungannya pada Gambar 5.8 di bawah ini.



Gambar 5.8 Kurva Hubungan Kuat Tekan Dengan Berat Volume

Dengan menginputkan nilai kuat tekan dan berat volume batako sekam padi seluruh variasi dari penelitian Wibisono (2023), didapatkan persamaannya adalah y = 0,0506x – 37,531 .Sedangkan dengan dilakukan cara yang sama pada penelitian Rafi (2021) didapatkan persamaannya adalah y = 0,028x – 17,765. Berdasarkan kurva terkait persamaan yang didapat adalah dibuat tanpa menggunakan satuan. Sehingga tidak ada keterkaitan satuan antara x dimana adalah berat volume (kg/m^3) dan y dimana adalah kuat tekan (kg/cm^2). Jika diasumsikan batako dari kedua penelitian memiliki kondisi nilai berat volume yang sama, maka nantinya akan didapatkan nilai kuat tekan batako pada penelitian Wibisono (2023) dan penelitian Rafi (2021). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

a. Penelitian Wibisono (2023)

x = 1300 kg/m^3 (berat volume yang diasumsikan)

y = 0,0506x – 37,531

= (0,0506 x 1300) – 37,531

= 28,249 kg/cm^2

b. Penelitian Rafi (2021)

x = 1300 kg/m^3 (berat volume yang diasumsikan)

y = 0,028x – 17,765

= (0,028 x 1300) – 17,765

= 18,635 kg/cm^2

Setelah dilakukan analisis perhitungan menggunakan persamaan yang didapatkan dengan kondisi berat volume disamakan, maka didapatkan pada penelitian Wibisono (2023) nilai kuat tekannya adalah sebesar 28,249 kg/cm^2 dan pada penelitian Rafi (2021) didapatkan nilai kuat tekan sebesar 18,635 kg/cm^2. Hasil yang didapatkan penelitian Wibisono (2023) masih lebih baik 34,033 % dibanding penelitian Rafi (2021).

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa dengan ditambahkannya *fly ash* ke dalam campuran adukan batako, bisa didapatkan nilai kuat tekan yang lebih baik 34,033 % dibanding hanya menggunakan abu batu saja pada campuran batako sekam padinya.

3. Penyerapan Air

Pada penelitian Rafi (2021) nilai penyerapan air optimum didapatkan pada batako variasi I dengan nilai sebesar 23,993%. Kemudian pada penelitian Wibisono (2023) didapatkan hasil penyerapan air optimum pada batako variasi I dengan nilai 19,038%. Hasil pada penelitian Wibisono (2023) memiliki nilai penyerapan air lebih baik sebesar 20,652%. Porositas yang tinggi dari sekam padi menyebabkan sekam padi dapat menyebabkan sekam padi menyerap air dalam jumlah banyak. Hal ini tentu akan sangat berpengaruh kepada kemampuan batako dalam menyerap air. Jika melihat pada penelitian Rafi (2021) sekam padi yang digunakan memang lebih banyak dibandingkan dengan sekam padi yang digunakan pada penelitian Wibisono (2023) untuk membuat 1 buah batako. Data inilah yang menjelaskan mengapa nilai penyerapan air pada penelitian Rafi (2021) lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Wibisono (2023).

4. Redaman Suara

Pada penelitian Rafi (2021) didapatkan nilai daya redam suara optimum pada batako variasi I dengan nilai sebesar 17 dB. Pada penelitian Wibisono (2023)

didapatkan nilai daya redam suara optimum sebesar 26,2 dB. Hasil ini masih lebih baik 54,118%. Penggunaan sekam padi yang lebih banyak pada penelitian Rafi (2021) menghasilkan nilai redaman suara yang lebih rendah dibanding penelitian Wibisono (2023). Semakin banyak penggunaan sekam padi, membuat batako menjadi lebih berongga. Rongga tersebut yang kemudian nantinya akan dengan mudah dilewati oleh gelombang suara dari lokasi satu ke lokasi lainnya. Dengan kata lain semakin banyak rongga pada batako, maka kemampuan batako untuk meredam suara menjadi berkurang.

5. Harga Pokok Produksi

Pada aspek ini akan dilakukan analisis perbandingan harga pokok produksi terhadap 3 jenis batako, yaitu batako sekam padi, bata ringan bermerek Falcon, dan batako konvensional. Batako sekam padi yang akan dianalisis adalah batako dengan variasi I dengan campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2 yang memiliki dimensi 40 cm x 12 cm x 22 cm dan memiliki harga jual senilai Rp 7.028,- per buah. Bata ringan Falcon di pasaran yang digunakan memiliki dimensi 60 cm x 10 cm x 20 cm dengan harga jualnya senilai Rp 10.000,- per buah. Kemudian, untuk batako konvensional umumnya yang dijual di pasaran memiliki ukuran 40 cm x 9 cm x 20 cm dengan harga jual senilai Rp 3.600,- per buah.

Agar dapat dibandingkannya ketiga jenis batako yang digunakan, maka ukuran dari bata ringan Falcon dan batako konvensional harus dikonversikan sama seperti ukuran batako sekam padi yaitu menjadi 40 cm x 12 cm x 22 cm. Agar lebih jelasnya dapat dilihat untuk konversi harga batako dan bata ringan pada perhitungan dibawah ini.

1. Bata ringan merek Falcon

a. Volume sebelum konversi = 60 x 10 x 20
= 12.000 cm^3

b. Harga sebelum konversi = Rp 10.000,-

c. Volume setelah konversi = 40 x 12 x 22
= 10.560 cm^3

d. Harga setelah konversi = $\frac{10560}{12000}$ x 10.000
= Rp 8.800,-

2. Batako konvensional

a. Volume sebelum konversi = 36 x 10 x 18
= 6.480 cm^3

b. Harga sebelum konversi = Rp 3.600,-

c. Volume setelah konversi = 40 x 12 x 22
= 10.560 cm^3

d. Harga setelah konversi = $\frac{10560}{6480}$ x 3.600
= Rp 5.867,-

Dari analisis perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan harga bata ringan merek Falcon setelah dikonversi menjadi Rp 8.800,- per buah dan harga batako konvensional menjadi Rp 5.867,- per buah kemudian didapatkan harga jual batako sekam padi yaitu senilai Rp 7.028,- per buahnya. Jika dibandingkan, maka harga batako sekam padi didapati masih lebih murah sebesar 20,136% daripada bata ringan Falcon namun masih lebih mahal sebesar 16,520% dibanding batako konvensional. Perbandingan harga jual dari ketiga jenis batako yang telah dikonversi dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini.

Tabel 5.13 Hasil Analisis Perbandingan Batako

Variasi Batako	**Bata Ringan (Falcon)**	**Batako Konvensional**	**Batako Sekam Padi**
Metode Pencetakan	Menggunakan mesin modern di pabrik	Menggunakan mesin *press*	Menggunakan mesin *press*
Hasil	>1000 buah	300 buah	150 buah
Pekerja	>100 orang	2 orang	2 orang
Harga Jual	Rp 8.800,-	Rp 5.867,-	Rp 7.028,-

Dari tabel perbandingan diatas, dapat dijelaskan bahwa harga bata ringan Falcon masih lebih mahal dibandingkan dengan harga batako sekam padi maupun batako konvensional. Hal ini sebanding dengan perbedaan alat yang digunakan. Pada bata ringan Falcon menggunakan mesin pabrik yang lebih modern dan para

pekerja yang lebih banyak sehingga didapatkan produksi yang banyak per harinya. Sedangkan pada batako sekam padi dan batako konvensional hanya menggunakan mesin *press* sederhana dan hanya menggunakan 2 orang pekerja, sehingga produksi batako per harinya tidak terlalu banyak. Namun segi positif dari menggunakan alat modern adalah tampilan dari bata ringan yang dihasilkan lebih baik dan lebih akurat pada ukurannya. Alasan mengapa harga batako sekam padi lebih mahal dibandingkan batako konvensional karena pada batako sekam padi menggunakan material semen yang lebih banyak, dimana material pada batako yang cukup berdampak pada kenaikan atau penurunan harga batako adalah semen dibanding material lainnya.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil seluruh analisis pada bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Komposisi material penyusun batako yang optimal dan memenuhi seluruh aspek teknis adalah batako sekam padi variasi I dengan komposisi perbandingan campuran 1 : 0,5 : 0,5 : 2. Batako sekam padi variasi I memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,583 kg/cm^2 yang mana telah memenuhi standar SNI dimana nilai minimal untuk kuat tekan adalah sebesar 25 kg/cm^2. Untuk nilai berat volumenya sendiri didapatkan sebesar 1255,30 kg/m^3 dimana masih masuk kedalam kategori bata ringan karena memiliki berat volume <1400 kg/m^3. Dan untuk nilai penyerapan airnya didapatkan sebesar 19,038 % dimana hasil ini masuk kedalam kategori mutu I yaitu digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).
2. Nilai redaman suara paling optimum didapatkan pada batako sekam padi variasi I dengan nilai redaman sebesar 26,2 dB dan semakin bertambahnya sekam padi yang digunakan nilai redaman suara yang didapat semakin menurun. Hal ini membuktikan bahwa penambahan penggunaan sekam padi pada batako akan menurunkan kemampuan batako dalam meredam suara.
3. Harga pokok produksi paling mahal didapatkan pada batako variasi I dengan harga Rp 5.857,- per buah dan harga jualnya Rp 7.028,- per buah. Dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan sekam padi maka akan membuat batako semakin murah harganya. Terjadinya hal ini dipengaruhi oleh harga sekam padi yang lebih murah jika dibandingkan dengan material lainnya pada batako sehingga berdampak juga pada harga batako. Harga pokok pada variasi I masih lebih murah jika dibandingkan dengan harga bata ringan Falcon yaitu senilai Rp 8.800,- per buah tetapi masih lebih mahal

dibandingkan dengan batako konvensional yaitu senilai Rp 5.867,- per buahnya.

4. Bata ringan merek Falcon setelah dilakukan pengujian dan dianalisis, didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26 kg/cm^2 dimana nilai ini telah memenuhi standar SNI yaitu 25 kg/cm^2. Nilai penyerapan air yang diperoleh adalah sebesar 38,477 % dan tidak termasuk kedalam kategori manapun menurut SNI karena nilai maksimal untuk penyerapan air sendiri adalah sebesar 25 % untuk mutu I dan 35 % untuk mutu II. Berat volume bata ringan didapatkan 856,67 kg/m^3 dan nilai redaman suaranya adalah sebesar 32,5 dB. Harga jual bata ringan Falcon di pasaran setelah dikonversikan mengikuti ukuran batako sekam padi didapatkan Rp 8.800,- per buahnya. Dari segi nilai kuat tekan, penyerapan air, dan harga produksinya bata ringan masih kalah jika dibandingkan dengan batako sekam padi pada penelitian Wibisono (2023). Namun untuk aspek berat volume dan kemampuan meredam suara bata ringan merek Falcon masih mendapatkan hasil yang lebih baik.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini yang didapatkan, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran agar penelitian selanjutnya diharapkan menjadi lebih berkembang dan lebih baik.

1. Perlu diperhatikan lebih teliti ketika dalam proses pengadukan agar semua material dapat tercampur dengan lebih merata.
2. Ketika proses pengadukan sekam padi perlu untuk dibasahi terlebih dahulu dengan ditambahi air secukupnya agar kebutuhan untuk proses hidrasi antara semen dengan air tidak menjadi berkurang dikarenakan masuk kedalam pori-pori sekam padi.
3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut menggunakan bahan tambah lainnya agar diharapkan mendapatkan batako sekam padi baik dari aspek kualitas maupun harganya.

DAFTAR PUSTAKA

Afriandi, R.F. 2018. Pengaruh Faktor Umur Terhadap Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal, Beton Mutu Tinggi dan Beton Ringan. *Tugas Akhir*. Universitas Mataram. Mataram.

Amali, M.R. 2019. Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicetak Secara Manual. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Anhadi, A.R. 2018. Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Kayu dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Batako. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Armendariz, G. 2015. Analisa Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambah. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.

Badan Pusat Statistik. 2018. *Subdirektorat Statistik Tanaman Pangan, Luas Panen, dan Produksi Beras.* Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 1974. SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Budirahardjo, S., Kristiawan, A., dan Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako. *Prosiding SNST Ke-5.* Semarang. Tahun 2014:7-12.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. *Peraturan Beton Indonesia.* Direktorat Djenderal Tjipta Karya. Jakarta.

Ghifari, A.R. 2022. Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Rafi, M.R. 2021. Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Setiawati, M. 2018. Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018.* Jakarta. 17 Oktober:1-8.

Umboh, A.H., Sumajouw, M.D.J., dan Windah, R.S. 2014. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik.* Vol.2 No.7:352-358. Manado.

Winarno, S. 2019. Preliminary Study on Hand-cast Lightweight Concrete Block using Raw Rice Husk as Aggregate. In IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 933 012005.

Zerbino, R., Giaccio, G., & Isaia, G.C. 2011. *Concrete Incorporating Rice-husk Ash Without Processing. Construction and Building Materials, 25*(1), 371-378.

Zulfhazli, Wesli, dan Akbar, S.J. 2016. Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-BC. *Teras Jurnal.* Vol.6 No.2:121-130. Aceh.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji

Gambar L-1.1 Proses Penimbangan Bahan Susun

Gambar L-1.2 Proses Pencampuran Bahan Susun

Gambar L-1.3 Proses Pencetakan Batako

Gambar L-1.4 Hasil Benda Uji Setelah Dicetak

Lampiran 2 Pengujian Kuat Desak

Gambar L-2.1 Benda Uji Sebelum Diuji Kuat Tekan

Gambar L-2.2 Pengujian Kuat Tekan

Gambar L-2.3 Benda Uji Setelah Diuji Kuat Tekan

Lampiran 3 Pengujian Penyerapan Air

Gambar L-3.1 Perendaman Benda Uji

Gambar L-3.2 Pengeringan Benda Uji Menggunakan Oven

Lampiran 4 Pengujian Redaman Suara

Gambar L-4.1 Pengujian Redaman Suara Pada Benda Uji