

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGURANGAN PROPORSI SEKAM PADI PADA BAHAN SUSUN BATAKO SEKAM PADI DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI (*THE EFFECT OF REDUCING THE PROPORTION OF RICE HUSK ON RICE HUSK CONCRETE BLOCK MATERIALS ON TECHNICAL ASPECTS, HEAT ABSORPTION, AND PRODUCTION COSTS*)

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



الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

**Alvi Raffasya Ghifari
18511231**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGURANGAN PROPORSI SEKAM PADI PADA BAHAN SUSUN BATAKO SEKAM PADI DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS, REDAMAN PANAS, DAN BIAYA PRODUKSI (THE EFFECT OF REDUCING THE PROPORTION OF RICE HUSK ON RICE HUSK CONCRETE BLOCK MATERIALS ON TECHNICAL ASPECTS, HEAT ABSORPTION, AND PRODUCTION COSTS)

Disusun oleh

Alvi Raffasya Ghifari
18511231

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

Diuji pada tanggal 12 Oktober 2022

Oleh Dewan Penguji



Penguji I

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

Penguji II

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

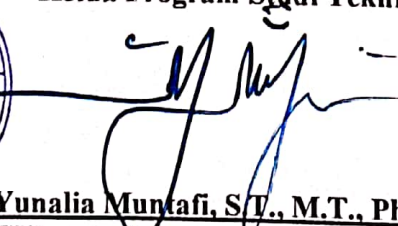
Penguji III

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng).
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 18 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,



Alvi Raffasya Ghifari
(18511231)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaannirrahiim.

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah subhanahu wa ta'ala atas kehadiran-Nya dan rahmat-Nya yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Pemakaian Limbah Sekam Padi pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Redaman Panas, dan Biaya Produksi” dengan maksimal. Shalawat serta salam senantiasa kita panjatkan untuk teladan dan pimpinan kita tercinta, Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

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

1. Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan yang senantiasa diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng). selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian.
4. Bapak Iwan Agustiawan dan Ibu Novianti Safri selaku orang tua saya yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi terbesar saya dalam menuntut ilmu,

terima kasih tiada akhir atas semua doa, kasih sayang, kesabaran, dan dukungan yang telah diberikan.

5. Teman-teman Teknik Sipil 2018 yang ikut terlibat selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Saya menyadari Tugas Akhir saya ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca dan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 Agustus 2022

Penulis,



Alvi Raffasya Ghifari
(18511231)

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiii |
| ABSTRAK | xiv |
| <i>ABSTRACT</i> | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.1.1 Pemanfaatan Sekam Padi pada Batako | 6 |
| 2.1.2 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual | 7 |
| 2.1.3 Pengaruh Penambahan Sekam Padi sebagai Agregat Halus terhadap Karakteristik Batako | 8 |
| 2.1.4 Pengaruh Sekam Padi sebagai Agregat pada Batako terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas | 9 |
| 2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu | 9 |
| 2.3 Keaslian Penelitian | 14 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 15 |

| | | |
|-------------------------------|--|----|
| 3.1 | Batako | 15 |
| 3.2 | Material Penyusun Batako | 18 |
| 3.2.1 | Semen <i>Portland</i> | 18 |
| 3.2.2 | Air | 19 |
| 3.2.3 | Sekam Padi | 19 |
| 3.2.4 | Abu Batu | 20 |
| 3.3 | Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan | 21 |
| 3.3.1 | Uji Kuat Tekan | 21 |
| 3.3.2 | Uji Penyerapan Air | 22 |
| 3.3.3 | Uji Redaman Panas | 22 |
| 3.3.4 | Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) | 23 |
| 3.4 | Harga Pokok Produksi | 24 |
| 3.5 | <i>Break Even Point</i> (BEP) | 26 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | | 27 |
| 4.1 | Umum | 27 |
| 4.2 | Pelaksanaan Penelitian | 27 |
| 4.2.1 | Tahap Persiapan | 27 |
| 4.2.2 | Tahap Perencanaan Komposisi | 30 |
| 4.2.3 | Tahap Pembuatan Benda Uji | 30 |
| 4.3 | Prosedur Pengumpulan Data | 36 |
| 4.3.1 | Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi | 36 |
| 4.3.2 | Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium | 36 |
| 4.3.3 | Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi | 41 |
| 4.3.4 | Analisis Data dan Pembahasan | 42 |
| 4.3.5 | Kesimpulan dan Saran | 42 |
| 4.3.6 | Bagan Alir Penelitian | 42 |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN | | 44 |
| 5.1 | Hasil Pengujian Berat Volume | 44 |
| 5.2 | Perhitungan Kebutuhan Campuran | 47 |
| 5.3 | Hasil Pengujian Kuat Tekan | 50 |
| 5.4 | Hasil Pengujian Penyerapan Air | 53 |

| | | |
|-----------------------------|---|----|
| 5.5 | Hasil Pengujian Redaman Panas | 56 |
| 5.6 | Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) | 61 |
| 5.7 | Perhitungan Harga Pokok Produksi | 63 |
| 5.8 | Analisis Sensitivitas | 70 |
| 5.9 | Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu | 73 |
| 5.10 | Analisis Perbandingan | 74 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 77 |
| 6.1 | Kesimpulan | 77 |
| 6.2 | Saran | 78 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 79 |
| LAMPIRAN | | 81 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Perbandingan Penelitian Terdahulu | 10 |
| Tabel 3.1 | Ukuran Bata Beton | 17 |
| Tabel 3.2 | Syarat-Syarat Fisik Bata Beton | 17 |
| Tabel 3.3 | Kandungan Kimia Sekam Padi | 19 |
| Tabel 4.1 | Komposisi Bahan Susun Batako | 30 |
| Tabel 5.1 | Berat Bahan Penyusun Batako Sekam Padi | 44 |
| Tabel 5.2 | Hasil Perhitungan Berat Volume Batako | 46 |
| Tabel 5.3 | Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi | 48 |
| Tabel 5.4 | Kebutuhan Campuran Batako Sekam Padi | 50 |
| 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 | Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan Pengujian 1 | 58 |
| Tabel 5.9 | Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan Pengujian 2 | 58 |
| Tabel 5.10 | Rekapitulasi Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan | 59 |
| Tabel 5.11 | Hasil Pengujian Redaman Panas | 59 |
| Tabel 5.12 | Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi | 69 |
| Tabel 5.13 | Persentase Harga Material Batako Sekam Padi | 72 |
| Tabel 5.14 | Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan BlessCon | 73 |
| Tabel 5.15 | Hasil Analisis Perbandingan Batako | 76 |

DAFTAR GAMBAR

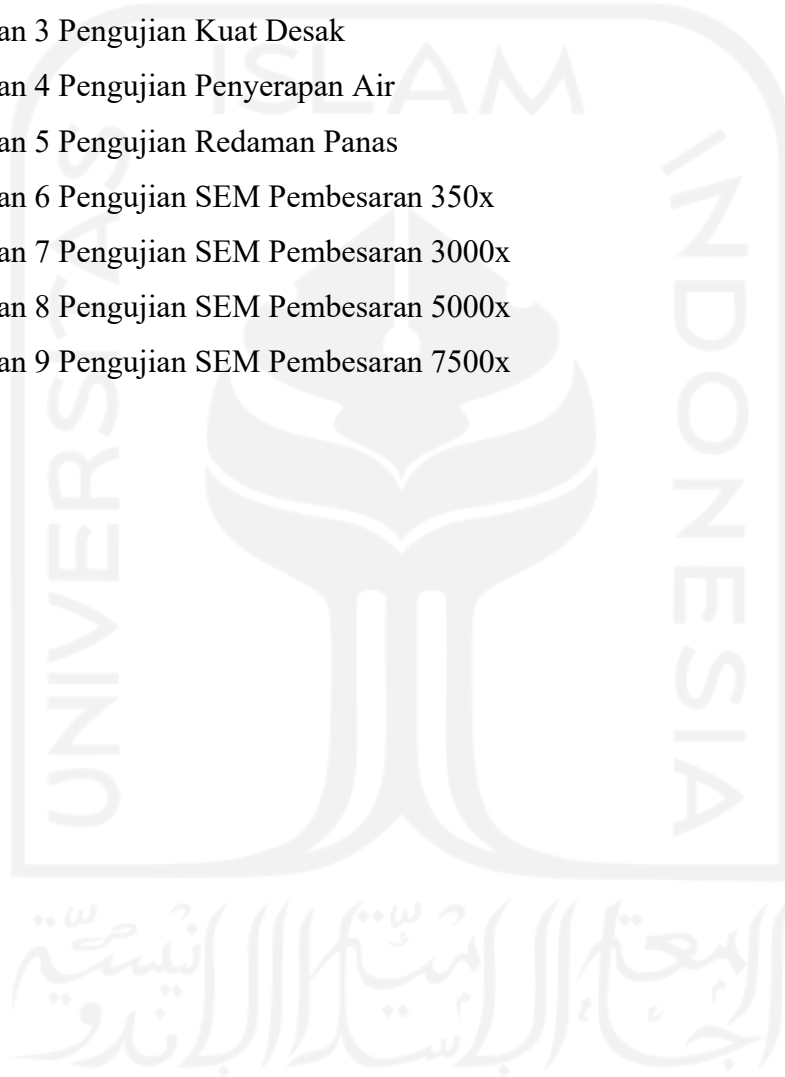
| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.1 | Batako Pejal | 15 |
| Gambar 3.2 | Batako Berlubang | 16 |
| Gambar 3.3 | Sekam Padi | 20 |
| Gambar 3.4 | Abu batu | 21 |
| Gambar 4.1 | <i>Mixer Machine</i> | 28 |
| Gambar 4.2 | <i>Press Machine</i> | 29 |
| Gambar 4.3 | Penimbangan Bahan Susun | 31 |
| Gambar 4.4 | Paket-Paket Bahan Susun | 31 |
| Gambar 4.5 | Pencampuran Bahan Susun | 33 |
| Gambar 4.6 | Memasukkan Campuran ke Dalam Cetakan | 34 |
| Gambar 4.7 | Batako Segar yang Baru Dicetak | 35 |
| Gambar 4.8 | Tempat Penyimpanan Batako | 36 |
| Gambar 4.9 | Penimbangan Benda Uji | 37 |
| Gambar 4.10 | Posisi Benda Uji pada Alat Uji Desak | 38 |
| Gambar 4.11 | Perendaman Benda Uji | 39 |
| Gambar 4.12 | Pengeringan Benda Uji Menggunakan Oven | 39 |
| Gambar 4.13 | Penjemuran Batako | 40 |
| Gambar 4.14 | Pengukuran Suhu Batako | 41 |
| Gambar 4.15 | Bagan Alir Penelitian | 43 |
| Gambar 5.1 | Kurva Kuat Tekan Batako dan Bata Ringan | 52 |
| Gambar 5.2 | Kurva Penyerapan Air Batako dan Bata Ringan | 55 |
| Gambar 5.3 | Titik Pembacaan Suhu Batako | 57 |
| Gambar 5.4 | Kurva Redaman Panas Batako dan Bata Ringan | 60 |
| Gambar 5.5 | Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 2 7500x | 61 |
| Gambar 5.6 | Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 3 7500x | 61 |
| Gambar 5.7 | Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 4 7500x | 62 |
| Gambar 5.8 | Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 5 7500x | 62 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 5.9 | Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 6 7500x | 62 |
| Gambar 5.10 | Uji SEM Bata Ringan BlessCon 7500x | 63 |
| Gambar 5.11 | Kurva Harga Pokok Produksi Batako | 70 |
| Gambar 5.12 | Kurva Persentase Harga Material Batako Sekam Padi | 72 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium | 82 |
| Lampiran 2 Gambar Benda Uji | 84 |
| Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak | 85 |
| Lampiran 4 Pengujian Penyerapan Air | 87 |
| Lampiran 5 Pengujian Redaman Panas | 90 |
| Lampiran 6 Pengujian SEM Pembesaran 350x | 91 |
| Lampiran 7 Pengujian SEM Pembesaran 3000x | 94 |
| Lampiran 8 Pengujian SEM Pembesaran 5000x | 97 |
| Lampiran 9 Pengujian SEM Pembesaran 7500x | 100 |



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|------------|--|
| SNI | = Standar Nasional Indonesia |
| PPC | = <i>Portland Pozzolan Cement</i> |
| g | = Gram |
| kg | = Kilogram |
| m | = Meter |
| cm | = Centimeter |
| mm | = Milimeter |
| °C | = Derajat celcius |
| σ | = Kuat tekan (kg/cm^2) |
| P | = Beban maksimum (kg) |
| A | = Luas penampang benda uji (cm^2) |
| A | = Berat benda uji kering permukaan di udara setelah perendaman (g) |
| B | = Berat benda uji kering oven, di udara (g) |
| ΔT | = Selisih suhu pada bagian atas dan bawah (°C) |
| T1 | = Suhu pada bagian atas (°C) |
| T2 | = Suhu pada bagian bawah (°C) |
| SEM | = <i>Scanning Electron Microscope</i> |
| BEP | = <i>Break Even Point</i> |

ABSTRAK

Batako adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, dan air. Batako merupakan bahan bangunan yang tergolong berat sehingga akan berpengaruh kepada beban mati struktur bangunan. Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan penyusun batako diharapkan dapat mengurangi berat batako dan menjadi alternatif material konvensional yang tidak dapat diperbaharui. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian Fahri (2021) dengan mengurangi komposisi sekam padi serta memperbaiki metode pencampurannya yang bertujuan untuk mendapatkan komposisi material penyusun batako sekam padi yang optimal dan memenuhi aspek teknis.

Penelitian dimulai dengan pemeriksaan bahan susun, pembuatan sampel, dan pengujian. Bahan susun batako yang digunakan adalah semen, abu batu, dan sekam padi yang dibagi menjadi beberapa variasi. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan dan pengujian daya serap air yang berpedoman pada SNI 03-0349-1989. Selain itu dilakukan juga pengujian redaman panas dan perhitungan harga pokok produksi sehingga dapat dibandingkan dengan harga batako di pasaran. Pengujian juga dilakukan pada bata ringan merek BlessCon yang berfungsi sebagai pembandingan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batako sekam padi dengan aspek teknis yang paling optimal adalah batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran 1 semen : 1 abu batu : 3 sekam padi. Nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah sebesar $28,464 \text{ kg/cm}^2$, nilai penyerapan air sebesar $15,471\%$ dan berat volume sebesar $1314,066 \text{ kg/m}^3$ sehingga dapat dikategorikan sebagai batako ringan ($<1400 \text{ kg/m}^3$). Bata ringan merek BlessCon memiliki nilai kuat tekan sebesar $27,009 \text{ kg/cm}^2$, nilai penyerapan air sebesar $27,498\%$ dan Berat volume sebesar $742,424 \text{ kg/m}^3$. Nilai redaman panas terbaik terdapat pada batako sekam padi variasi V dengan perbandingan campuran 1 semen : 1 abu batu : 6 sekam padi yaitu sebesar $17,69 \text{ }^\circ\text{C}$, sedangkan bata ringan merek BlessCon memiliki nilai redaman panas sebesar $4,64 \text{ }^\circ\text{C}$. Harga pokok produksi batako sekam padi didapatkan sebesar Rp8.243,- per batako dan harga jualnya sebesar Rp9.067,- per batako. Harga bata ringan merek BlessCon setelah dikonversikan adalah sebesar Rp 9,680,- per buah sehingga apabila dibandingkan dengan batako sekam padi, maka harga batako sekam padi lebih murah 6,33%. Harga batako konvensional setelah dikonversikan adalah sebesar Rp6.175,- per buah sehingga apabila dibandingkan dengan batako sekam padi, maka harga batako sekam padi lebih mahal 46,83%.

Kata kunci: batako, sekam padi, karakteristik teknis, redaman panas, harga pokok produksi, bata ringan

ABSTRACT

Concrete block is a building material made from a mixture of cement, sand, and water. Concrete block is classified as heavy building material that will affect the dead load of the building structure. Utilization of rice husk waste as a concrete block material is expected to reduce the weight of the concrete block and become an alternative to conventional non-renewable materials. This research is a continuation of Fahri's research (2021) by reducing the composition of rice husks and improving the mixing method which aims to obtain an optimal composition of rice husk concrete block and meet technical aspects.

The research started with the material inspection, sample making, and testing. The concrete block materials used are cement, stone ash, and rice husk which are divided into several variations. The test carried out in this study include compressive strength test and water absorption test based on SNI 03-0349-1989. In addition, a heat absorption test will be carried out and the cost of production will be calculated so that it can be compared with the price of concrete block on the market. The tests were also carried out on BlessCon lightweight brick which functions as a comparison.

The results of this study indicate that rice husk concrete block with the most optimal technical aspects are rice husk concrete block variation II with a mixture ratio of 1 cement : 1 stone ash : 3 rice husks. The compressive strength value of the rice husk concrete brick is 28,464 kg/cm², the water absorption value is 15,471% and the volume weight is 1314,066 kg/m³ so that it can be categorized as light concrete block (<1400 kg/m³). BlessCon lightweight brick has a compressive strength value of 27,009 kg/cm², a water absorption value of 27,498% and a volume weight of 742,424 kg/m³. The best heat absorption value was found in rice husk concrete block variation V with a mixture ratio of 1 cement: 1 stone ash : 6 rice husks which is 17,69 °C, while the BlessCon lightweight brick has a heat reduction value of 4,64 °C. The cost of production of rice husk bricks was Rp8.243,- per piece and the selling price was Rp9.067,- per piece. The prices of BlessCon lightweight brick after conversion are Rp9.680,- per piece so when compared to rice husk concrete block, then the price of rice husk concrete block is 6,33% cheaper. The prices of conventional concrete block after conversion are Rp6.175,- per piece so when compared to rice husk concrete block, then the price of rice husk concrete block is 46,83% more expensive.

Keywords: concrete block, rice husk, technical characteristics, heat reduction, production cost, lightweight brick

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang konstruksi sangat pesat terjadi di Indonesia. Oleh karena itu banyak inovasi yang muncul untuk mencari alternatif bahan bangunan yang relatif murah, namun tetap memenuhi syarat-syarat teknis konstruksi yang berlaku. Salah satu bahan bangunan yang sudah lama dikenal dan banyak digunakan di Indonesia adalah batako. Batako adalah batu cetak yang terbuat dari campuran antara semen, pasir, dan air dengan perbandingan tertentu yang digunakan untuk material pemasangan dinding (Nugroho dkk, 2014).

Batako sering digunakan sebagai bahan material karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah untuk disusun dan dipasang serta harganya yang cukup murah. Namun, batako juga memiliki kelemahan, seperti berat jenisnya yang cukup besar sehingga akan berpengaruh kepada beban mati struktur bangunan. Hermanto dkk (2014) menyatakan bahwa beban gempa meningkat secara linier dengan berat suatu bangunan, sehingga beban mati akibat berat sendiri memiliki peranan penting dalam keamanan struktur bangunan, khususnya pada daerah yang rawan atau berpotensi gempa seperti di Indonesia.

Penggunaan agregat ringan atau penambahan bahan kimia dalam bahan susun batako adalah salah satu upaya untuk mengurangi berat volume batako. Bahan tambah diharapkan mampu mereduksi berat volume batako, sehingga menghasilkan batako yang lebih ringan jika dibandingkan dengan batako normalnya, namun masih memiliki kekuatan yang memenuhi standar (Halim, 2013). Bahan-bahan yang ringan dan bisa digunakan sebagai alternatif dalam menekan berat batako antara lain adalah serbuk gergaji kayu, styrofoam, ijuk, batu apung, bonggol jagung, dan sekam padi.

Sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari penggilingan tanaman padi yang banyak dijumpai di Indonesia. Produksi sekam padi di Indonesia sangat

banyak, tetapi pemanfaatannya masih jauh dari optimal. Sekam padi yang dimanfaatkan untuk bahan campur material bangunan termasuk dalam material ramah lingkungan dan diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti material konvensional yang tidak dapat diperbaharui seperti pasir.

Amali (2019) telah mengembangkan batako dengan menggunakan sekam padi sebagai bahan susun batako dengan cara cetak manual dan mendapatkan komposisi campuran semen dan sekam padi yang ideal sebesar 1 semen : 3 filler : 6 sekam padi. Filler yang digunakan adalah abu batu dari limbah penggajian batu di Ngemplak Sleman. Batako ini telah menghasilkan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm² yang memenuhi standar SNI 03-0349-1989 tentang beton untuk pasangan dinding yaitu kekuatan tekan minimum untuk batako pejal sebesar 25 kg/cm². Namun, berat volume yang dihasilkan dari batako tersebut cukup besar yaitu 1.806 kg/m³.

Untuk mengurangi berat volume batako, Winarno dkk. (2020) memperbaiki komposisi campuran batako sekam padi hasil penelitian Amali (2019) dengan menambah proporsi sekam padi di dalam campuran batako. Pada saat yang bersamaan komposisi semen ditambah untuk meningkatkan kuat tekan dan komposisi filler dikurangi. Komposisi yang memenuhi kuat tekan sesuai dengan standar SNI adalah pada komposisi 1,25 semen : 2,75 filler : 8,5 sekam padi dengan kuat tekan hasil pengujian rata-rata adalah 26,27 kg/cm². Berat volume yang dihasilkan adalah sebesar 1.528,45 kg/m³. Hasil berat volume ini masih dianggap terlalu besar walaupun lebih ringan apabila dibandingkan dengan batako sekam padi hasil Amali (2019).

Pada kedua penelitian di atas, proses pencetakan batako sekam padinya dilakukan dengan cara manual atau tanpa menggunakan mesin, sehingga menghasilkan harga produksi yang mahal karena upah yang tinggi. Amali (2019) juga melakukan penelitian mengenai kelayakan harga produksi batako sekam padi dan dapat disimpulkan bahwa biaya produksi batako hasil penelitian lebih mahal daripada batako yang ada di pasaran, sehingga dinyatakan tidak layak secara ekonomi.

Untuk mengatasi hal tersebut, Fahri (2021) melakukan penelitian untuk menghasilkan produk batako sekam padi yang lebih ringan dengan mengurangi komposisi abu batu di dalam campuran batako. Pada penelitian ini proporsi sekam padi mulai dari 12 sampai 4 dalam perbandingan volume terhadap semen. Proses pencetakan dilakukan menggunakan mesin cetak untuk meningkatkan produktivitas sehingga membuat harga batako bisa menjadi lebih murah dan mampu bersaing di pasaran. Dari hasil penelitian didapatkan batako dengan berat volume yang lebih ringan yaitu sebesar $1104,48 \text{ kg/m}^3$, namun hanya menghasilkan kuat tekan sebesar $13,77 \text{ kg/cm}^2$ pada campuran 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi. Hasil tersebut masih belum memenuhi standar kuat tekan SNI, sehingga komposisi sekam padi perlu dikurangi agar diperoleh kuat tekan yang lebih besar dan memenuhi standar SNI pada penelitian selanjutnya.

Selain batako, saat ini terdapat pula bahan material dinding yang banyak diminati masyarakat untuk menggantikan batako konvensional yaitu bata ringan. Keunggulan bata ringan dibandingkan dengan batako konvensional adalah memiliki berat volume yang lebih kecil dan lebih baik dalam menyerap panas. Harga bata ringan di pasaran bisa mencapai Rp 11.000 per buah untuk ukuran 10 cm x 20 cm x 60 cm. Nilai redaman panas pada batako sekam padi pada komposisi 1 : 1 : 4 adalah sebesar 9,87% (Fahri, 2021), yang lebih baik dari pada bata ringan Citicon sebesar 7,63%, atau redaman batako sekam padi lebih baik sebesar 29,3%.

Berangkat dari kenyataan di atas, penelitian Fahri (2021) perlu dilanjutkan untuk mendapatkan komposisi dari campuran batako sekam padi yang optimal untuk menghasilkan batako yang lebih ringan namun tetap memiliki kuat tekan yang memenuhi standar SNI dengan cara mengurangi komposisi sekam padinya. Selain itu, teknik pencetakan batako dengan menggunakan mesin cetak dapat dikembangkan, sehingga mampu memproduksi batako sekam padi secara massal. Hal ini juga bertujuan untuk menekan biaya produksi yang tinggi, sehingga harganya mampu bersaing dengan bata ringan, termasuk dari aspek kuat desak dan redaman panasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian lanjutan dari Fahri (2021) dengan mengurangi komposisi sekam padinya sebagai berikut.

1. Bagaimana komposisi material penyusun batako sekam padi yang optimal dan memenuhi aspek teknis?
2. Bagaimana nilai redaman panas pada batako sekam padi?
3. Bagaimana harga pokok produksi batako sekam padi?
4. Bagaimana perbandingan nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada batako sekam padi dengan bata ringan yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan dari penelitian lanjutan dari Fahri (2021) dengan mengurangi komposisi sekam padinya adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi yang optimal dan memenuhi aspek teknis
2. Mengetahui nilai redaman panas pada batako sekam padi
3. Mengetahui harga pokok produksi batako sekam padi
4. Mengetahui perbandingan nilai aspek teknis, harga, dan redaman panas pada batako sekam padi dengan bata ringan yang ada di pasaran

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan alternatif material dinding berupa batako sekam padi yang kompetitif di pasaran yang dapat diaplikasikan oleh para pelaku konstruksi.
2. Memanfaatkan sekam padi sebagai material ramah lingkungan sehingga dapat ikut berkontribusi dalam menjaga keseimbangan alam.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini adalah lanjutan penelitian Fahri (2021) guna memperoleh batako sekam padi yang memiliki kuat desak yang lebih tinggi. Batasan penelitian

dimaksudkan agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan sasaran yang ditinjau dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Guna memperoleh kuat desak batako sekam padi yang lebih tinggi, proporsi sekam padi dibuat lebih sedikit dibandingkan dengan penelitian Fahri (2021).
2. Pembuatan benda uji menggunakan cetakan batako tipe pejal dengan dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm.
3. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas.
4. Biaya produksi batako sekam padi dihitung berdasarkan data-data survei di wilayah Sleman.
5. Bata ringan yang digunakan sebagai pembanding adalah bata ringan merek BlessCon yang banyak dijual di toko-toko bangunan di Yogyakarta.
6. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) merek Tiga Roda.
7. Penelitian biaya produksi difokuskan pada orientasi analisis kelayakan ekonomi pengusaha batako.
8. Proses pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
9. Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang sejenis atau hampir sama dengan penelitian yang akan dilakukan dan dijadikan referensi oleh peneliti.

2.1.1 Pemanfaatan Sekam Padi pada Batako

Untuk mengetahui pengaruh penambahan sekam padi sebagai bahan baku pembuatan batako, Budirahardjo dkk. (2014) melakukan pengujian terhadap karakteristik campuran batako sekam padi yang meliputi kuat tekan, berat volume, serta penyerapan air. Bahan baku campuran mortar batako yang digunakan adalah semen, pasir, dan sekam padi. Rasio perbandingan bahan baku divariasikan berdasarkan volume. Bagian untuk pasir bervariasi mulai dari 4 bagian, 5 bagian, 6 bagian, dan 7 bagian. Sedangkan bagian untuk sekam padi bervariasi dari 1 bagian, 2 bagian, dan 3 bagian.

Hasil kuat tekan yang paling tinggi pada tiap variasi penambahan sekam padi didapatkan pada campuran 1 semen : 6 pasir : 1 sekam padi, 1 semen : 6 pasir : 2 sekam padi, dan 1 semen : 5 pasir : 3 sekam padi, dengan nilai kuat tekan berturut-turut adalah $69,22 \text{ kg/cm}^2$, $28,27 \text{ kg/cm}^2$, dan $20,16 \text{ kg/cm}^2$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan akan menurun seiring dengan bertambahnya proporsi sekam padi.

Selanjutnya, nilai berat volume yang paling tinggi pada tiap variasi penambahan sekam padi didapatkan pada campuran 1 semen : 7 pasir : 1 sekam padi, 1 semen : 7 pasir : 2 sekam padi, dan 1 semen : 7 pasir : 3 sekam padi, dengan nilai densitas berturut-turut adalah $2,275 \text{ g/cm}^3$, $2,238 \text{ g/cm}^3$, dan $20,16 \text{ kg/cm}^2$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai densitas juga akan menurun seiring dengan bertambahnya proporsi sekam padi.

Pada pengujian penyerapan air, nilai yang paling tinggi pada tiap variasi penambahan sekam padi didapatkan pada campuran 1 semen : 4 pasir : 1 sekam

padi, 1 semen : 4 pasir : 2 sekam padi, dan 1 semen : 4 pasir : 3 sekam padi, dengan nilai penyerapan air berturut-turut adalah 13,25%, 15,38%, dan 15,82 %. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai penyerapan air akan bertambah seiring dengan bertambahnya proporsi sekam padi.

2.1.2 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual

Amali (2019) telah meneliti batako sekam padi dengan proses pencetakan secara manual atau tanpa mesin. Proses pencetakan dilakukan dengan posisi batako tidur dan dengan dipukul-pukul menggunakan palu untuk proses pemadatannya. Pencetakan batako dilakukan secara manual untuk menghindari kecacatan dan menjaga batako tetap presisi. Namun, produksi batako sekam padi secara manual akan menghasilkan batako dengan jumlah yang lebih sedikit per harinya dibandingkan dengan menggunakan mesin.

Dalam penelitian ini, bahan susun berupa filler sebagai bahan susun batako menggunakan abu batu yang merupakan limbah hasil penggergajian batu andesit di Ngemplak Sleman. Abu batu digunakan sebagai pengisi karena diameter partikel abu batu yang sangat kecil. Abu batu akan menggumpal dan lengket apabila terkena air. Di daerah Ngemplak, Kabupaten Sleman Yogyakarta, abu batu terbilang mudah didapatkan dan ekonomis, sehingga dijadikan alternatif dalam bahan susun batako ini.

Perbandingan komposisi bahan susun batako yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 1 semen : 3 pengisi dan masih ditambah dengan sekam padi dengan variasi 2,5 sampai dengan 10. Perbandingan yang terbaik didapatkan pada batako dengan perbandingan 1 semen : 3 abu batu : 6 sekam padi, karena menghasilkan batako dengan berat paling ringan yaitu sebesar 1.806 kg/m^3 , namun memiliki kuat tekan rata-rata sebesar $25,240 \text{ kg/cm}^2$, sehingga sudah memenuhi standar SNI 03-0349-1989 (batako untuk pasangan dinding) mengenai kuat tekan minimum untuk batako pejal yaitu sebesar 25 kg/cm^2 . Pengujian penyerapan air juga dilakukan dan pada batako tersebut dan menghasilkan nilai penyerapan air sebesar 11,460 %. Hasil tersebut sudah sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 yaitu penyerapan air maksimum sebesar 25%.

Amali (2019) juga melakukan analisis mengenai harga pokok produksi batako sekam padi dan mendapatkan harga untuk sebuah batako sekam padi sebesar Rp10.000 sedangkan harga batako yang serupa di pasaran adalah hanya Rp5.318, sehingga tidak layak secara ekonomi. Penyebab utama harga yang mahal ini dikarenakan jumlah produksi batako yang hanya mencapai 60 buah per hari dengan 2 orang pekerja.

2.1.3 Pengaruh Penambahan Sekam Padi sebagai Agregat Halus terhadap Karakteristik Batako

Winarno dkk. (2020) melanjutkan penelitian Amali (2019) untuk mencari perbandingan komposisi bahan susun batako yang lebih optimal. Sekam padi pada batako ini digunakan sebagai pengganti pasir. Seperti pada penelitian sebelumnya, batako juga dicetak secara manual atau *hand cast*.

Untuk membuat batako menjadi lebih ringan dari penelitian Amali (2019), komposisi sekam padi pada batako harus ditambah. Sedangkan komposisi semen dan abu batu harus tetap berjumlah 4 bagian. Oleh karena itu ditentukan 2 kelompok komposisi bahan susun batako yang terdiri dari 1,25 semen : 2,75 pengisi, dan 1,5 semen : 2,5 pengisi. Keduanya masih ditambah dengan sekam padi dengan variasi mulai dari 8,5 sampai dengan 10 dengan interval 0,5.

Hasil variasi terbaik terhadap kuat tekan dan serapan air diperoleh pada variasi II-A, yaitu dengan perbandingan komposisi bahan susun 1,5 semen : 2,5 pengisi : 8,5 sekam padi, dengan nilai kuat tekan sebesar 32,21 kg/cm², nilai penyerapan air sebesar 5,83%, dan nilai berat volume sebesar 1602,41 kg/m³. Namun, dihasilkan juga batako yang lebih ringan pada variasi I-A dengan perbandingan komposisi bahan susun 1,25 semen : 2,75 pengisi : 8,5 sekam padi, dengan nilai kuat tekan sebesar 26,27 kg/cm², nilai penyerapan air sebesar 7,85%, dan nilai berat volume sebesar 1528,45 kg/m³.

2.1.4 Pengaruh Sekam Padi sebagai Agregat pada Batako terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas

Untuk mendapatkan batako sekam padi yang lebih ringan, Fahri (2021) melakukan penelitian untuk mencari komposisi campuran yang optimal dengan cara mengurangi komposisi abu batu di dalam campuran. Pada penelitian ini komposisi yang digunakan adalah 1 semen : 1 abu batu dengan komposisi sekam padi yang bervariasi mulai dari 4, 6, 8, 10 sampai dengan 12.

Selain itu proses pencetakan batako dilakukan menggunakan mesin cetak untuk meningkatkan produktivitas sehingga mampu memproduksi batako dengan jumlah yang banyak dalam satu hari. Dari hasil perhitungan harga pokok produksi, terbukti bahwa penggunaan mesin cetak mampu membuat harga batako menjadi lebih murah yaitu sebesar Rp5.500,- per buah sehingga mampu bersaing dengan produk bata ringan merek Citicon yang dijadikan pembanding pada penelitian ini.

Dari hasil penelitian diperoleh komposisi yang optimal yaitu pada perbandingan campuran 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi. Berat volume yang dihasilkan sebesar $1104,48 \text{ kg/m}^3$ yang lebih ringan daripada penelitian sebelumnya, namun kuat desak yang dihasilkan hanya sebesar $13,77 \text{ kg/cm}^2$ yang masih belum memenuhi standar SNI meskipun sudah lebih besar jika dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon yaitu sebesar $12,64 \text{ kg/cm}^2$. Kuat desak batako sekam padi ini perlu ditingkatkan dengan penelitian lanjutan.

Selain itu, Fahri (2021) juga melakukan penelitian mengenai redaman panas pada batako sekam padi menggunakan alat *thermocouple*. Nilai redaman panas batako yang optimal juga didapatkan pada batako dengan komposisi campuran 1 semen : 1 abu batu : 1 sekam padi yaitu sebesar $9,87^\circ\text{C}$. Hasil tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan bata ringan yang hanya menghasilkan redaman panas sebesar $7,63^\circ\text{C}$.

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu di atas, maka diperoleh rincian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

| Peneliti | Budirahardjo dkk. (2014) | Amali (2019) | Winarno dkk. (2020) | Fahri (2021) |
|--------------------------|---|--|---|---|
| Tujuan Penelitian | Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan sekam padi terhadap kuat tekan mortar batako serta mengetahui penambahan sekam padi dengan jumlah yang tepat untuk mencapai kuat tekan yang optimal. | Untuk mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi agar memenuhi standar kuat desak dan penyerapan air sesuai dengan SNI-03-0349-1989, serta mengetahui harga produksinya sehingga dapat bersaing di pasaran. | Untuk menguji pemanfaatan sekam padi sebagai pengganti agregat halus pengganti pasir yang dikombinasikan dengan material pengisi dari limbah penggergajian batu atau abu batu. | Untuk mengetahui karakteristik teknis, nilai redaman panas, dan harga pokok produksi batako dengan penggunaan sekam padi sebagai agregat dan dibandingkan dengan bata ringan merek Citicon. |
| Metode Penelitian | Penelitian dilakukan dengan menguji material batako dengan bahan baku berupa semen, pasir, dan sekam padi terhadap kuat tekan, densitas, dan penyerapan airnya. Rasio perbandingan volume bahan baku yang divariasikan adalah pasir yaitu 4 bagian, 5 bagian, 6 bagian, dan 7 bagian, serta | Penelitian dilakukan dengan mencetak batako pada posisi tidur dan tidak menggunakan mesin. Bahan penyusun yang digunakan adalah semen, abu batu (pengisi), dan sekam padi. Digunakan campuran dengan perbandingan semen dan abu batu sebesar 1:3 dan ditambahkan sekam padi dengan variasi 2,5 , 3 , 4 , 5 | Penelitian dilakukan dengan mencetak batako secara manual. Bahan penyusun yang digunakan adalah semen, abu batu (pengisi), dan sekam padi. Komposisi campuran ditentukan dengan 2 kelompok dengan perbandingan volume. Kelompok 1 dan 2 berturut-turut terdiri dari | Penelitian dilakukan dengan mencetak batako dengan mesin cetak. Bahan penyusun yang digunakan adalah semen, abu batu, dan sekam padi dengan komposisi 1 semen : 1 abu batu dan dengan penambahan sekam padi dengan komposisi mulai dari 4 hingga 12 dengan interval 2. Pengujian yang |

| | | | | |
|-------------------------|--|---|--|--|
| | sekam padi yaitu 1 bagian, 2 bagian, dan 3 bagian. | , 6 , 7 , 8 , 9 , dan 10. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kuat tekan dan penyerapan air, serta melakukan analisis terhadap harga pokok produksi batako dan membandingkannya dengan batako yang ada di pasaran. | 1,2 semen : 2,75 pengisi, dan 1,5 semen : 2,5 pengisi. Sekam padi ditambahkan pada masing-masing kelompok tersebut dengan variasi mulai dari 8,5 sampai dengan 10 dengan interval 0,5. Kemudian dilakukan pengujian berdasarkan SNI-0349-1989 untuk mengetahui karakteristik batako dengan mencari nilai kuat tekan dan penyerapan airnya. | dilakukan berdasarkan SNI-0349-1989 untuk memperoleh nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air. Selain itu dilakukan juga pengujian redaman panas dan analisis harga pokok produksi. |
| Hasil Penelitian | Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan dan densitas akan menurun seiring dengan bertambahnya proporsi sekam padi, sedangkan nilai penyerapan air akan bertambah seiring dengan | Dari proses pencetakan batako secara manual menghasilkan batako yang presisi dan tanpa cacat, namun hanya mampu mencetak 60 buah batako dalam satu hari dengan 2 orang pekerja. Campuran terbaik didapatkan pada | Batako yang memenuhi standar SNI adalah variasi I-A dengan nilai kuat tekan sebesar 26,27 kg/cm ² pada perbandingan komposisi campuran 1,25 semen : 2,75 pengisi : 8,5 sekam padi. Selain itu variasi II-A dan II-B juga memenuhi | Komposisi campuran batako yang optimal didapatkan pada komposisi campuran 1 semen : 1 abu batu : 4 sekam padi. Berat volume yang diperoleh adalah sebesar 1104,48 kg/m ³ dan menghasilkan kuat tekan sebesar 13,77 kg/cm ² . Hasil |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | <p>bertambahnya proporsi sekam padi. Hasil kuat tekan yang paling tinggi terdapat pada variasi campuran 1 semen : 6 pasir : 1 sekam dengan nilai kuat tekan 69,22 kg/cm². Densitas tertinggi terdapat pada variasi campuran 1 semen : 7 pasir : 1 sekam dengan nilai densitas 2,275 g/cm³. Penyerapan air yang paling tinggi terdapat pada variasi campuran 1 semen : 4 pasir : 3 sekam padi dengan nilai penyerapan air 15,82%.</p> | <p>variasi I dengan perbandingan 1 semen : 3 abu batu : 2,5 sekam padi dengan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 79,472 kg/cm². Variasi lainnya yang memenuhi standar SNI 03-0349-1989 adalah variasi II, III, IV, dan V dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 51,120 kg/cm², 35,637 kg/cm², 26,342 kg/cm², dan 25,240 kg/cm². Hasil nilai kuat tekan variasi VI hingga X tidak masuk ke dalam standar SNI, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak komposisi sekam padi, maka semakin rendah pula nilai kuat tekannya. Hasil penyerapan air memenuhi standar SNI untuk semua variasi dan semakin besar</p> | <p>standar SNI dengan kuat tekan 32,21 kg/cm² dan 25,97 kg/cm² pada komposisi 1,5 semen : 2,5 pengisi : 8,5 sekam padi dan 1,5 semen : 2,5 pengisi : 9 sekam padi. Sedangkan nilai penyerapan air sudah memenuhi syarat SNI untuk semua variasi dan yang terkecil didapatkan pada variasi II-A sebesar 5,83%. Dapat disimpulkan bahwa sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan susun batako yang memenuhi SNI</p> | <p>kuat tekan tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan bata ringan dengan nilai kuat tekan sebesar 12,64 kg/cm², namun masih belum memenuhi standar SNI yaitu sebesar 25 kg/cm². Selain itu nilai redaman panas yang dihasilkan oleh batako sekam padi lebih baik jika dibandingkan dengan bata ringan, yaitu dengan nilai 9,87°C untuk batako sekam padi, dan 7,63°C untuk bata ringan. Harga batako sekam padi yang diproduksi juga lebih murah jika dibandingkan dengan bata ringan di pasaran dengan harga Rp5.500 per buah atau Rp522.500 per m³ untuk batako sekam padi, dan Rp9.500 per buah atau</p> |
|--|--|--|--|---|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | <p>seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi. Harga pokok yang dihasilkan untuk memproduksi satu buah batako adalah sebesar Rp10.000, sedangkan harga batako di pasaran hanya sebesar Rp5.318, sehingga tidak layak secara ekonomi.</p> | <p>Rp788.500 per m³ untuk bara ringan merek Citicon.</p> |
|--|--|--|---|

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian pada batako dengan bahan penyusun berupa semen, abu batu, dan sekam padi. Batako dicetak menggunakan mesin cetak berpenggetar dengan posisi batako tidur. Digunakan campuran dengan perbandingan volume semen dan abu batu sebesar 1:1 dan ditambahkan sekam padi dengan variasi 2, 3, 4, 5, dan 6. Oleh karena itu, perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada metode pencetakannya dan perbandingan campurannya dengan mengurangi proporsi sekam padinya. Selain itu dilakukan juga pengujian untuk mengetahui nilai redaman panas serta dilakukan analisis mengenai harga produksinya. Hasil dari pengujian batako sekam padi akan dibandingkan dengan produk bata ringan yang ada di pasaran dengan merek BlessCon. Bata ringan BlessCon ini dipilih karena material ini banyak dipakai dan dijual oleh toko-toko bangunan di Yogyakarta dan sekitarnya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako atau bata beton merupakan satu dari banyak produk beton pracetak yang sering digunakan pada konstruksi dinding bangunan. Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton adalah suatu jenis unsur bahan bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen *portland*, air dan agregat. Batako dicetak melalui proses pemadatan dengan cara manual atau menggunakan mesin sehingga menjadi balok-balok dengan ukuran tertentu. Proses pengerasan batako dilakukan tanpa melalui pembakaran serta proses pemeliharaannya ditempatkan pada tempat yang lembap atau terlindung dari sinar matahari langsung dan hujan.

Batako dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan bentuknya yaitu batako pejal dan bata batako berlubang. Batako pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya. Sedangkan batako berlubang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya. Adapun contoh batako pejal dan batako berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.1 Batako Pejal



Gambar 3.2 Batako Berlubang

Menurut Herosonna (2017), batako memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut.

1. Kelebihan batako
 - a. Dibutuhkan lebih sedikit batako untuk tiap m^2 pasangan tembok jika dibandingkan dengan batu bata.
 - b. Pembuatannya mudah dan ukuran dapat dibuat sama.
 - c. Ukurannya yang besar sehingga dapat menghemat waktu dan ongkos pemasangan.
 - d. dapat berfungsi sebagai isolasi udara untuk batako berlubang.
 - e. Tidak perlu diplester apabila pekerjaan rapi.
 - f. Mudah dipotong untuk sambungan yang membutuhkan potongan.
 - g. Tidak perlu direndam air sebelum digunakan.
 - h. Kedap air sehingga tidak mudah rembes.
2. Kekurangan batako
 - a. Mudah terjadi retak rambut.
 - b. Mudah pecah saat dilubangi karena terdapat rongga pada bagian dalamnya.
 - c. Kurang baik sebagai isolasi panas dan suara.

Ukuran dan toleransi serta syarat fisik untuk batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

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

Sumber: SNI 03-0349-1989

Tabel 3.2 Syarat-Syarat Fisik Bata Beton

| No. | Syarat fisis | Satuan | Tingkat mutu bata beton pejal | | | | Tingkat mutu bata beton berlubang | | | |
|-----|---|--------------------|-------------------------------|----|-----|----|-----------------------------------|----|-----|----|
| | | | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| 1. | Kuat tekan bruto* rata-rata min. | kg/cm ² | 100 | 70 | 40 | 25 | 70 | 50 | 35 | 20 |
| 2. | Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min. | kg/cm ² | 90 | 65 | 35 | 21 | 65 | 45 | 30 | 17 |
| 3. | Penyerapan air rata-rata maks | % | 25 | 35 | - | - | 25 | 35 | - | - |

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

Sumber: SNI 03-0349-1989

Bata beton dibedakan menjadi empat tingkatan mutu, yaitu mulai dari tingkat mutu I sampai tingkat mutu IV sebagai berikut.

1. Tingkat Mutu I, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).
2. Tingkat Mutu II, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).
3. Tingkat Mutu III, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu

terlindung dari hujan dan terik matahari, tetapi permukaan dinding dari bata tersebut boleh tidak diplester (di bawah atap).

4. Tingkat Mutu IV, yaitu bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan di bawah atap).

3.2 Material Penyusun Batako

3.2.1 Semen *Portland*

Semen merupakan bahan perekat hidraulis yang mampu bereaksi dan mengeras bila bercampur dengan air. Priambodo (2016) menyatakan bahwa umumnya terdapat tiga macam material penyusun semen, yang pertama adalah *clinker* atau terak semen yang merupakan hasil pengolahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi, dan tanah liat dengan kadar 70% hingga 95%, yang kedua adalah *gypsum* untuk memperlambat pengerasan dengan kadar sekitar 5%, serta material ketiga seperti batu kapur, *pozzolan*, abu terbang, dan lain-lain.

Menurut SNI 2049-2015, semen *portland* merupakan semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidraulis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain.

Berdasarkan SNI 2049-2015, semen *portland* dibagi menjadi lima jenis berdasarkan kegunaannya sebagai berikut.

1. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III yaitu semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

5. Jenis V yaitu semen *portland* yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan batako. Salah satu fungsinya saat dicampur dengan semen *portland* adalah sebagai reaktor atau untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan pengerasan. Hasil dari reaksi kimia ini akan menentukan bagaimana semen *portland* mendapatkan kekuatan, sehingga kualitas air harus sangat diperhatikan.

Air yang digunakan dalam campuran batako harus menggunakan air yang bersih. Air tidak boleh mengandung lumpur, minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lainnya yang dapat menurunkan kualitas batako.

3.2.3 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan terluar dari padi berupa lapisan keras yang terdiri dari dua belahan yang saling bertautan. Sekam padi dihasilkan dari proses penggilingan padi menjadi butir beras. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari total bobot gabah kering. Selama tahun 2021, Indonesia menghasilkan gabah kering giling sebanyak 54,42 juta ton, artinya sekam padi yang dihasilkan adalah sekitar 16,32 juta ton. Kandungan kimia yang terkandung dalam sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia Sekam Padi

| No. | Komponen | %Berat |
|-----|----------|-----------|
| 1. | Selulosa | 50% |
| 2. | Lignin | 25% - 30% |
| 3. | Silika | 15% - 20% |

Sumber: Ismail dan Waliuddin (1996)

Saat ini sekam padi masih dianggap sebagai limbah atau bahan buangan dari proses pengolahan hasil pertanian. Pemanfaatannya yang masih belum optimal dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan. Sekam padi dalam penanganannya selama ini masih dibiarkan membusuk atau ditumpuk dan dibakar yang akan

memberikan dampak negatif bagi lingkungan sehingga solusi penanggulangannya perlu dilakukan.

Penggunaan sekam padi mentah pada batako sudah pernah diteliti. Pada penelitian sebelumnya dapat dilihat bahwa sekam padi bisa digunakan sebagai bahan dalam campuran pembuatan batako yang memenuhi standar SNI. Selain itu rongga udara yang dihasilkan dari sekam padi pada campuran batako akan menghasilkan batako yang lebih ringan dari batako normal, sehingga dapat mengurangi beban mati yang bekerja pada struktur bangunan. Bangunan yang ringan akan mengurangi beban yang harus ditanggung oleh fondasi sehingga dapat menghemat biaya akibat kebutuhan fondasi yang berkurang. Adapun sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Sekam Padi

3.2.4 Abu Batu

Abu batu merupakan limbah industri dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan mesin pemotong batu. Limbah ini dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan karena dapat mencemari ekosistem sungai. Pada penelitian ini abu batu digunakan sebagai *filler* atau pengisi yang ditambahkan pada campuran bahan susun pembuatan batako sekam padi. Abu batu yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu hasil limbah penggergajian batu andesit yang banyak dijumpai di Kecamatan Ngemplak dan Cangkringan, Kabupaten Sleman.

Abu batu digunakan sebagai *filler* karena diameter partikel abu batu yang sangat halus. Abu batu memiliki sifat menggumpal dan lengket apabila bercampur dengan air. Oleh karena itu, penambahan abu batu dalam campuran batako bisa menjadi alternatif untuk menghemat penggunaan semen dan juga sebagai pengisi. Adapun abu batu yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Abu batu

3.3 Pengujian Batako Sekam Padi dan Bata Ringan

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.3.1 Uji Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan benda uji dalam menerima beban tekan per satuan luas. Kuat tekan ditunjukkan dengan besarnya nilai beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur saat pengujian dengan mesin tekan. Kuat tekan batako akan menentukan mutu batako, semakin tinggi nilai kuat tekan maka mutu yang dihasilkan akan semakin tinggi. Salah satu hal yang mempengaruhi besarnya nilai kuat tekan adalah proporsi bahan penyusun. Oleh karena itu, campuran batako harus dirancang untuk memenuhi kuat tekan yang disyaratkan. Nilai kuat tekan dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

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

dengan:

σ = Kuat tekan (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

3.3.2 Uji Penyerapan Air

Penyerapan air adalah persentase berat air yang mampu diserap oleh benda uji. Nilai penyerapan air dipengaruhi oleh banyaknya rongga pada benda uji, semakin banyak rongga maka nilai penyerapan air akan semakin besar. Nilai penyerapan air dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

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

dengan:

A = Berat benda uji kering permukaan di udara setelah perendaman (gram)

B = Berat benda uji kering oven, di udara (gram)

3.3.3 Uji Redaman Panas

Perpindahan atau perambatan panas pada sebuah benda terjadi pada benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi pada suatu zat tanpa disertai perpindahan partikel-partikel dari zat tersebut. Contohnya pada saat membakar ujung besi, maka ujung besi yang tidak panas akan menjadi panas. Setiap benda memiliki kemampuan memindahkan panas yang berbeda-beda tergantung jenisnya, dimana hal tersebut berkaitan dengan nilai konduktivitas termalnya.

Konduktivitas termal suatu benda merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu benda untuk memindahkan panas melalui benda tersebut. Benda yang memiliki konduktivitas termal besar merupakan penghantar panas yang baik. Sebaliknya, benda yang memiliki konduktivitas termal kecil merupakan penghantar panas yang buruk.

Pada umumnya nilai konduktivitas termal beton adalah sebesar $1,7 \times 10^{-3} \text{ J.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{K}^{-1}$ sedangkan kayu adalah sebesar $1,2 \times 10^{-4} \text{ J.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Dari kedua material tersebut maka dapat dikatakan bahwa kayu memiliki konduktivitas termal 14 kali lebih rendah dibandingkan dengan beton. Analogi ini bisa dipakai bahwa sekam padi yang disetarakan dengan kayu memiliki konduktivitas termal 14 kali lebih rendah dibandingkan dengan material beton, sehingga batako sekam padi memiliki redaman panas yang lebih baik dibandingkan bata ringan (tanpa sekam padi).

Pengujian redaman panas pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako dalam menyerap panas. Untuk mencari nilai redaman panas pada batako dilakukan dengan pengukuran suhu dengan menggunakan alat *thermocouple* pada bagian atas batako yang terpapar sinar matahari dan pada bagian bawahnya yang terlindung dari sinar matahari, sehingga nilai redaman panas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

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

dengan:

ΔT = Selisih suhu pada bagian atas dan bawah ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 = Suhu pada bagian atas ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Suhu pada bagian bawah ($^{\circ}\text{C}$)

3.3.4 Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki morfologi atau struktur pada permukaan sampel dengan pembesaran hingga jutaan kali lipat dan dengan resolusi gambar yang baik. Kemampuan untuk mengetahui bentuk dan ukuran dari partikel penyusun suatu objek membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian.

SEM bekerja berdasarkan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel, yang selanjutnya informasi yang didapatkan ditampilkan dalam gradasi gelap terang pada layar monitor CRT (*cathode ray tube*) dalam bentuk gambar. Pada prosesnya, SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan, sehingga bisa

digunakan untuk melihat obyek dari sudut pandang 3 dimensi. Dengan menggunakan SEM maka gambaran dari permukaan, ukuran, dan bentuk bulir dari suatu bahan dapat dilihat (Widiyastuti, 2016). Pengujian SEM pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis rongga pada batako sekam padi dan bata ringan.

3.4 Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi pada suatu perusahaan baik besar maupun kecil perlu dilakukan sebab harga pokok produksi merupakan data yang sangat dibutuhkan dalam menentukan harga jual suatu produk. Penentuan harga jual sangat berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan, sehingga harga pokok produksi harus dihitung secara tepat dan akurat. Penentuan harga jual yang tepat juga perlu diperhatikan agar mampu bersaing dengan produk yang serupa di pasaran.

Menurut Mulyadi (2003), harga pokok produksi memperhitungkan semua unsur biaya yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik sebagai berikut.

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan baku yang digunakan untuk proses produksi, seperti biaya material pembuatan batako, biaya alat cetak batako, dan papan alas.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung adalah biaya yang dibayarkan kepada tenaga kerja yang terlibat secara langsung dalam proses pengolahan bahan baku menjadi produk jadi. Contohnya seperti upah yang dibayarkan kepada pekerja perusahaan batako.

3. Biaya *overhead* pabrik

Biaya *overhead* pabrik bisa juga disebut biaya tidak langsung, yaitu suatu komponen biaya produksi yang tidak memiliki hubungan langsung dengan suatu produk tertentu. Biaya *overhead* pabrik meliputi semua biaya di luar dari biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung, seperti biaya listrik, biaya air, biaya konsumsi, biaya THR, dan biaya pengiriman.

Manfaat dari penentuan harga pokok produksi secara garis besar adalah sebagai berikut.

1. Sebagai penetapan harga jual
Harga pokok produksi sangat penting untuk diketahui oleh perusahaan, karena harga produksi dapat berpengaruh terhadap penentuan harga jual suatu produk.
2. Sebagai dasar penetapan laba
Setelah perusahaan membuat perhitungan harga pokok produksi, maka perusahaan tersebut dapat menetapkan laba yang diharapkan. Laba tersebut akan mempengaruhi tingkat harga jual suatu produk.
3. Sebagai dasar penilaian efisiensi
Harga pokok produksi dapat dijadikan sebagai dasar pengontrol pemakaian bahan, upah, dan biaya tidak langsung. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menetapkan harga pokok standar terlebih dahulu, kemudian membandingkan dengan harga pokok aktual. Lalu diteliti apakah terdapat selisih pada perhitungan harga pokok tersebut. Jika terdapat selisih negatif, maka pelaksanaan proses produksi belum efisiensi dan perusahaan perlu mengetahui penyebabnya, sehingga kesalahan tersebut dapat dikoreksi lalu diperbaiki. Jika terdapat selisih positif, maka perlu ditelusuri lebih lanjut. Apakah karena perusahaan telah melaksanakan proses produksi secara efisien ataukah perhitungan harga pokok standar yang kurang tepat.
4. Sebagai dasar pengambil keputusan manajemen
Harga pokok produksi adalah pedoman penting dan juga dapat dijadikan sebagai unsur untuk mengambil keputusan bagi perusahaan, misalnya :
 - a. Menetapkan perubahan harga jual.
 - b. Menetapkan penyesuaian proses produksi.
 - c. Menetapkan strategi persaingan di pasaran.
 - d. Menetapkan ekspansi perusahaan.

3.5 *Break Even Point (BEP)*

BEP adalah suatu keadaan atau titik di mana kumulatif pengeluaran sama dengan kumulatif pendapatan (Puspawardani, 2004). BEP menunjukkan bahwa tingkat produksi telah menghasilkan pendapatan yang sama besarnya dengan biaya produksi yang dikeluarkan. Pada titik ini perusahaan tidak mendapatkan keuntungan atau menderita kerugian.

Pada penelitian ini BEP digunakan untuk mencari jumlah batako yang harus terjual untuk menutupi modal awal yang sudah dikeluarkan dengan cara membagi modal awal dengan selisih harga dasar dan harga jual (keuntungan) seperti pada Persamaan 3.4. berikut.

$$\text{Jumlah batako pada titik BEP} = \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harg dasar}} \quad (3.4)$$

Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan BEP tersebut juga dapat dicari dengan membagi jumlah batako pada titik BEP dengan jumlah batako yang terjual per harinya seperti pada Persamaan 3.5 berikut.

$$\text{Waktu BEP} = \frac{\text{Jumlah batako pada titik BEP}}{\text{Jumlah batako yang terjual per hari}} \quad (3.5)$$

Adapun manfaat BEP menurut Kasmir (2011) adalah sebagai berikut.

1. Mendesain spesifikasi produk.
2. Menentukan harga jual per satuan.
3. Menentukan jumlah penjualan minimal agar tidak mengalami kerugian.
4. Memaksimalkan jumlah produksi.
5. Merencanakan tujuan yang diinginkan dan tujuan yang lainnya.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah langkah-langkah atau prosedur dalam mendapatkan ilmu untuk mencari jawaban atas permasalahan yang telah diuraikan melalui tahapan yang sistematis. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah suatu penelitian untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam suatu kondisi yang terkontrol. Di dalam suatu penelitian terdapat variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Pada penelitian ini variabel bebas meliputi penambahan sekam padi pada campuran batako, sedangkan variabel terikat meliputi kekuatan desak, serapan air, redaman panas, dan harga pokok produksi. Penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) UII untuk pembuatan sampel dan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk pengujian sampel.

4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut.

4.2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian agar penelitian yang akan dilakukan berjalan dengan lancar. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat yang digunakan

a. Saringan

Saringan ukuran 5 mm dan 2 mm digunakan untuk menyaring abu batu yang menggumpal untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan.

b. Ember ukur

Ember ukur digunakan sebagai wadah dan alat ukur komposisi campuran.

c. Sekop

Sekop digunakan untuk memindahkan semen, abu batu, dan sekam padi dari satu tempat ke tempat lain.

d. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar air yang digunakan di dalam campuran.

e. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat material yang akan digunakan.

f. *Mixer machine*

Mixer machine digunakan untuk mengaduk campuran agar tercampur rata. Alat *mixer machine* dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 *Mixer Machine*

g. *Press machine*

Press machine digunakan untuk membuat batako dengan memadatkan campuran ke dalam cetakan. Alat *press machine* dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Press Machine

- h. Cetakan batako

Cetakan batako yang digunakan memiliki ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm. Cetakan batako dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.
 - i. Papan kayu

Papan kayu dengan ukuran 50 cm x 30 cm digunakan sebagai alas batako segar yang baru dicetak. Papan kayu dilapisi dengan lapisan yang tidak menyerap air seperti plastik atau terpal.
 - j. Plastik Bening

Plastik bening digunakan untuk menutupi batako sehingga kelembapan batako tetap terjaga.
 - k. Alat bantu

Alat bantu yang digunakan berupa meteran, penggaris, kalkulator, buku catatan, dan alat tulis.
2. Bahan yang digunakan
 - a. Semen

Pada penelitian ini digunakan Semen *Portland* tipe I merek Tiga Roda

b. Abu batu

Abu batu didapatkan dari limbah penggajian batu andesit di Kecamatan Angkringan, Kabupaten Sleman.

c. Sekam Padi

Sekam padi didapatkan dari areal persawahan di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman.

d. Air

Air yang digunakan merupakan air tanah yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia.

4.2.2 Tahap Perencanaan Komposisi

Perencanaan komposisi campuran bahan susun batako diukur menggunakan perbandingan volume. Rasio volume digunakan agar memudahkan pengukuran proporsi bahan penyusun batako selama proses pencampuran. Komposisi bahan susun batako dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako

| Variasi | Komposisi dalam volume | | |
|---------|------------------------|----------|------------|
| | Semen | Abu batu | Sekam padi |
| I | 1 | 1 | 2 |
| II | 1 | 1 | 3 |
| III | 1 | 1 | 4 |
| IV | 1 | 1 | 5 |
| V | 1 | 1 | 6 |

4.2.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

Tahapan dalam pembuatan benda uji batako sekam padi adalah sebagai berikut.

1. Persiapan bahan susun
 - a. Pengambilan sampel sekam padi dan abu batu dari tempat asalnya.
 - b. Menyaring abu batu menggunakan saringan 5 mm dan 2 mm untuk memisahkan kerikil.

- c. Menimbang setiap bahan susun menggunakan ember ukur untuk mencari berat volume. Penimbangan bahan susun dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Penimbangan Bahan Susun

- d. Membuat paket-paket bahan susun berdasarkan variasi yang telah ditentukan pada Tabel 4.1 menggunakan kantong plastik untuk memudahkan dalam proses pencampuran. Paket-paket bahan susun dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Paket-Paket Bahan Susun

2. Pencampuran bahan susun

Pada penelitian Fahri (2021) metode pencampurannya adalah dengan sistem campuran kering sebagai berikut : sekam, abu batu, dan semen dicampur dalam posisi kering, kemudian ditambahkan air perlahan-lahan. Pada penelitian ini metode pencampuran bahan susun batako diubah sebagai berikut : sekam masukkan ke dalam *mixer machine* pertama kali kemudian dicampur dengan air secukupnya hingga tampak basah (kondisi pori-pori sekam padi sudah jenuh air). Abu batu kemudian menyusul dituang dalam *mixer machine* dengan mesin tetap beroperasi. Kemudian semen dituang secara bertahap, sampai menjadi adonan campuran yang dapat menggumpal jika digenggam memaki telapak tangan. Air jenuh yang sudah berada di pori-pori sekam ini tidak akan mengganggu proses hidrasi kimia antara semen dan air. Kebutuhan air untuk proses hidrasi dengan semen dicukupi dari air yang dituang setelah semen bercampur. Kondisi ini menyebabkan proses hidrasi air dan semen dapat berlangsung dengan sempurna. Adapun uraian proses pencampuran adalah sebagai berikut.

- a. Membersihkan *mixer machine* dari kotoran yang menempel pada setiap sisinya agar tidak mengganggu komposisi campuran.
- b. Memasukkan sekam padi sesuai dengan komposisi campuran ke dalam *mixer machine* dan dicampur dengan air secukupnya hingga kondisi pori-pori sekam padi jenuh air.
- c. Abu batu yang sudah ditakar kemudian menyusul dituang ke dalam *mixer machine* yang sudah ada sekam padi basah sebelumnya.
- d. Semen dituang secara bertahap, sampai menjadi adonan campuran yang dapat menggumpal jika digenggam memaki telapak tangan.
- e. Menambahkan air secara bertahap ke dalam *mixer machine* hingga mendapatkan campuran yang mudah dicetak. Hasil campuran diuji menggunakan telapak tangan dengan cara digenggam untuk mengukur apakah campuran sudah mudah dicetak atau belum. Apabila campuran di dalam genggam tidak pecah saat dibuka atau sudah banyak air yang

melekat pada telapak tangan, maka penambahan air dapat dihentikan. Proses pencampuran bahan susun dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Pencampuran Bahan Susun

- f. Mengeluarkan campuran batako segar yang sudah homogen dari *mixer machine* dengan membuka penutup lubang pada bagian bawah alat.
3. Pencetakan batako
 - a. Menyiapkan campuran dengan perbandingan 1 semen : 4 pasir : 1 sekam padi untuk melapisi bagian atas batako sehingga permukaan batako menjadi rata dan rapi.
 - b. Melapisi bagian dalam cetakan menggunakan minyak agar batako tidak lengket dengan cetakan dan mudah untuk dilepaskan sehingga didapatkan bentuk batako yang presisi.
 - c. Meletakkan papan kayu di bawah cetakan sebagai alas untuk batako yang akan dicetak.
 - d. Memasukkan campuran batako sekam padi ke dalam cetakan dan mesin digetarkan untuk membuat campuran menjadi padat.

- e. Menghamparkan campuran semen, pasir, dan sekam padi yang sudah dibuat ke permukaan atas batako dengan ketebalan 3 mm – 5 mm dan diratakan dengan kayu perata. Proses memasukkan campuran ke dalam cetakan dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Memasukkan Campuran ke Dalam Cetakan

- f. Melepaskan tuas beban ke permukaan sehingga beban akan turun dan menekan batako hingga padat.
- g. Mengangkat tuas beban dan cetakan secara bersamaan dan perlahan sehingga menghasilkan batako yang utuh dan tanpa cacat.
- h. Memindahkan sementara batako yang baru dicetak beserta dengan papan kayunya ke dalam tempat yang teduh. Batako yang baru dicetak dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Batako Segar yang Baru Dicetak

- i. Memberikan kode nama pada setiap batako sesuai dengan variasinya agar mudah dikenali dan tidak tertukar dengan variasi yang lainnya.
- j. Batako yang sudah berumur satu hari dan sudah mengeras dipindahkan ke tempat penyimpanan yang teduh dan lembap dengan posisi ditumpuk-tumpuk.
- k. Menutup tumpukan batako menggunakan plastik bening agar terhindar dari air hujan dan menjaga kondisi batako tetap lembap dan dibiarkan mengeras selama 28 hari. Tempat penyimpanan batako dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Tempat Penyimpanan Batako

4.3 Prosedur Pengumpulan Data

4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi

Selama proses pembuatan batako, komposisi bahan penyusun batako seperti semen, abu batu, air, dan sekam padi ditakar dengan teliti sebelum dicampur. Selain itu diamati juga waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu buah batako mulai dari tahap persiapan, pencampuran, dan pencetakan, kebutuhan volume bahan susunnya, serta berapa jumlah batako yang dapat diproduksi per harinya.

4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium

Sampel yang diuji di laboratorium adalah sampel batako sekam padi dan sampel bata ringan merek BlessCon. Pengujian dilakukan terhadap batako yang sudah berumur 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Desak

Pengujian kuat desak dilakukan pada masing-masing variasi menggunakan lima buah sampel. Sebelum dilakukan pengujian, batako dicek terlebih

dahulu agar dapat berdiri tegak secara vertikal. Apabila terdapat batako yang miring, maka perlu dilakukan perataan permukaan menggunakan campuran semen dan abu batu terlebih dahulu agar batako dapat diuji dengan keadaan tegak. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji desak di laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia. Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat desak adalah sebagai berikut.

- a. Memberikan nama pada setiap sampel benda uji agar memudahkan dalam proses pencatatan hasil pengujian
- b. Mengukur dimensi dan berat benda uji untuk menghitung berat volumenya dengan cara membagi nilai berat dengan nilai volume pada semua sampel dan dirata-rata. Penimbangan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Penimbangan Benda Uji

- c. Meletakkan benda uji pada alat uji desak dengan posisi simetris dan tegak lurus.
- d. Meletakkan pelat besi tambahan di atas benda uji. Posisi benda uji pada alat uji desak dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Posisi Benda Uji pada Alat Uji Desak

- e. Memasang dial pengukuran penurunan pada benda uji.
 - f. Menjalankan alat uji desak dan memulai pembebanan.
 - g. Mencatat beban serta penurunannya pada setiap interval pembebanan.
 - h. Melakukan pembebanan hingga benda uji hancur serta mencatat beban maksimum yang diterima benda uji.
2. Pengujian Penyerapan Air
- Pengujian penyerapan air dilakukan pada masing-masing variasi menggunakan satu buah sampel yang dipotong menjadi tiga bagian. Adapun langkah-langkah dalam pengujian penyerapan air adalah sebagai berikut.
- a. Memotong batako menjadi tiga bagian menggunakan mesin pemotong sehingga terdapat tiga sampel dalam satu variasi.
 - b. Merendam benda uji ke dalam air bersih yang bersuhu ruang selama 24 jam. Proses perendaman benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Perendaman Benda Uji

- c. Mengeluarkan benda uji dari rendaman dan ditiriskan selama kurang lebih satu menit.
- d. Mengeringkan permukaan benda uji dengan menggunakan kain lembap.
- e. Mengukur berat benda uji hasil perendaman (A).
- f. Mengeringkan benda uji menggunakan oven selama 24 jam pada temperatur $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Pengeringan benda uji di dalam oven dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Pengeringan Benda Uji Menggunakan Oven

- g. Mengeluarkan benda uji dari oven dan mengukur berat benda uji kering oven (B)
 - h. Menghitung nilai penyerapan air menggunakan Persamaan 3.2.
3. Pengujian Redaman Panas
- Pengujian penyerapan air dilakukan pada masing-masing variasi menggunakan satu buah sampel. Pengujian dilakukan di lima titik yang berbeda pada permukaan bagian atas dan bawah batako dengan menggunakan alat *thermocouple*. Adapun langkah-langkah dalam pengujian redaman panas adalah sebagai berikut.
- a. Melubangi batako di lima titik yang berbeda pada permukaan bagian atas dan bawah untuk memasukkan alat *thermocouple*.
 - b. Menjemur batako di bawah sinar matahari langsung dengan jangka waktu penjemuran mulai dari jam 09.00 – 12.00. Proses penjemuran batako dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Penjemuran Batako

- c. Mengukur suhu pada permukaan batako bagian atas (T1) dan bagian bawah (T2) di titik-titik yang sudah ditentukan dengan interval 1 jam

sebanyak dua kali yaitu pada jam 12.00 dan jam 13.00. Proses pengukuran suhu menggunakan alat *thermocouple* dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Pengukuran Suhu Batako

d. Menghitung nilai redaman panas menggunakan Persamaan 3.3.

4.3.3 Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi

Pengumpulan data melalui analisis harga pokok produksi dilakukan dengan beberapa metode pengumpulan data sebagai berikut.

1. Studi Pustaka
Mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian tentang pembuatan batako.
2. Wawancara
Wawancara dilakukan dengan pihak yang berkompeten sesuai dengan data yang dicari.
3. Survei
Untuk membandingkan harga batako di pasaran dengan batako sekam padi hasil penelitian maka perlu dilakukan survei langsung ke pabrik atau toko bangunan yang menjual batako.

Adapun data yang diperlukan untuk menentukan harga pokok produksi adalah sebagai berikut.

1. Data harga batako di pasaran
2. Produktivitas tukang dalam membuat batako per hari
3. Data biaya produksi yang terdiri dari biaya-biaya sebagai berikut.
 - a. Biaya alat
 - b. Biaya material batako
 - c. Biaya papan kayu
 - d. Biaya bangunan
 - e. Biaya operasional
 - f. Biaya upah kerja
 - g. Biaya makan
 - h. Biaya tunjangan hari raya

4.3.4 Analisis Data dan Pembahasan

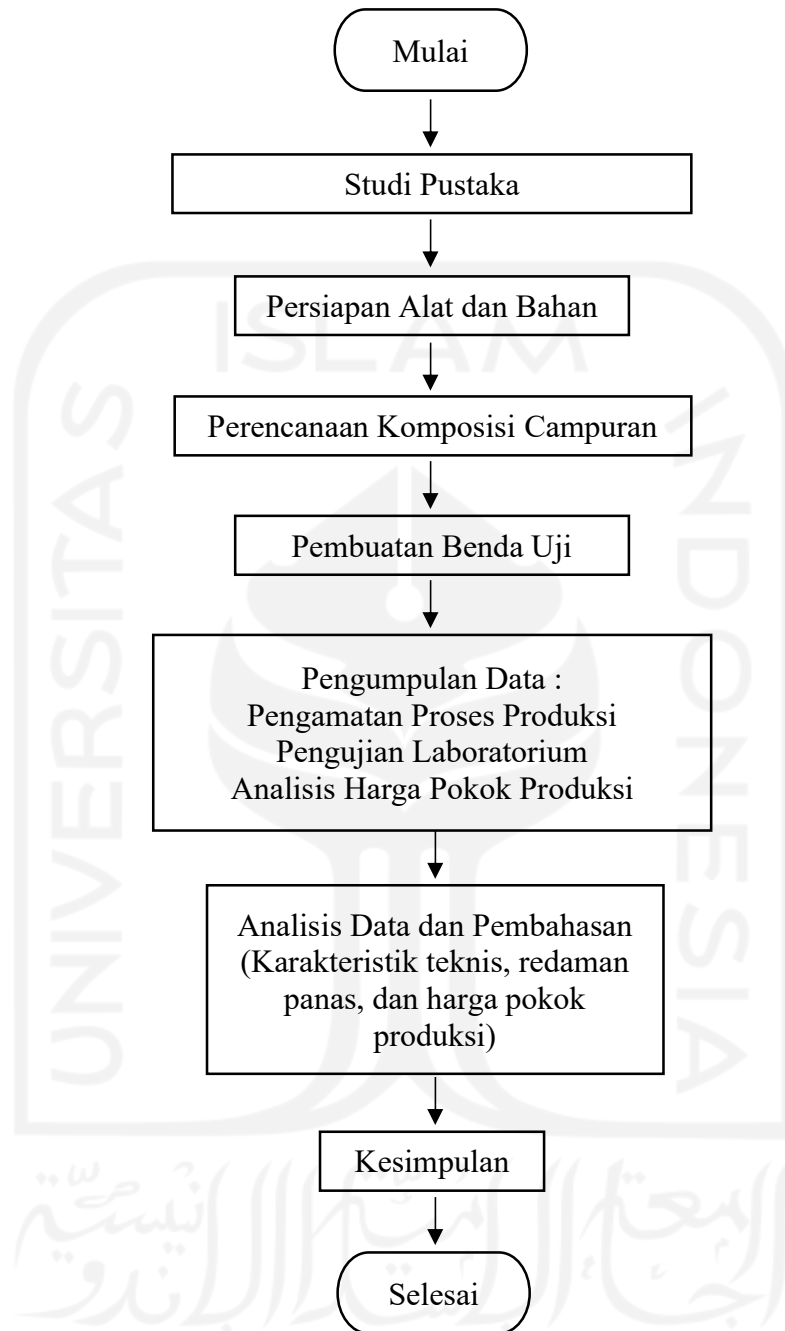
Data-data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mendapatkan varian batako sekam padi dengan mutu yang paling baik dan sesuai dengan kriteria yang ditetapkan SNI. Selanjutnya dilakukan pembahasan terkait dengan hasil pengujian yang diperoleh.

4.3.5 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini hasil yang diperoleh dari analisis data dan pembahasan dibuat kesimpulan yang berhubungan tujuan penelitian. Selain itu, saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya juga dibuat berdasarkan kesimpulan yang diperoleh.

4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume dilakukan pada bahan penyusun batako yaitu semen, abu batu, dan sekam padi untuk mengetahui jumlah kebutuhan bahan dalam pembuatan batako. Selain itu, pengujian berat volume pada batako sekam padi yang sudah kering juga dilakukan dan dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon. Adapun analisis perhitungan berat volume adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Volume Bahan

a. Berat Bahan

Bahan penyusun batako ditimbang menggunakan ember ukur sebanyak 3 kali tanpa dipadatkan atau dalam kondisi gembur atau lepas. Hasilnya kemudian di rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Berat Bahan Penyusun Batako Sekam Padi

| No. | Berat Semen (kg) | Berat Abu Batu (kg) | Berat Sekam Padi (kg) |
|-----------|------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 14,120 | 17,100 | 1,310 |
| 2 | 13,450 | 16,750 | 1,250 |
| 3 | 13,390 | 16,940 | 1,300 |
| Rata-rata | 13,653 | 16,930 | 1,286 |

b. Volume Ember Ukur

Volume ember ukur dicari dengan cara mengisi ember ukur dengan air hingga penuh dan dihitung dengan menggunakan berat volume air yaitu 1000 kg/m^3 , sehingga volume ember ukur dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Volume Ember Ukur} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Volume Air}}$$

$$= \frac{12,240}{1000}$$

$$= 0,012 \text{ m}^3$$

c. Berat Volume Bahan

Berat volume bahan didapatkan dengan membagi nilai berat bahan yang ditampung secara rata di dalam ember ukur dengan volume ember ukur.

Adapun perhitungan berat volume bahan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} 1) \text{ Berat Volume Semen} &= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\ &= \frac{13,653}{0,012} \\ &= 1115,468 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Berat Volume Abu Batu} &= \frac{\text{Berat Abu Batu}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\ &= \frac{16,930}{0,012} \\ &= 1383,170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Berat Volume Sekam Padi} &= \frac{\text{Berat Sekam Padi}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\ &= \frac{1286,67}{0,012} \\ &= 105,120 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2. Pengujian Berat Volume Batako

Berat volume batako didapatkan dengan membagi nilai berat kering batako dengan volume batako. Adapun contoh perhitungan berat volume batako adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume Batako} &= P \times L \times T \\ &= 0,401 \times 0,116 \times 0,222 \\ &= 0,01029 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Batako} &= \frac{\text{Berat Kering Batako}}{\text{Volume Batako}} \\ &= \frac{15,504}{0,01029} \\ &= 1506,794 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan berat volume batako pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

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 | 15,504 | 0,401 | 0,116 | 0,222 | 0,01029 | 1506,794 | 1597,676 |
| | 16,599 | 0,401 | 0,115 | 0,221 | 0,01017 | 1632,272 | |
| | 15,902 | 0,401 | 0,112 | 0,220 | 0,00984 | 1616,627 | |
| | 17,151 | 0,403 | 0,115 | 0,221 | 0,01024 | 1674,535 | |
| | 16,225 | 0,401 | 0,118 | 0,221 | 0,01041 | 1558,153 | |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 13,981 | 0,401 | 0,115 | 0,222 | 0,01022 | 1367,459 | 1314,066 |
| | 14,004 | 0,401 | 0,114 | 0,222 | 0,01018 | 1376,304 | |
| | 13,625 | 0,401 | 0,115 | 0,223 | 0,01022 | 1332,996 | |
| | 13,770 | 0,402 | 0,124 | 0,222 | 0,01101 | 1250,817 | |
| | 13,002 | 0,401 | 0,117 | 0,224 | 0,01046 | 1242,754 | |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 13,172 | 0,401 | 0,117 | 0,223 | 0,01051 | 1252,914 | 1236,251 |
| | 13,018 | 0,402 | 0,118 | 0,223 | 0,01058 | 1229,948 | |
| | 12,975 | 0,402 | 0,115 | 0,223 | 0,01031 | 1258,913 | |
| | 13,007 | 0,403 | 0,121 | 0,223 | 0,01091 | 1192,247 | |
| | 13,053 | 0,402 | 0,117 | 0,223 | 0,01047 | 1247,236 | |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 11,282 | 0,404 | 0,121 | 0,222 | 0,01085 | 1040,116 | 1057,228 |
| | 11,522 | 0,404 | 0,121 | 0,222 | 0,01087 | 1060,095 | |
| | 11,456 | 0,403 | 0,121 | 0,226 | 0,01103 | 1038,236 | |
| | 11,817 | 0,404 | 0,122 | 0,223 | 0,01095 | 1078,873 | |
| | 11,632 | 0,402 | 0,121 | 0,223 | 0,01088 | 1068,821 | |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 9,199 | 0,403 | 0,118 | 0,219 | 0,01037 | 887,354 | 888,140 |
| | 9,86 | 0,407 | 0,121 | 0,222 | 0,01091 | 903,346 | |
| | 9,221 | 0,403 | 0,119 | 0,218 | 0,01045 | 882,134 | |
| | 9,419 | 0,406 | 0,120 | 0,227 | 0,01106 | 851,764 | |
| | 10,111 | 0,405 | 0,121 | 0,226 | 0,01104 | 916,102 | |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 8,785 | 0,604 | 0,099 | 0,200 | 0,01194 | 735,802 | 742,424 |
| | 8,798 | 0,602 | 0,098 | 0,199 | 0,01180 | 745,503 | |
| | 9,009 | 0,603 | 0,100 | 0,199 | 0,01205 | 747,647 | |
| | 8,815 | 0,601 | 0,100 | 0,199 | 0,01198 | 735,971 | |
| | 9,025 | 0,603 | 0,100 | 0,200 | 0,01208 | 747,197 | |

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.2 di atas, diperoleh nilai berat volume rata-rata tertinggi pada batako sekam padi variasi I dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 1 : 2 yaitu sebesar $1597,676 \text{ kg/m}^3$ dan semakin rendah seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada batako. Bata ringan merek BlessCon memiliki berat volume yang lebih rendah jika dibandingkan pada batako sekam padi pada semua variasi dengan nilai $742,424 \text{ kg/m}^3$. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi yang dapat dikategorikan sebagai batako ringan ($<1400 \text{ kg/m}^3$) adalah batako sekam padi dengan variasi II sebesar $1314,066 \text{ kg/m}^3$, Variasi III sebesar $1236,251 \text{ kg/m}^3$, Variasi IV sebesar $1057,228 \text{ kg/m}^3$, dan variasi V sebesar $888,140 \text{ kg/m}^3$.

Pada penelitian Fahri (2021) nilai berat volume optimal yang dihasilkan adalah $1085,80 \text{ kg/m}^3$ sedangkan pada penelitian ini nilai berat volume yang optimal adalah $1314,066 \text{ kg/m}^3$. Nilai berat volume pada penelitian ini lebih berat 21,028% daripada penelitian Fahri (2021). Hal tersebut bisa terjadi karena komposisi sekam padi pada penelitian Fahri (2021) lebih banyak daripada penelitian ini. Meskipun begitu, batako penelitian Fahri (2021) masih belum memenuhi syarat kuat tekan SNI yaitu 25 kg/cm^2 .

5.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Untuk mengetahui kebutuhan masing-masing material penyusun batako, maka perbandingan volume campuran batako diubah terlebih dahulu ke dalam perbandingan berat. Adapun cara untuk mencari perbandingan berat campuran batako menggunakan contoh batako sekam padi variasi I sebagai berikut.

1. Menghitung berat material dengan perbandingan volume
 - a. Volume batako

$$= P \times L \times T$$

$$= 0,22 \times 0,12 \times 0,40$$

$$= 1506,794 \text{ m}^3$$
 - b. Berat semen

$$= \text{BV semen} \times \text{Volume batako} \times \text{perbandingan volume semen}$$

$$= 1115,468 \times 1506,794 \times 1$$

$$= 11779.346 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat abu batu} &= \text{BV abu batu} \times \text{Volume batako} \times \text{perbandingan} \\
 &\quad \text{volume abu batu} \\
 &= 1383,170 \times 1506,794 \times 1 \\
 &= 14606.275 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat sekam padi} &= \text{BV sekam padi} \times \text{Volume batako} \times \text{perbandingan} \\
 &\quad \text{volume sekam padi} \\
 &= 105,120 \times 1506,794 \times 2 \\
 &= 2220.131 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung perbandingan berat campuran batako

$$\begin{aligned}
 \text{a. Perbandingan berat semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Berat semen}} \\
 &= \frac{11779.346}{11779.346} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Perbandingan berat abu batu} &= \frac{\text{Berat abu batu}}{\text{Berat semen}} \\
 &= \frac{14606.275}{11779.346} \\
 &= 1,240
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Perbandingan berat sekam padi} &= \frac{\text{Berat sekam padi}}{\text{Berat semen}} \\
 &= \frac{2220.131}{11779.346} \\
 &= 0,188
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka perbandingan berat untuk campuran batako sekam padi variasi I adalah 1,00 : 1,240 : 0,188. Dengan cara yang sama dihitung pula perbandingan berat campuran batako pada setiap variasi lainnya, sehingga hasil perbandingan berat campuran batako pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.3 Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi

| Variasi | Perbandingan | Semen | Abu Batu | Sekam Padi |
|---------|---------------------|-------|----------|------------|
| I | Perbandingan Volume | 1 | 1 | 2 |
| | Perbandingan Berat | 1 | 1,240 | 0,188 |
| II | Perbandingan Volume | 1 | 2 | 3 |
| | Perbandingan Berat | 1 | 1,240 | 0,283 |

Lanjutan Tabel 5.3 Perbandingan Campuran Batako Sekam Padi

| Variasi | Perbandingan | Semen | Abu Batu | Sekam Padi |
|---------|---------------------|-------|----------|------------|
| III | Perbandingan Volume | 1 | 1 | 4 |
| | Perbandingan Berat | 1 | 1,240 | 0,377 |
| IV | Perbandingan Volume | 1 | 1 | 5 |
| | Perbandingan Berat | 1 | 1,240 | 0,471 |
| V | Perbandingan Volume | 1 | 1 | 6 |
| | Perbandingan Berat | 1 | 1,240 | 0,565 |

Pada penelitian dibutuhkan 8 sampel untuk setiap variasi batako sekam padi. Dari 8 sampel, 5 sampel digunakan untuk pengujian kuat desak, 1 sampel untuk pengujian penyerapan air, dan 2 sampel untuk pengujian redaman panas. Air yang digunakan dalam campuran disesuaikan dengan tingkat kelecakan atau tingkat kemudahan campuran untuk diaduk dan dipadatkan. Contoh perhitungan kebutuhan campuran batako sekam padi variasi I adalah sebagai berikut.

1. Berat batako kering rata-rata $= \frac{15,504+1,599+15,902+17,151}{5} = 16,276$ kg
2. Jumlah perbandingan berat $= 1 + 1,24 + 0,188 = 2,428$
3. Kebutuhan semen
 - a. Untuk 1 batako $= \frac{1}{2,428} \times \text{Berat batako kering rata-rata}$
 $= \frac{1}{2,428} \times 16,276 = 6,702$ kg
 - b. Untuk 8 batako $= 8 \times 6,702 = 53,618$ kg
4. Kebutuhan abu batu
 - c. Untuk 1 batako $= \frac{1,24}{2,428} \times \text{Berat batako kering rata-rata}$
 $= \frac{1,24}{2,428} \times 16,276 = 8,311$ kg
 - d. Untuk 8 batako $= 8 \times 8,311 = 66,486$ kg

5. Kebutuhan sekam padi

$$\begin{aligned} \text{e. Untuk 1 batako} &= \frac{0,188}{2,428} \times \text{Berat batako kering rata-rata} \\ &= \frac{0,188}{2,428} \times 16,276 \\ &= 1,263 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Untuk 8 batako} &= 8 \times 1,263 \\ &= 10,106 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka kebutuhan campuran pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Kebutuhan Campuran Batako Sekam Padi

| Variasi | Semen (kg) | Abu Batu (kg) | Sekam Padi (kg) | Jumlah Sampel |
|---------|------------|---------------|-----------------|---------------|
| I | 53,618 | 66,486 | 10,106 | 8 |
| II | 43,371 | 53,779 | 12,262 | 8 |
| III | 39,879 | 49,449 | 15,032 | 8 |
| IV | 34,057 | 42,230 | 16,047 | 8 |
| V | 27,267 | 33,811 | 15,418 | 8 |

5.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada batako sekam padi dengan umur 28 hari. Pengujian dilakukan menggunakan *compression machine* atau alat uji tekan yang berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Pada pengujian ini digunakan 5 sampel untuk 5 variasi campuran batako sekam padi, sehingga total sampel yang diuji adalah 25 buah. Selain itu pengujian juga dilakukan untuk 5 sampel bata ringan merek BlessCon yang akan digunakan sebagai pembanding.

Pengujian dilakukan hingga benda uji hancur, yang berarti benda uji tidak mampu lagi untuk menahan beban yang diberikan oleh alat uji. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan rata-rata minimum untuk bata beton pejal adalah 25 kg/cm² dan 21 kg/cm² untuk masing-masing benda uji. Adapun contoh perhitungan kuat tekan adalah sebagai berikut.

$$\text{Beban Maksimum (P)} = 22222,222 \text{ kg}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = 464,407 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{22222,22}{464,407} \\
 &= 47,851 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung pula kuat tekan untuk sampel-sampel pada setiap variasi lainnya, sehingga hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

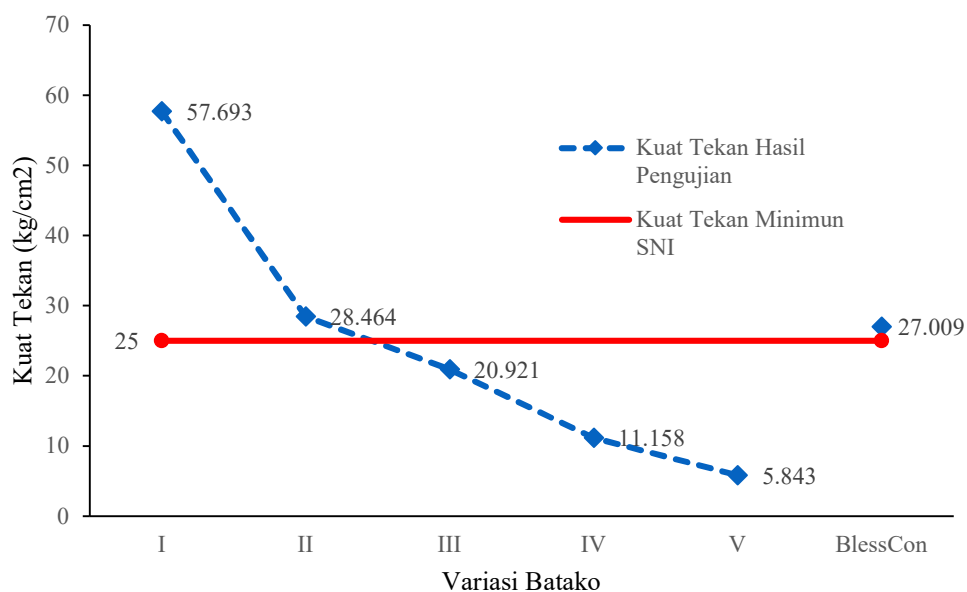
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan

| Variasi | No. Sampel | Beban Maksimum (kg) | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²) |
|-------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| Batako Sekam Padi Variasi I | 1 | 22222 | 464,407 | 47,851 | 57,693 |
| | 2 | 28338 | 460,148 | 61,586 | |
| | 3 | 29562 | 447,115 | 66,116 | |
| | 4 | 30071 | 463,450 | 64,886 | |
| | 5 | 22630 | 471,175 | 48,029 | |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 1 | 14883 | 461,063 | 32,279 | 28,464 |
| | 2 | 15596 | 458,544 | 34,013 | |
| | 3 | 14271 | 459,179 | 31,080 | |
| | 4 | 11825 | 496,563 | 23,813 | |
| | 5 | 9888 | 467,795 | 21,137 | |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 1 | 10600 | 470,827 | 22,514 | 20,921 |
| | 2 | 8150 | 474,011 | 17,194 | |
| | 3 | 10100 | 462,528 | 21,837 | |
| | 4 | 9200 | 488,434 | 18,836 | |
| | 5 | 11350 | 468,551 | 24,224 | |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 1 | 4750 | 488,598 | 9,722 | 11,158 |
| | 2 | 5225 | 489,587 | 10,672 | |
| | 3 | 5025 | 488,235 | 10,292 | |
| | 4 | 5500 | 492,274 | 11,173 | |
| | 5 | 6800 | 488,028 | 13,934 | |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 1 | 2600 | 474,452 | 5,480 | 5,843 |
| | 2 | 2780 | 492,775 | 5,642 | |
| | 3 | 2760 | 479,498 | 5,756 | |
| | 4 | 3190 | 488,222 | 6,534 | |
| | 5 | 2840 | 489,445 | 5,802 | |

Lanjutan 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) |
|----------------------------|------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| Bata Ringan Merek BlessCon | 1 | 16650 | 596,878 | 27,895 | 27,009 |
| | 2 | 17100 | 593,096 | 28,832 | |
| | 3 | 18200 | 604,970 | 30,084 | |
| | 4 | 15575 | 602,332 | 25,858 | |
| | 5 | 13525 | 604,438 | 22,376 | |

Berdasarkan hasil kuat tekan rata-rata pada Tabel 5.5 di atas, kurva hubungan perbandingan campuran batako sekam padi dengan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Kurva Kuat Tekan Batako dan Bata Ringan

Berdasarkan Gambar 5.1 di atas, batako dengan nilai kuat tekan yang sudah memenuhi standar SNI adalah batako sekam padi variasi I sebesar 57,693 kg/cm², batako sekam padi variasi II sebesar 28,464 kg/cm², dan bata ringan merek BlessCon sebesar 27,009 kg/cm². Kedua variasi batako sekam padi tersebut memiliki nilai kuat tekan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon sebesar 113,61% untuk variasi I dan 5,39% untuk variasi II. Nilai

kuat tekan pada variasi batako semakin rendah seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran, karena sekam padi membuat bertambahnya rongga-rongga pada batako.

Pada penelitian Fahri (2021) nilai kuat tekan optimal yang dihasilkan adalah $13,77 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan pada penelitian ini nilai kuat tekan yang optimal adalah $28,464 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat tekan pada penelitian ini lebih baik 106,71% daripada penelitian Fahri (2021). Pengurangan komposisi sekam padi dari penelitian Fahri (2021) membuat komposisi semen pada batako penelitian ini bertambah dan membuat nilai kuat tekan batako naik. Perbaikan metode pencampuran batako juga menyebabkan proses hidrasi air dan semen berlangsung dengan sempurna sehingga menghasilkan nilai kuat tekan yang maksimal. Pada penelitian Fahri (2021) sekam yang dicampur masih dalam kondisi kering, maka air yang dituang akan langsung diikat untuk kebutuhan reaksi hidrasi semen-air, sehingga air terhambat untuk bisa masuk ke pori-pori sekam padi. Karena pori-pori sekam padi masih kosong dan terdapat air yang sudah terikat selama proses hidrasi, maka air tersebut akan perlahan-lahan merembes memasuki pori-pori sekam padi, sehingga proses hidrasi menjadi kekurangan air. Kondisi ini mengakibatkan kuat desak batako sekam padi yang tidak maksimal.

5.4 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh batako apabila terkena air. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, penyerapan air maksimum untuk bata beton pejal adalah 25%. Benda uji direndam di dalam air bersih yang bersuhu ruangan selama 24 jam, dan setelah itu batako basah tadi ditiriskan selama 5 menit, dan kemudian ditimbang. Pada pengujian ini digunakan 3 sampel untuk 5 variasi batako sekam padi, sehingga total sampel yang diuji adalah 15 buah. Sampel didapatkan dari 1 buah batako sekam padi yang dipotong menjadi 3 bagian sama rata. Selain itu pengujian juga dilakukan untuk 3 sampel bata ringan merek BlessCon yang didapatkan dengan cara yang sama. Adapun contoh perhitungan penyerapan air adalah sebagai berikut.

Berat Basah (A) = 4,831 kg

Berat Kering (B) = 4,228 kg

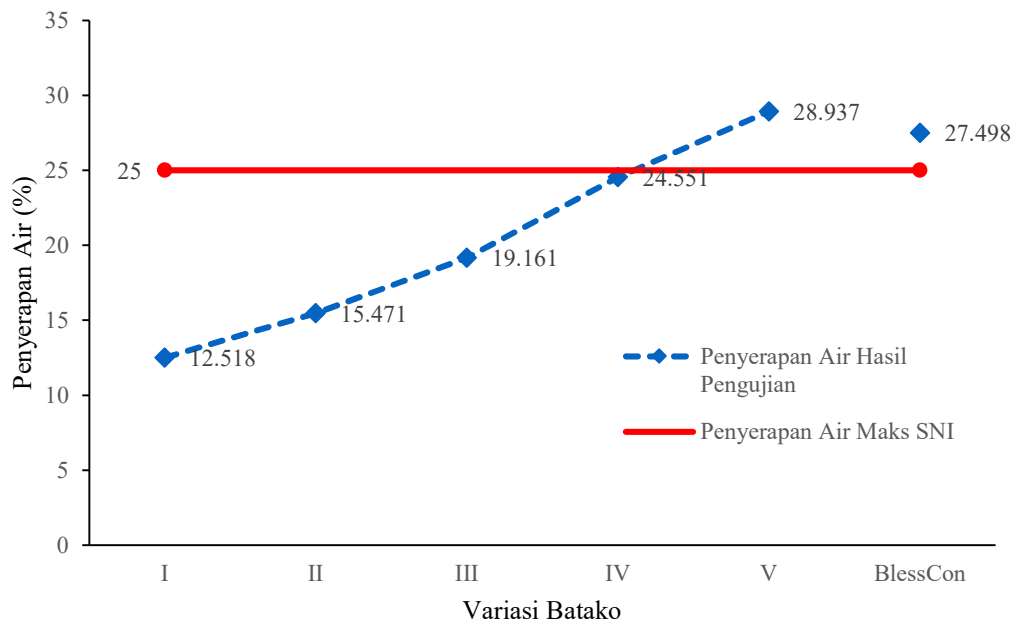
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{4,831-4,228}{4,228} \times 100\% \\ &= 14,262\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung pula persentase penyerapan air untuk sampel-sampel pada setiap variasi lainnya, sehingga hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penyerapan Air

| Variasi | Berat Basah (kg) | Berat Kering (kg) | Penyerapan Air (%) | Penyerapan Air Rata-rata (%) |
|-------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| Batako Sekam Padi Variasi I | 4,831 | 4,228 | 14,262 | 12,518 |
| | 5,345 | 4,710 | 13,482 | |
| | 5,508 | 5,016 | 9,809 | |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 5,122 | 4,655 | 10,032 | 15,471 |
| | 4,718 | 4,157 | 13,495 | |
| | 4,811 | 3,915 | 22,886 | |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 4,448 | 3,708 | 19,957 | 19,161 |
| | 4,790 | 4,078 | 17,460 | |
| | 4,721 | 3,932 | 20,066 | |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 3,856 | 3,102 | 24,307 | 24,551 |
| | 3,972 | 3,170 | 25,300 | |
| | 4,034 | 3,252 | 24,047 | |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 2,891 | 2,239 | 29,120 | 28,937 |
| | 3,865 | 3,022 | 27,895 | |
| | 2,997 | 2,309 | 29,796 | |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 3,531 | 2,717 | 29,960 | 27,498 |
| | 3,561 | 2,824 | 26,098 | |
| | 3,606 | 2,852 | 26,438 | |

Berdasarkan hasil penyerapan air rata-rata pada Tabel 5.6 di atas, kurva hubungan perbandingan campuran batako sekam padi dengan penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.2 Kurva Penyerapan Air Batako dan Bata Ringan

Berdasarkan Gambar 5.2 di atas, batako dengan nilai penyerapan air yang sudah memenuhi standar SNI adalah batako sekam padi variasi I sebesar 12,518%, variasi II sebesar 15,471%, variasi III sebesar 19,161%, dan variasi IV sebesar 24,551 %, sedangkan bata ringan merek BlessCon masih belum memenuhi standar SNI dengan nilai sebesar 27,498%. Artinya keempat variasi batako sekam padi tersebut memiliki nilai penyerapan air yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon sebesar 54,48% untuk variasi I, 43,74% untuk variasi II, 30,32% untuk variasi III, dan 10,72% untuk variasi IV. Nilai penyerapan air pada variasi batako semakin tinggi seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran. Banyaknya sekam padi pada campuran akan membuat rongga pada batako semakin banyak dan besar, sehingga semakin besar pula jumlah air yang mampu diserap batako.

Selain itu, berdasarkan data hasil penyerapan air rata-rata di atas, batako juga dapat digolongkan berdasarkan SNI-0349-1989. Penggolongan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Penggolongan Mutu Batako Sekam Padi

| Variasi | Penyerapan Air Rata-rata (%) | Mutu Batako | Fungsi Batako |
|-------------------------------|------------------------------|-------------|---------------|
| Batako Sekam Padi Variasi I | 12,518 | I | Di luar atap |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 15,471 | I | Di luar atap |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 19,161 | I | Di luar atap |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 24,551 | I | Di luar atap |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 28,937 | II | Di bawah atap |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 27,498 | II | Di bawah atap |

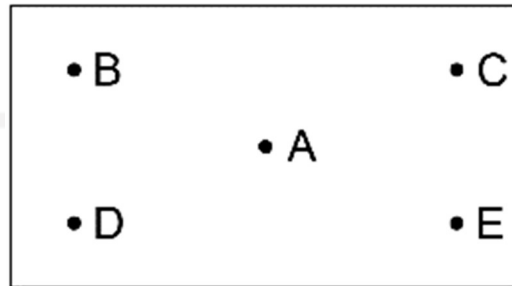
Berdasarkan SNI-0349-1989, batako sekam padi variasi I, II, III, dan IV masuk ke dalam kategori mutu I yaitu dapat digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap), sedangkan batako sekam padi variasi V dan bata ringan merek BlessCon masuk ke dalam kategori mutu II yaitu penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).

Pada penelitian Fahri (2021) nilai penyerapan air optimal yang dihasilkan adalah 23,993% sedangkan pada penelitian ini nilai penyerapan air yang optimal adalah 15,471%. Nilai penyerapan air pada penelitian ini lebih baik 35,519% daripada penelitian Fahri (2021). Hal tersebut bisa terjadi karena komposisi sekam padi pada penelitian ini lebih sedikit daripada penelitian Fahri (2021) sehingga membuat rongga pada batako semakin sedikit dan kecil.

5.5 Hasil Pengujian Redaman Panas

Pengujian redaman panas dilakukan pada batako sekam padi yang sudah berumur lebih dari 28 hari dan pada bata ringan merek BlessCon menggunakan 1 sampel untuk setiap variasi. Sebelum dilakukan pembacaan suhu, batako dan bata ringan dijemur di bawah sinar matahari langsung selama 3 jam. Pembacaan suhu

batako dilakukan di 5 titik berbeda pada bagian atas dan bawah menggunakan alat *thermocouple*. Adapun 5 titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Titik Pembacaan Suhu Batako

Dari kelima titik tersebut kemudian diambil nilai rata-ratanya untuk mendapatkan nilai T1 yaitu suhu pada bagian atas batako yang terkena sinar matahari dan T2 yaitu suhu pada bagian bawah batako yang tidak terkena sinar matahari. Adapun hasil pembacaan suhu batako dan bata ringan menggunakan alat *thermocouple* dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 serta rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.8 Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan Pengujian 1

| Pengujian 1 (Pukul 12.00) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|
| Variasi | T1 (°C) | | | | | T2 (°C) | | | | | T1 Rata-rata (°C) | T2 Rata-rata (°C) |
| | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | | |
| Variasi I | 54,4 | 51,2 | 54,5 | 50,6 | 47,4 | 35,9 | 37,5 | 37,8 | 39,6 | 41,4 | 51,62 | 38,44 |
| Variasi II | 55,1 | 52,2 | 59 | 57,4 | 64,5 | 39,9 | 40,7 | 42,2 | 43,5 | 45,1 | 57,64 | 42,28 |
| Variasi III | 59,1 | 60,1 | 65,1 | 62,3 | 64,2 | 45,3 | 45 | 45,6 | 44,5 | 43,6 | 62,16 | 44,8 |
| Variasi IV | 68,1 | 64,5 | 64,9 | 66,2 | 67,5 | 43,4 | 43,2 | 43,7 | 44,2 | 44,4 | 66,24 | 43,78 |
| Variasi V | 62,0 | 63,3 | 61,6 | 63,3 | 65,4 | 41,4 | 43,1 | 42,7 | 42,3 | 42,7 | 63,12 | 42,44 |
| BlessCon | 50,5 | 51,3 | 49,3 | 52 | 47,4 | 41,5 | 42,1 | 43 | 44,4 | 44,4 | 50,1 | 43,08 |

Tabel 5.9 Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan Pengujian 2

| Pengujian 2 (Pukul 13.00) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|
| Variasi | T1 (°C) | | | | | T2 (°C) | | | | | T1 Rata-rata (°C) | T2 Rata-rata (°C) |
| | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | | |
| Variasi I | 56,3 | 53,5 | 56,1 | 54,7 | 58,2 | 46,1 | 44,7 | 44 | 44,9 | 45,3 | 55,76 | 45 |
| Variasi II | 56,6 | 53,4 | 55,4 | 51,2 | 58,3 | 44,7 | 43,3 | 43,6 | 42,4 | 44,4 | 54,98 | 43,68 |
| Variasi III | 52 | 51,1 | 54,1 | 48,3 | 55,9 | 39,5 | 38,9 | 40,7 | 40,3 | 41,8 | 52,28 | 40,24 |
| Variasi IV | 50,4 | 47,3 | 44,3 | 50,3 | 49,1 | 39,5 | 37,6 | 38,9 | 36,4 | 37,7 | 48,28 | 38,02 |
| Variasi V | 59,8 | 56,9 | 53,4 | 55 | 56,5 | 42,7 | 42,8 | 41,9 | 39,1 | 41,6 | 56,32 | 41,62 |
| BlessCon | 40,2 | 40,1 | 39,6 | 40,1 | 38,7 | 36,5 | 37,1 | 37,6 | 38,7 | 37,5 | 39,74 | 37,48 |

Tabel 5.10 Rekapitulasi Pembacaan Suhu Batako dan Bata Ringan

| Variasi | Waktu Pembacaan Suhu | | | |
|-------------------------------|----------------------|---------|-------------|---------|
| | Pengujian 1 | | Pengujian 2 | |
| | T1 (°C) | T2 (°C) | T1 (°C) | T2 (°C) |
| Batako Sekam Padi Variasi I | 51,62 | 38,44 | 55,76 | 45,00 |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 57,64 | 42,28 | 54,98 | 43,68 |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 62,16 | 44,80 | 52,28 | 40,24 |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 66,24 | 43,78 | 48,28 | 38,02 |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 63,12 | 42,44 | 56,32 | 41,62 |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 50,10 | 43,08 | 39,74 | 37,48 |

Dari hasil pembacaan suhu di atas, dapat dihitung nilai redaman panas.

Adapun contoh perhitungan redaman panas adalah sebagai berikut.

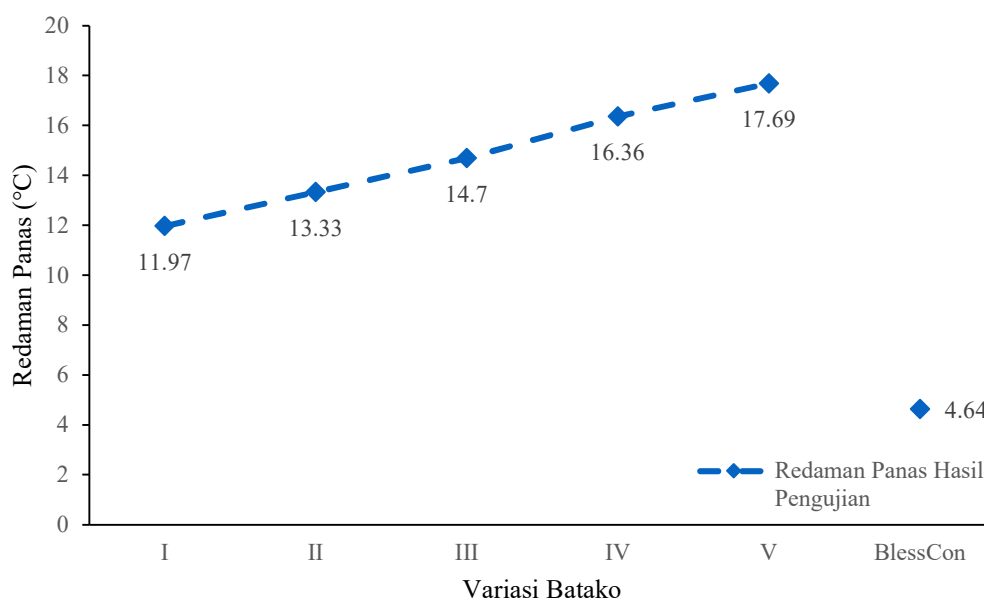
$$\begin{aligned}
 T1 \text{ (suhu pada bagian atas)} &= 51,62 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 T2 \text{ (suhu pada bagian bawah)} &= 38,44 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \Delta T \text{ (redaman panas)} &= T1 - T2 \\
 &= 51,62 - 38,44 \\
 &= 13,18 \text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung pula nilai redaman panas pada masing-masing variasi batako dan bata ringan, sehingga hasil perhitungan nilai redaman panas dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Redaman Panas

| Variasi | Waktu Pembacaan Suhu | | ΔT Rata-rata (°C) |
|-------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
| | Pengujian 1 | Pengujian 2 | |
| | ΔT (°C) | ΔT (°C) | |
| Batako Sekam Padi Variasi I | 13,18 | 10,76 | 11,97 |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 15,36 | 11,3 | 13,33 |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 17,36 | 12,04 | 14,7 |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 22,46 | 10,26 | 16,36 |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 20,68 | 14,7 | 17,69 |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 7,02 | 2,26 | 4,64 |

Berdasarkan hasil redaman panas rata-rata pada tabel 5.11 di atas, kurva hubungan perbandingan campuran batako sekam padi dengan redaman panas dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



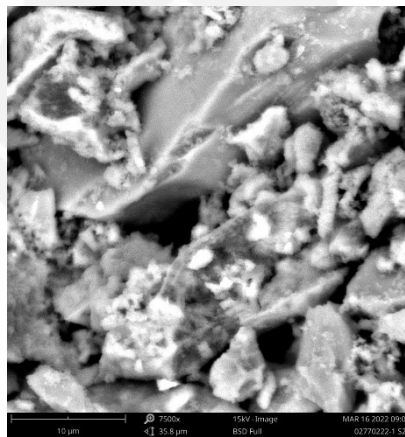
Gambar 5.4 Kurva Redaman Panas Batako dan Bata Ringan

Berdasarkan Gambar 5.4 di atas, batako sekam padi dengan nilai redaman panas yang paling tinggi adalah batako variasi V dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 1 : 6 yaitu sebesar 17,69 °C dan yang paling rendah adalah batako variasi I dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 1 : 2 yaitu sebesar 11,97 °C. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak komposisi sekam padi pada campuran batako maka semakin tinggi pula nilai redaman panasnya. Hal ini membuktikan bahwa bahan sekam padi yang digunakan pada batako dapat meredam panas dengan baik. Sedangkan jika dibandingkan dengan nilai redaman panas bata ringan merek BlessCon yaitu sebesar 4,64 °C, maka batako sekam padi pada semua variasi memiliki nilai redaman panas yang lebih baik dari bata ringan merek BlessCon sebesar 158,0% untuk variasi I, 187,3% untuk variasi II, 216,8% untuk variasi III, 252,6% untuk variasi IV, dan 281,3% untuk variasi V.

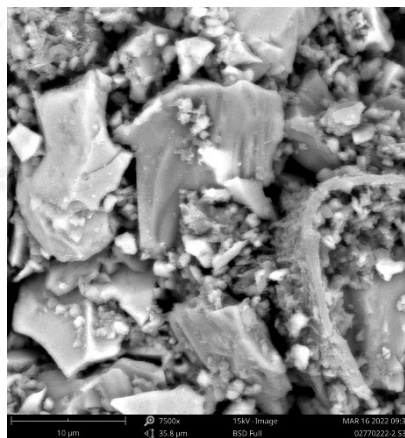
5.6 Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk menganalisis rongga-rongga pada batako sekam padi dan bata ringan merek BlessCon. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini berukuran 1 cm dan berjumlah 1 sampel untuk setiap variasi batako sekam padi dan 1 sampel untuk bata ringan merek BlessCon. Pengujian dilakukan di Laboratorium Terpadu UII dengan pembesaran 350 kali, 2000 kali, 5000 kali, dan 7500 kali.

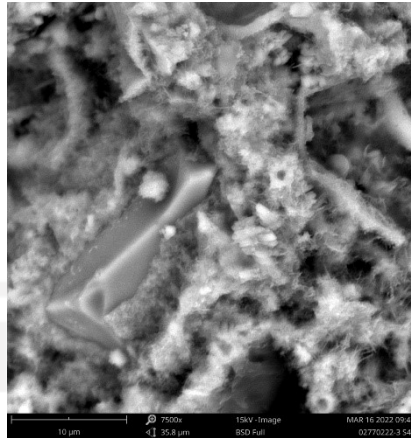
Adapun hasil uji SEM untuk batako sekam padi dan bata ringan merek BlessCon dengan pembesaran 7500 kali dapat dilihat pada Gambar 5.5, Gambar 5.6, Gambar 5.7, Gambar 5.8, Gambar 5.9, dan Gambar 5.10 berikut.



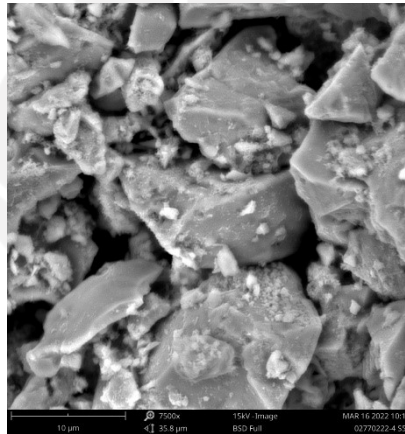
Gambar 5.5 Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 2 7500x



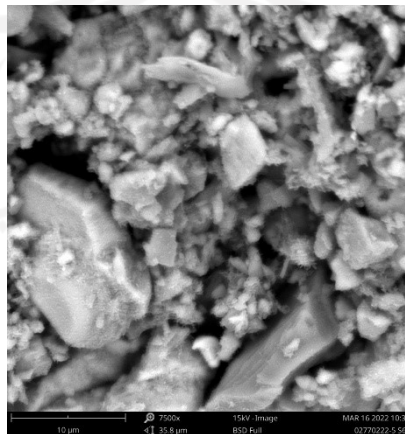
Gambar 5.6 Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 3 7500x



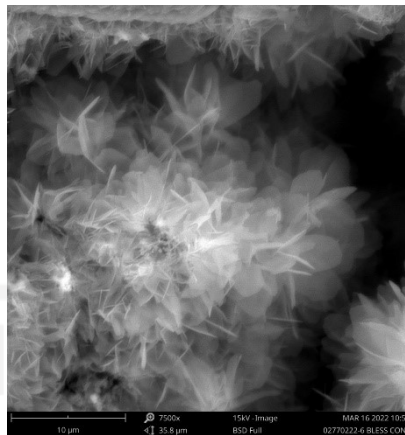
Gambar 5.7 Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 4 7500x



Gambar 5.8 Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 5 7500x



Gambar 5.9 Uji SEM Batako Sekam Padi 1 : 1 : 6 7500x



Gambar 5.10 Uji SEM Bata Ringan BlessCon 7500x

Berdasarkan gambar morfologi batako sekam padi dan bata ringan merek BlessCon di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak komposisi sekam padi pada campuran batako, maka rongga yang dihasilkan pada batako akan semakin banyak dan besar sehingga menyebabkan nilai kuat tekan batako menurun dan nilai resapan airnya tinggi. Meskipun begitu, banyaknya rongga pada batako sekam padi akan membuat nilai redaman panasnya menjadi lebih baik.

5.7 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi dilakukan berdasarkan pengamatan produksi yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Setelah melakukan perhitungan harga pokok produksi, dilakukan juga analisis kelayakan ekonomi dengan menghitung *Break Even Point* (BEP) dari produksi batako sekam padi. Adapun uraian perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi adalah sebagai berikut.

1. Menghitung biaya alat
 - a. Alat *press* dan *mixer*
 - 1) Harga alat = Rp25.000.000,-
 - 2) Umur alat = 5 tahun
 - 3) Nilai sisa alat = Rp5.000.000,-
 - 4) Jumlah hari kerja = 300 hari/ tahun

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Penyusutan} &= \frac{\text{Harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}} \\
 &= \frac{2.500.000 - 5.000.000}{5 \times 300} \\
 &= \text{Rp}13.333,- /\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Papan alas

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Produksi batako per hari} &= 250 \text{ batako} \\
 2) \text{ Kebutuhan papan} &= 250 \times 1 \text{ hari pengerasan} \\
 &= 250 \text{ buah} \\
 3) \text{ Harga satuan papan} &= \text{Rp}9.000,- \\
 4) \text{ Harga total papan} &= \text{Rp}2.250.000,- \\
 5) \text{ Umur papan} &= 300 \text{ hari} \\
 6) \text{ Nilai sisa papan} &= \text{Rp}0,- \\
 7) \text{ Penyusutan} &= \frac{2.000.000 - 0}{300} \\
 &= \text{Rp} 7500,- /\text{hari}
 \end{aligned}$$

c. Alat Bantu

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Cangkul (1 buah)} &= \text{Rp}228.000,- \\
 2) \text{ Sekop (1 buah)} &= \text{Rp}80.100,- \\
 3) \text{ Cetok (1 buah)} &= \text{Rp}39.000,- \\
 4) \text{ Ember (3 buah)} &= 54.600 \times 3 \\
 &= \text{Rp}163.800,- \\
 5) \text{ Ayakan} &= \text{Rp}52.000,- \\
 6) \text{ Harga total alat bantu} &= \text{Rp}562.900,- \\
 7) \text{ Umur alat} &= 3 \text{ tahun} \\
 8) \text{ Nilai sisa alat} &= \text{Rp}0,- \\
 9) \text{ Jumlah hari kerja} &= 300 \text{ hari} \\
 10) \text{ Penyusutan} &= \frac{562.9000 - 0}{3 \times 300}
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp} 625,- /\text{hari}$$

$$d. \text{ Total biaya alat} = \text{Rp} 21.458,-$$

2. Menghitung biaya bangunan

$$a. \text{ Harga beli bangunan} = \text{Rp}8.000.000,-$$

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

- c. Nilai sisa bangunan = Rp0,-
- d. Jumlah hari kerja = 300 hari
- e. Penyusutan = $\frac{8.000.000 - 0}{5 \times 300}$
= Rp5.333,- /hari

3. Menghitung biaya operasional

- a. Listrik dan air per bulan = Rp200.000,-
- b. Jumlah hari kerja = 25 hari/bulan
- c. Listrik dan air per hari = $\frac{200.000}{25}$
= Rp8.000,-

4. Menghitung biaya material

Pada perhitungan biaya material digunakan contoh batako sekam padi variasi II dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 1 : 3. Adapun perhitungan biaya material adalah sebagai berikut.

- a. Kebutuhan material per 1 buah batako sekam padi variasi II
 - 1) Semen = 5,421 kg
 - 2) Abu batu = 6,722 kg
 - 3) Sekam padi = 1,533 kg
- b. Kebutuhan semen
 - 1) Kebutuhan semen per hari = 5,421 kg x 250 batako
= 1356 kg (dibulatkan)
 - 2) Harga semen per sak = Rp41.000,-
 - 3) Harga semen per kg = 41.000 : 40
= Rp1.025,-
 - 4) Biaya semen per hari = 1.025 x 1356
= Rp1.389.900,-
- c. Kebutuhan abu batu
 - 1) Kebutuhan abu batu per hari = 6,722 kg x 250 batako
= 1681 kg (dibulatkan)
 - 2) Berat volume abu batu = 1383,17 kg/m³
 - 3) Harga abu batu per m³ = Rp150.000,-

- 4) Harga abu batu per kg = $150.000 : 1383,17$
= Rp108,-
- 5) Biaya abu batu per hari = 108×1681
= Rp182.298,-
- d. Kebutuhan sekam padi
- 1) Kebutuhan sekam padi per hari = $1,533 \text{ kg} \times 250 \text{ batako}$
= 384 kg (dibulatkan)
- 2) Berat volume sekam padi = $105,12 \text{ kg/m}^3$
- 3) Harga sekam padi per m^3 = Rp10.000,-
- 4) Harga sekam padi per kg = $10.000 : 105,12$
= Rp95,-
- 5) Biaya sekam padi per hari = 95×384
= Rp36.529,-
- e. Total biaya material = Rp1.608.728,-
5. Menghitung biaya tenaga kerja
- a. Upah tenaga kerja
- 1) Jumlah pekerja = 2 orang
- 2) Upah pekerja per hari = Rp100.000,-
- 3) Total upah pekerja = 2×100.000
= Rp200.000,-
- b. Biaya konsumsi
- 1) Jumlah pekerja = 2 orang
- 2) Biaya konsumsi = Rp14.000,-
- 3) Total biaya konsumsi = 2×14.000
= Rp28.000,-
- c. Biaya tunjangan hari raya (THR)
- 1) Jumlah pekerja = 2 orang
- 2) Biaya THR = Rp250.000,-
- 3) Total biaya THR = 2×250.000
= Rp500.000,-
- 4) Jumlah hari kerja = 300 hari

- 5) Tabungan THR per hari = $500.000 : 300$
= Rp1.667,- /hari
- d. Total biaya tenaga kerja = Rp229.666,-
6. Menghitung total Pengeluaran per hari
- a. Biaya alat = Rp21.458,-
- b. Biaya bangunan = Rp5.333,-
- c. Biaya operasional = Rp8.000,-
- d. Biaya material = Rp1.608.728,-
- e. Biaya tenaga kerja = Rp229.666,-
- f. Total pengeluaran per hari = Rp1.873.188,-
7. Menghitung harga pokok produksi
- a. Produksi batako per hari = 250 batako
- b. Total biaya pengeluaran = Rp1.873.188,-
- 1) HPP Lapangan = $\frac{1.873.188}{200}$
= Rp7.493,-
- 2) Pajak pertambahan nilai 10% = $7.493 \times 10\%$
= Rp749,-
- 3) Harga dasar batako = $7.493 + 749$
= Rp8.243,-
- 4) Margin perusahaan 10% = $8.243 \times 10\%$
= Rp824,-
- 5) Harga jual batako = $8.243 + 824$
= Rp9.067,- /buah
8. Menghitung pemasukan per hari
- a. Produksi batako per hari = 250 batako
- b. Harga jual batako = Rp9.067,-
- c. Total pemasukan per hari = 250×9.067
= Rp2.266.825,-
9. Menghitung keuntungan
- a. Keuntungan per hari = total pemasukan per hari – (harga dasar batako x produksi batako)

- per hari)
- $$= 2.266.825 - (8.243 \times 250)$$
- $$= \text{Rp}206.075,-$$
- b. Keuntungan per bulan $= 206.075 \times 25$
- $$= \text{Rp}5.151.875,-$$
- c. Keuntungan per tahun $= 5.151.875 \times 12$
- $$= \text{Rp}61.822.500,-$$
10. Menghitung *Break Even Point* (BEP)
- a. Modal awal
- 1) Alat press dan mixer $= \text{Rp}25.000.000,-$
 - 2) Papan alas (250 buah) $= \text{Rp}2.250.000,-$
 - 3) Alat bantu $= \text{Rp}562.900,-$
 - 4) Bangunan $= \text{Rp}8.000.000,-$
 - 5) Total modal awal $= \text{Rp}35.812.900,-$
- b. BEP
- 1) Perhitungan BEP $= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}}$
$$= \frac{35.812.900}{9.067 - 8.243}$$

$$= 43.447 \text{ buah (dibulatkan)}$$
 - 2) BEP per hari $= \frac{43.447 \text{ buah}}{200 \text{ buah/hari}}$
$$= 174 \text{ hari}$$
 - 3) BEP per bulan $= \frac{174 \text{ hari}}{25}$
$$= 6,96 \text{ bulan}$$
 - 4) BEP per tahun $= \frac{6,96 \text{ bulan}}{12}$
$$= 0,58 \text{ tahun}$$

Dari hasil perhitungan di atas, biaya per hari yang dikeluarkan untuk memproduksi 250 batako sekam padi variasi II adalah sebesar Rp1.873.188,-. Harga dasar batako adalah sebesar Rp8.243,- dan harga jualnya sebesar Rp9.067,-. Dengan asumsi batako terjual habis 250 buah per hari, maka keuntungan yang didapat per tahunnya adalah sebesar Rp61.822.500,-. Berdasarkan perhitungan BEP

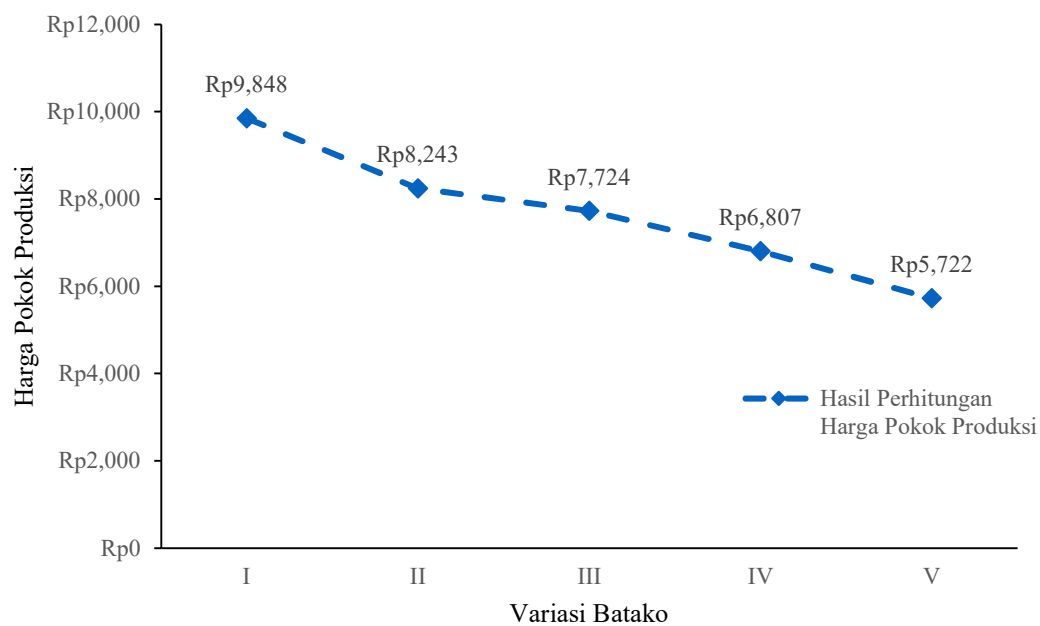
didapatkan hasil selama 0,58 tahun, maka dengan masa investasi 5 tahun, investasi dinyatakan layak.

Perhitungan harga pokok produksi untuk variasi lainnya dilakukan dengan cara yang sama, namun terdapat perbedaan pada harga material karena setiap variasi batako memiliki komposisi campuran yang berbeda. Adapun hasil perhitungan harga pokok produksi pada setiap variasi batako dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Harga Pokok Produksi

| Variasi | Harga Pokok Produksi | Harga Jual | BEP |
|-------------------------------|----------------------|------------|------|
| Batako Sekam Padi Variasi I | Rp9.848,- | Rp10.833,- | 0,49 |
| Batako Sekam Padi Variasi II | Rp8.243,- | Rp9.067,- | 0,58 |
| Batako Sekam Padi Variasi III | Rp7.724,- | Rp8.496,- | 0,62 |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | Rp6.807,- | Rp7.488,- | 0,70 |
| Batako Sekam Padi Variasi V | Rp5.722,- | Rp6.294,- | 0,84 |

Berdasarkan hasil perhitungan harga produksi di atas, kurva hubungan perbandingan campuran batako dengan harga pokok produksi dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.11 Kurva Harga Pokok Produksi Batako

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, harga pokok produksi batako akan semakin rendah seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran. Hal ini disebabkan karena sekam padi memiliki harga yang relatif murah, namun akan membuat batako menjadi lebih berongga sehingga nilai kuat tekan batako yang dihasilkan rendah dan nilai penyerapan airnya tinggi.

5.8 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas pada penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh kenaikan dan penurunan harga material batako sekam padi terhadap harga jual batako yang akan mempengaruhi pengambilan keputusan dalam menjual batako. Persentase harga material pada setiap variasi batako dihitung untuk kemudian dianalisis. Adapun contoh perhitungan untuk mendapatkan persentase harga material batako variasi I adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan material
 - a. Kebutuhan semen = 6,702 kg
 - b. Kebutuhan abu batu = 8,311 kg
 - c. Kebutuhan sekam padi = 1,263 kg

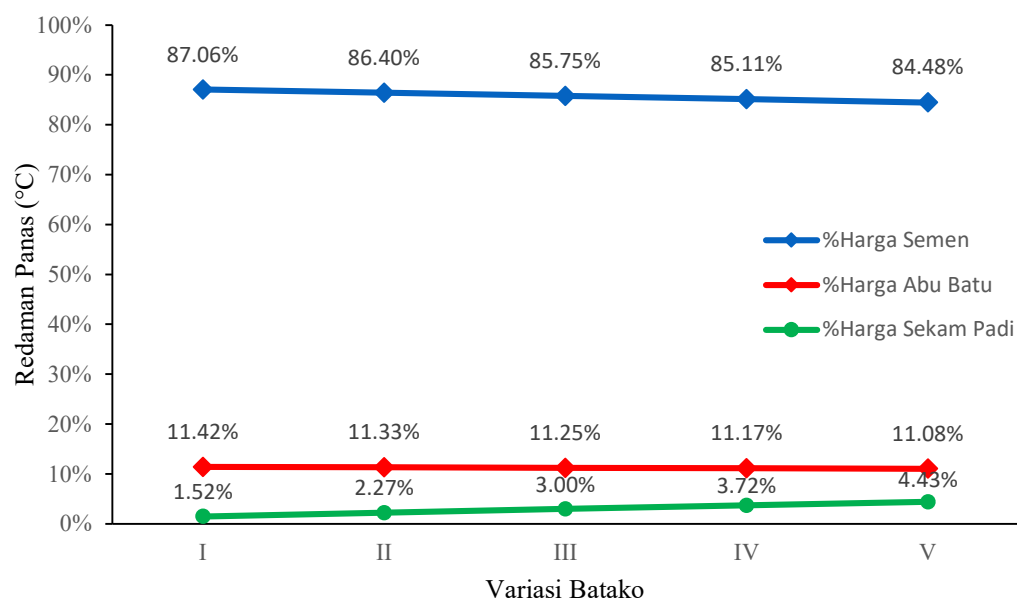
2. Harga material per kg
 - a. Harga semen = Rp1.025,-/kg
 - b. Harga abu batu = Rp108,-/kg
 - c. Harga sekam padi = Rp95,-/kg
3. Harga material per batako
 - a. Harga semen = $6,702 \times 1.025$
= Rp6.970,-
 - b. Harga abu batu = $8,311 \times 108$
= Rp901,-
 - c. Harga sekam padi = $1,263 \times 95$
= Rp120,-
 - d. Total harga material = Rp7.891,-
4. Persentase harga material
 - a. Persentase harga semen = $\frac{\text{Harga semen}}{\text{Total harga material}}$
= $\frac{6.970}{7.891} \times 100$
= 87,06%
 - b. Persentase harga abu batu = $\frac{\text{Harga abu batu}}{\text{Total harga material}}$
= $\frac{901}{7.891} \times 100$
= 11,42%
 - c. Persentase harga sekam padi = $\frac{\text{Harga sekam padi}}{\text{Total harga material}}$
= $\frac{120}{7.891} \times 100$
= 1,52%

Dengan cara yang sama, persentase harga material batako sekam padi dihitung untuk setiap variasi dan dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Persentase Harga Material Batako Sekam Padi

| Variasi | %Harga Semen | %Harga Abu Batu | %Harga Sekam Padi |
|---------|--------------|-----------------|-------------------|
| I | 87,06% | 11,42% | 1,52% |
| II | 86,40% | 11,33% | 2,27% |
| III | 85,75% | 11,25% | 3,00% |
| IV | 85,11% | 11,17% | 3,72% |
| V | 84,48% | 11,08% | 4,43% |

Hasil tersebut kemudian dibuat dalam bentuk kurva yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.

**Gambar 5.12 Kurva Persentase Harga Material Batako Sekam Padi**

Berdasarkan Gambar 5.12 di atas, dapat diketahui bahwa persentase harga semen dan abu batu menurun, namun persentase harga sekam padi naik seiring dengan variasi pengujian. Kurva kenaikan dan penurunan yang ada pada Gambar 5.12 di atas berbentuk garis lurus, sehingga tidak dapat dihitung nilai harga optimumnya melalui analisis sensitivitas.

5.9 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Setelah melakukan analisis kuat desak, penyerapan air, dan redaman panas, rekapitulasi mutu dan biaya batako sekam padi dan bata ringan merek BlessCon dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Mutu dan Biaya Batako Sekam Padi dan BlessCon

| Variasi | Berat Volume (kg/m ³) | Nilai Kuat Tekan (kg/cm ²) | Persentase Penyerapan Air (%) | Nilai Redaman Panas (°C) | Harga Jual per Buah |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Batako Sekam Padi Variasi I | 1597,676 | 57,693 | 12,518 | 11,97 | Rp10.833,- |
| Batako Sekam Padi Variasi II | 1314,066 | 28,464 | 15,471 | 13,33 | Rp9.067,- |
| Batako Sekam Padi Variasi III | 1236,251 | 20,921 | 19,161 | 14,7 | Rp8.496,- |
| Batako Sekam Padi Variasi IV | 1057,228 | 11,158 | 24,551 | 16,36 | Rp7.488,- |
| Batako Sekam Padi Variasi V | 888,140 | 5,843 | 28,937 | 17,69 | Rp6.294,- |
| Bata Ringan Merek BlessCon | 742,424 | 27,009 | 27,498 | 4,64 | Rp11.000,- |

Berdasarkan Tabel 5.14 di atas, variasi batako sekam padi yang sudah memenuhi standar kuat tekan SNI yaitu sebesar 25 kg/cm² adalah batako variasi I dan II dengan nilai kuat tekan 57,693 kg/cm² dan 28,464 kg/cm². Nilai penyerapan air dari kedua variasi tersebut sudah memenuhi standar SNI yaitu sebesar 25% dengan nilai masing-masing sebesar 12,518% dan 15,471%. Berat volume pada batako variasi I adalah sebesar 1597,676 kg/m³ dan batako variasi II adalah sebesar 1314,066 kg/m³. Dari data berat volume tersebut maka batako yang dapat dikategorikan sebagai batako ringan (<1400 kg/m³) hanya batako variasi II. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa batako yang paling optimal berdasarkan aspek

teknisnya adalah batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran 1 : 1 : 3.

Bata ringan merek BlessCon memiliki nilai kuat tekan 27,009 kg/cm², nilai penyerapan air 27,498%, dan nilai redaman panas 4,64%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa batako sekam padi variasi II memiliki nilai kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang lebih baik sebesar 5,39%, 43,74%, dan 187,28% apabila dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon. Meskipun begitu, bata ringan merek BlessCon memiliki nilai berat volume yang lebih rendah yaitu sebesar 742,424 kg/ m³, sehingga batako variasi II lebih berat 77,00% daripada bata ringan merek BlessCon.

Data pada Tabel 5.10 di atas juga menjelaskan bahwa semakin rendah biaya batako sekam padi, mutu yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran yang membuat batako menjadi semakin berongga sehingga kuat tekannya menurun dan persentase penyerapan airnya tinggi.

5.10 Analisis Perbandingan

Analisis perbandingan pada penelitian ini dilakukan pada 3 jenis batako, yaitu batako sekam padi, bata ringan merek BlessCon, dan batako konvensional yang dijual di pasaran. Batako sekam padi yang dianalisis merupakan batako sekam padi variasi II dengan campuran 1 : 1 : 3 dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm dan harga jual sebesar Rp9.067,- per buah. Bata ringan merek BlessCon yang dijual di Toko Besi, Listrik, dan Teknik Baja Putra yang terletak di jalan Kaliurang, Kabupaten Sleman memiliki ukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm dan harga jual sebesar Rp11.000,- per buah. Sementara itu, batako konvensional di pasaran memiliki ukuran 36 cm x 10 cm x 19 cm dan harga jual sebesar Rp4.000,- per buah.

Untuk membandingkan harga batako dan bata ringan di atas, ukuran bata ringan dan batako konvensional dikonversikan menjadi ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm yang kemudian harga jualnya dihitung secara linier. Adapun perhitungan konversi harga batako dan bata ringan adalah sebagai berikut

1. Bata ringan merek BlessCon
 - a. Volume sebelum konversi $= 60 \times 10 \times 20$
 $= 12.000 \text{ cm}^3$
 - b. Harga sebelum konversi $= \text{Rp}11.000,-$
 - c. Volume setelah konversi $= 40 \times 12 \times 22$
 $= 10.560 \text{ cm}^3$
 - d. Harga setelah konversi $= \frac{10.560}{12.000} \times 11.000$
 $= \text{Rp}9.680,-$

2. Batako konvensional
 - a. Volume sebelum konversi $= 36 \times 10 \times 19$
 $= 6.840 \text{ cm}^3$
 - b. Harga sebelum konversi $= \text{Rp}4.000,-$
 - c. Volume setelah konversi $= 40 \times 12 \times 22$
 $= 10.560 \text{ cm}^3$
 - d. Harga setelah konversi $= \frac{10.560}{6.840} \times 4.000$
 $= \text{Rp}6.175,-$

Berdasarkan perhitungan di atas, harga bata ringan merek BlessCon setelah dikonversi adalah sebesar Rp9.680,- per buah dan harga batako konvensional setelah dikonversi adalah sebesar Rp6.175,- per buah, sedangkan harga jual batako sekam padi adalah sebesar Rp9.067,- per buah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa harga batako sekam padi hasil penelitian masih lebih murah 6,33% dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon, namun lebih mahal 46,83% dibandingkan dengan batako konvensional. Perbandingan harga jual batako dan bata ringan yang sudah dikonversikan dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Hasil Analisis Perbandingan Batako

| Variasi Batako | Bata Ringan BlessCon | Batako Konvensional | Batako Sekam Padi |
|--------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Metode Pencetakan | Menggunakan mesin dan alat modern di pabrik | Menggunakan mesin <i>press</i> | Menggunakan mesin <i>press</i> |
| Hasil | >1000 | 500 | 250 |
| Pekerja | >100 | 2 | 2 |
| Harga Jual | Rp9.680,- | Rp6.175,- | Rp9.067,- |

Berdasarkan Tabel 5.15 di atas, dapat disimpulkan bahwa harga jual batako sekam padi lebih murah dibandingkan bata ringan merek BlessCon karena selain menggunakan bahan yang relatif murah, alat yang digunakan untuk memproduksi batako sekam padi juga lebih sederhana yaitu hanya menggunakan mesin *press*, sedangkan bata ringan merek BlessCon menggunakan bahan yang relatif mahal dan proses produksi yang lebih modern dengan menggunakan alat yang mahal seperti alat pencetak, oven, dan mesin pengaduk khusus. Akan tetapi, proses produksi menggunakan alat yang mahal tersebut akan menghasilkan produk bata ringan yang lebih rapi dan tampilan fisik yang lebih menarik. Selain itu, harga batako sekam masih lebih mahal dibandingkan dengan batako konvensional, karena batako sekam padi menggunakan jumlah semen yang cukup banyak.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Komposisi material penyusun batako yang optimal dan memenuhi aspek teknis terdapat pada batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran 1 : 1 : 3. Batako sekam padi variasi II memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,464 kg/cm² dan sudah memenuhi standar SNI yaitu kuat tekan minimal 25 kg/cm². Nilai penyerapan air sebesar 15,471% dan sudah memenuhi standar SNI serta masuk ke dalam kategori mutu I yaitu dapat digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap). Berat volume sebesar 1314,066 kg/m³ sehingga dapat dikategorikan sebagai batako ringan (<1400 kg/m³).
2. Nilai redaman panas batako sekam padi yang paling baik terdapat pada batako sekam padi variasi V dengan perbandingan komposisi campuran 1 : 1 : 6 yaitu sebesar 17,69 °C dan menurun seiring dengan berkurangnya komposisi sekam padi pada campuran, sehingga membuktikan bahwa bahan sekam padi pada campuran batako dapat meredam panas dengan baik.
3. Harga pokok produksi batako sekam padi akan semakin murah seiring dengan bertambahnya komposisi sekam padi pada campuran. Hal ini disebabkan karena sekam padi memiliki harga yang relatif lebih murah di pasaran dibandingkan dengan bahan penyusun batako lainnya, yaitu semen dan abu batu. Harga pokok produksi batako sekam padi variasi II adalah sebesar Rp8.243,- per batako dan harga jualnya sebesar Rp9.067,- per batako. Harga tersebut lebih murah 6,33% dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon, namun lebih mahal 46,83% dibandingkan dengan batako konvensional.

4. Bata ringan merek BlessCon memiliki nilai kuat tekan sebesar $27,009 \text{ kg/cm}^2$ dan sudah memenuhi standar SNI yaitu kuat tekan minimal 25 kg/cm^2 . Nilai penyerapan air sebesar 27,498% masuk ke dalam kategori mutu II yaitu penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap). Berat volume sebesar $742,424 \text{ kg/m}^3$ serta nilai redaman panas sebesar $4,64 \text{ }^\circ\text{C}$. Harga jual bata ringan merek BlessCon di pasaran adalah sebesar Rp11.000,- per buah dan harga jual setelah dikonversikan ke ukuran batako penelitian adalah sebesar Rp9,680,- per buah.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa hal berikut dapat dijadikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Proses pengadukan campuran batako perlu diperhatikan lebih teliti agar adukan batako menjadi homogen dan tercampur secara merata.
2. Pada pengujian redaman panas sebaiknya dilakukan penanaman kabel *thermocouple* untuk mengetahui suhu di dalam batako.
3. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan bahan tambah atau *filler* lainnya untuk mendapatkan kualitas batako sekam padi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R. 2019. *Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., dan Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi pada Batako. *Prosiding SNST ke-5*. Semarang.
- Fahri, M. 2021. *Pengaruh Sekam Padi sebagai Agregat pada Batako terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Halim, A. 2013. Pengaruh Pemakaian Limbah Styrofoam terhadap Kuat Tekan dan Berat Batako. *Widya Teknika*. Vol.21 No.1. Malang.
- Hermanto, D., Supardi, dan Purwanto, E. 2014. Kuat Tekan Batako dengan Variasi Bahan Tambah Serat Ijuk. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Surakarta.
- Herosonna, Z. L. F. 2017. *Perancangan Panel Dinding Ringan Berbahan Botol Plastik Metode Kompost Sandwich*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ismail, M. S. dan Waliuddin, A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. Vol.10 No.1:521-526. Great Britain.
- Kasmir. 2011. Analisis Laporan Keuangan. *Raja Grafindo Persada*. Jakarta.
- Mulyadi. 2003. Sistem Akuntansi. *Yayasan Keluarga Pahlawan Negara*. Yogyakarta.
- Nugroho, A. S., Aliem, dan Trinugroho, S. 2014. *Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

- Priambodo, I. S. 2016. *Pengaruh Penambahan Fly Ash terhadap Kualitas Fisika dan Kimia*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.
- Puspawardani, R. 2004. *Evaluasi Proyek Apartemen Berdasarkan Aspek Ekonomi Teknik*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- SNI 03-0349. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2049. 2015. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Widiyastuti, D. A. 2016. Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM) pada Struktur dan Mineral Batuan dari Sungai Aranio Kabupaten Banjar. *Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur*. Vol.04 No.2:16-21. Kalimantan Selatan
- Winarno, S., Pramono, W. A., dan Teguh, M. 2020. Pengaruh Penambahan Sekam Padi sebagai Agregat Halus terhadap Karakteristik Batako. *Civil Engineering, Enviromental, and Disaster Risk Management Symposium 2020*. Yogyakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium

Nomor : 132/Ka.Prodi/20/PSTS/XII/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada :
Yth. **Koordinator Laboratorium**
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alvi Raffasya Ghifari
NIM : 18511231
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

Sri Amih Yuni Astuti, M.T.

Yogyakarta, 14 Desember 2021
Pemohon

Alvi Raffasya Ghifari
NIM: 18511231

Menyetujui
Koordinator Laboratorium

Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

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

Menyetujui
Kepala Laboratorium Bahan
Konstruksi Teknik (BKT)

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Catatan:

Kepala laboratorium **Bahan Konstruksi Teknik** menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada tanggal **3 Januari sampai dengan 3 Februari 2022**.

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

Nomor : 133/Ka. Prodi/20/PSTS/XII/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada :

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

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

| | |
|---------------------|--|
| Nama | : Alvi Raffasya Ghifari |
| NIM | : 18511231 |
| Program Studi | : Teknik Sipil |
| Dosen Pembimbing TA | : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D |
| Judul Tugas Akhir | : Pengaruh Sekam Padi Sebagai Agregat Pada Batako Terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Panas |

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


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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

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

Yogyakarta, 14 Desember 2021
Pemohon


Alvi Raffasya Ghifari
NIM: 18511231



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

I. Sri Anindiyuni Astuti, M.T.

Lampiran:

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

Lampiran 2 Gambar Benda Uji



Gambar L-2.1 Benda Uji Setelah Pencetakan



Gambar L-2.2 Penyimpanan Benda Uji

Lampiran 3 Pengujian Kuat Desak



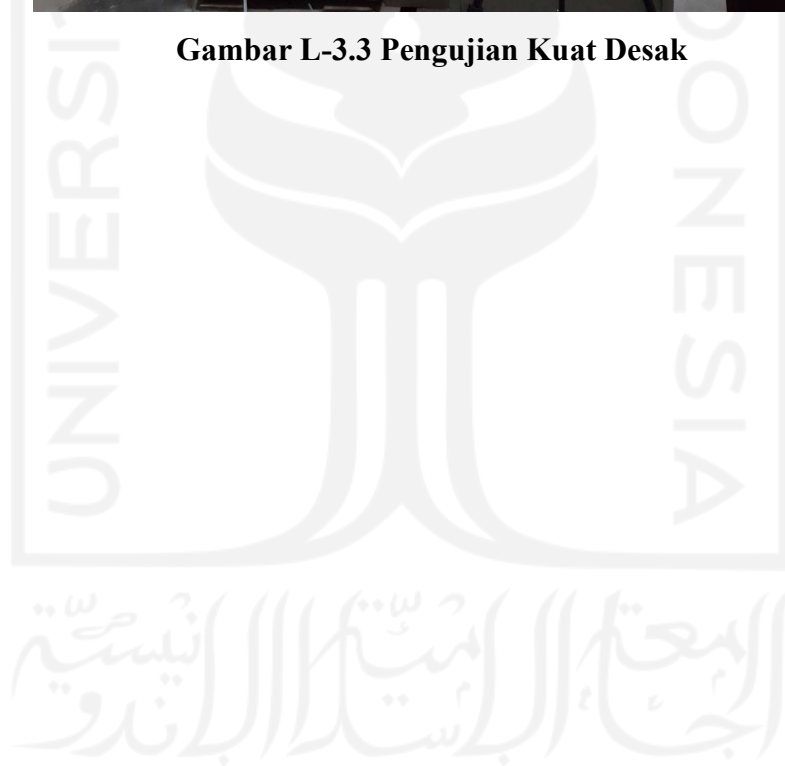
Gambar L-3.1 Penimbangan Benda Uji



Gambar L-3.2 Pengukuran Benda Uji



Gambar L-3.3 Pengujian Kuat Desak



Lampiran 4 Pengujian Penyerapan Air



Gambar L-4.1 Pemotongan Benda Uji



Gambar L-4.2 Perendaman Benda Uji



Gambar L-4.3 Penimbangan Benda Uji Setelah Perendaman



Gambar L-4.4 Pengeringan Benda Uji Menggunakan Oven



Gambar L-4.5 Penimbangan Benda Uji Setelah Pengeringan

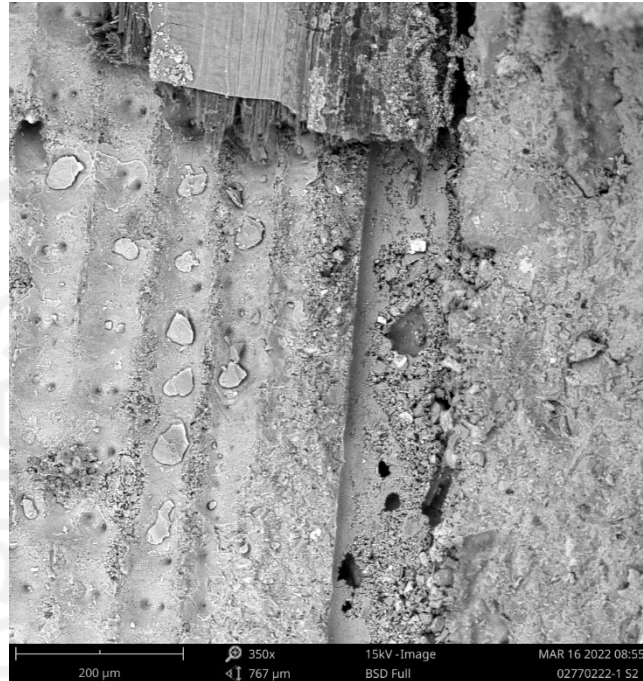
Lampiran 5 Pengujian Redaman Panas

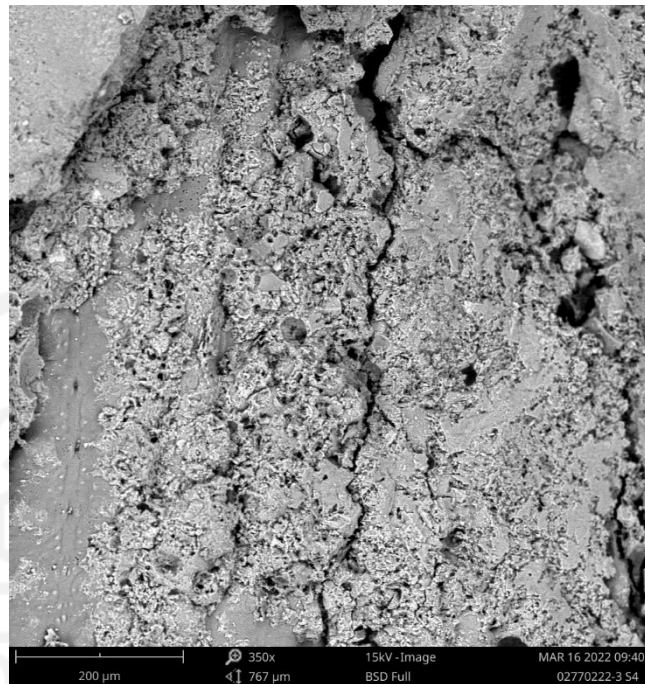


Gambar L-5.1 Penjemuran Benda Uji

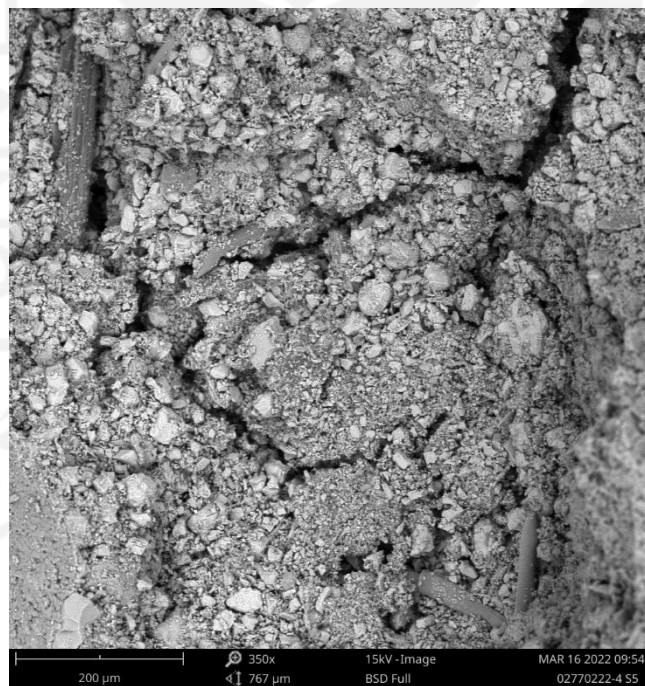


Gambar L-5.1 Pembacaan Suhu Menggunakan *Thermocouple*

Lampiran 6 Pengujian SEM Pembesaran 350x**Gambar L-6.1 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3****Gambar L-6.2 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3**



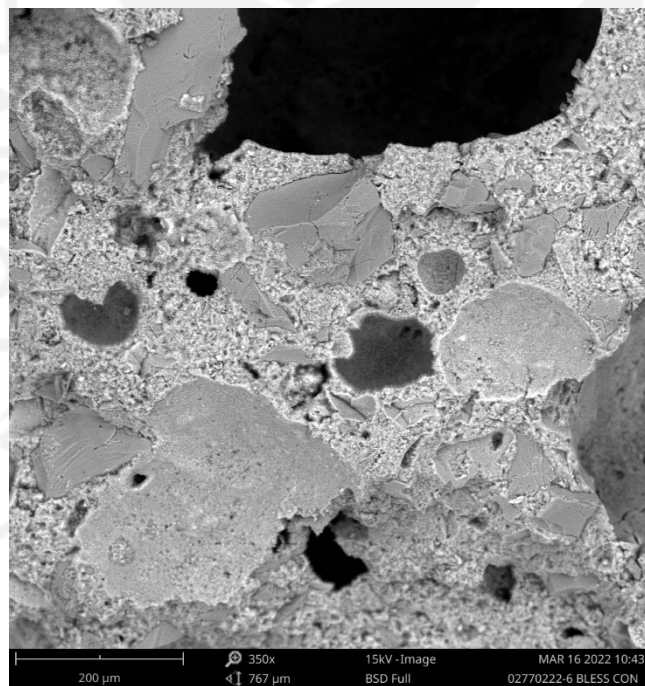
Gambar L-6.3 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 4



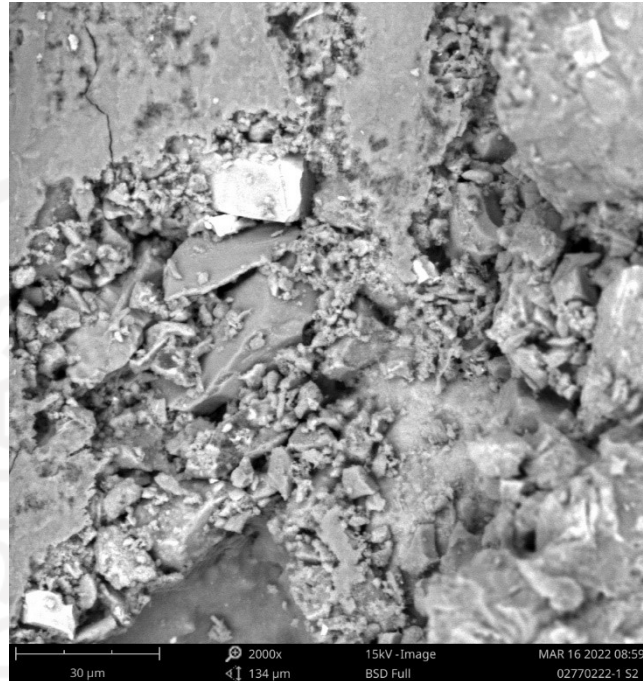
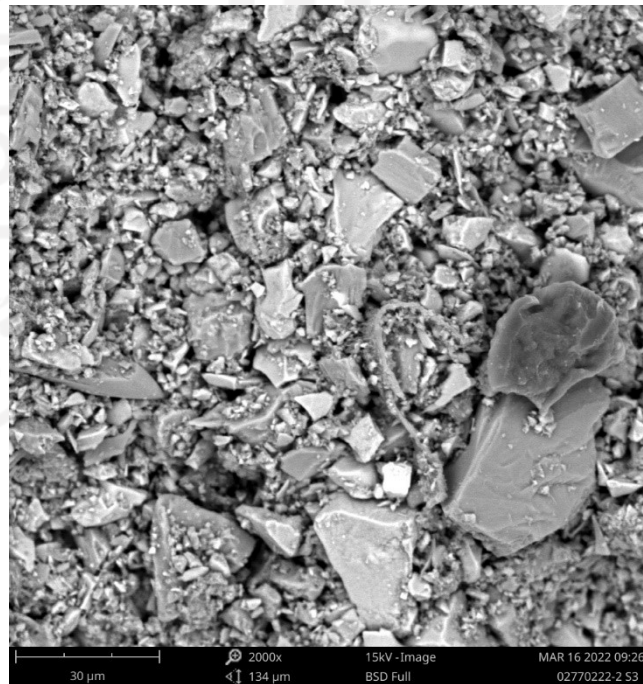
Gambar L-6.4 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 5

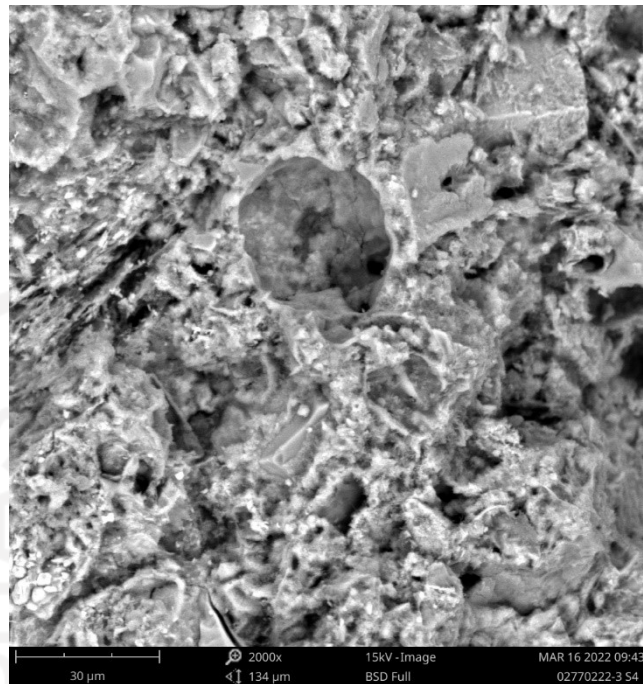


Gambar L-6.5 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 6

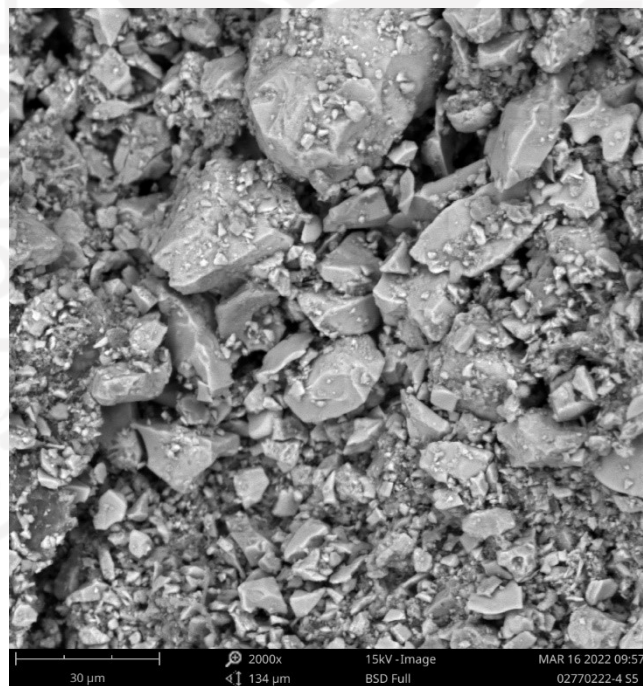


Gambar L-6.6 Bata Ringan BlessCon

Lampiran 7 Pengujian SEM Pembesaran 3000x**Gambar L-7.1 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 2****Gambar L-7.2 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3**



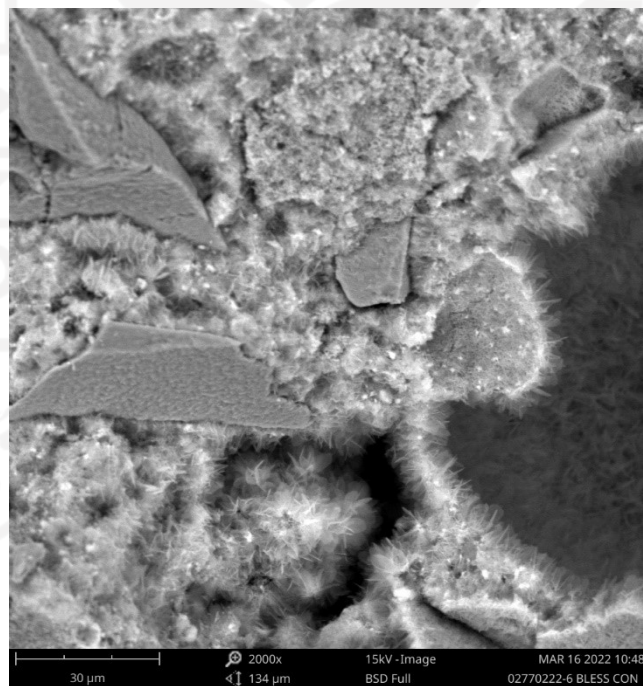
Gambar L-7.3 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 4



Gambar L-7.4 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 5

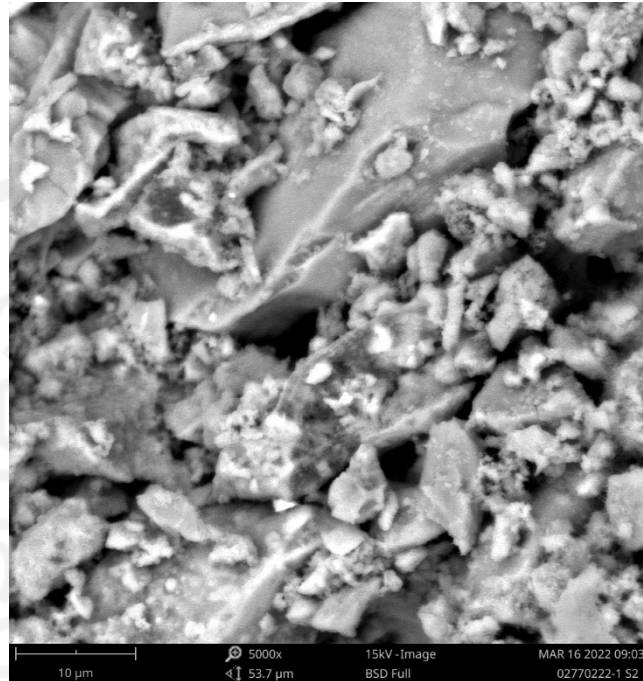


Gambar L-7.5 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 6

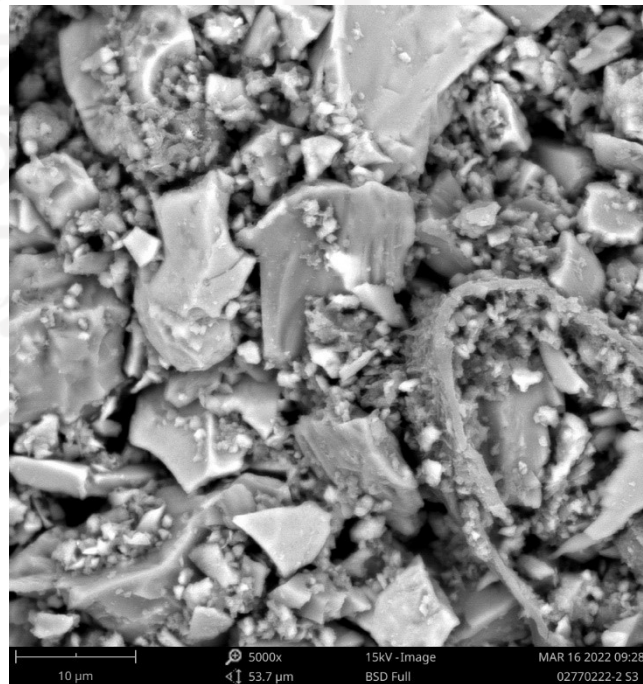


Gambar L-7.6 Bata Ringan BlessCon

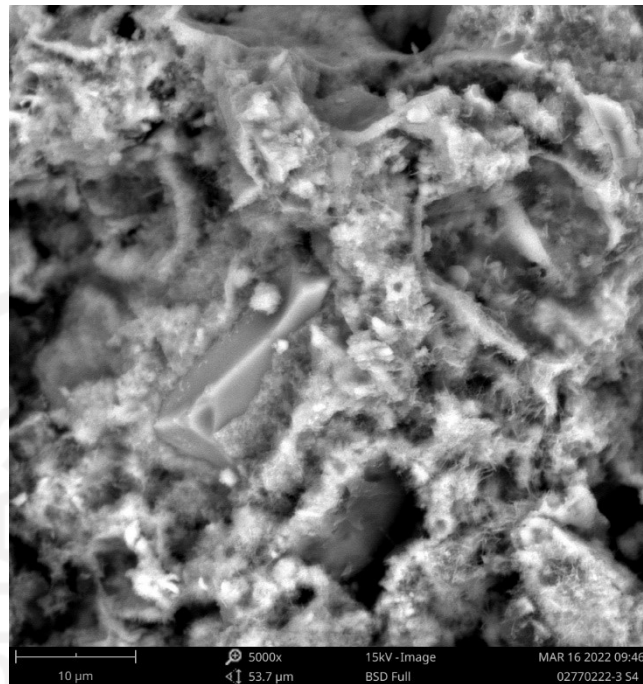
Lampiran 8 Pengujian SEM Pembesaran 5000x



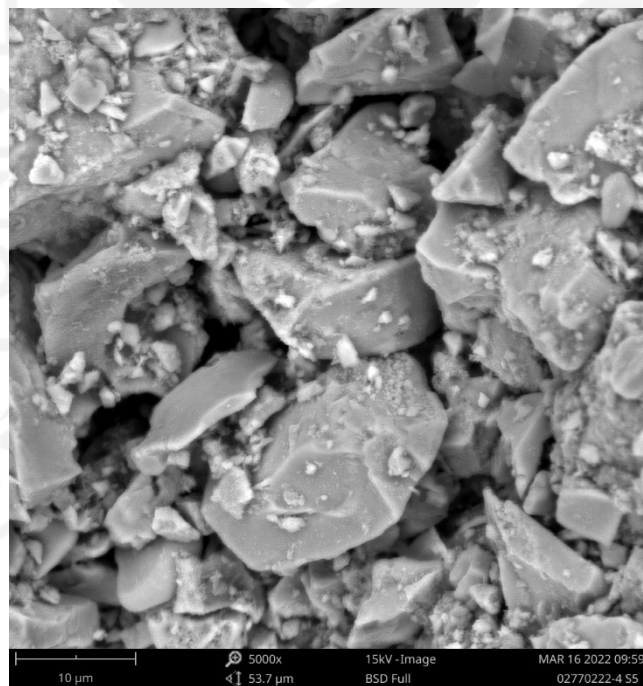
Gambar L-8.1 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3



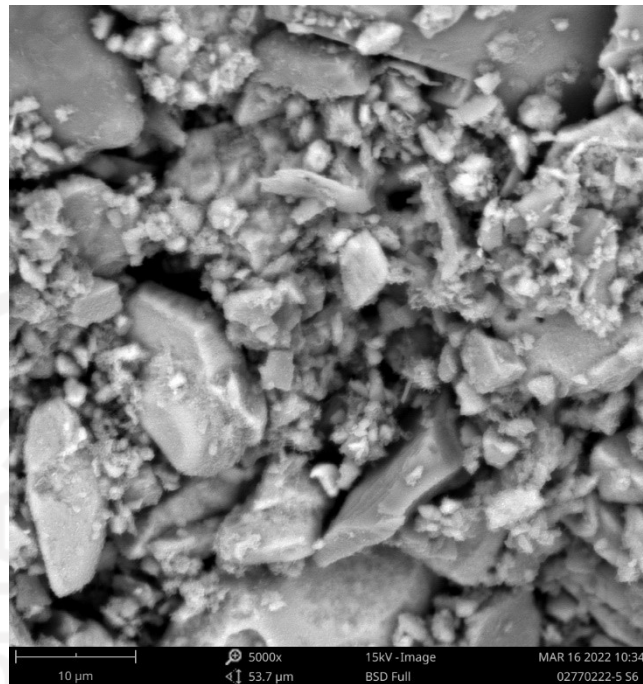
Gambar L-8.2 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3



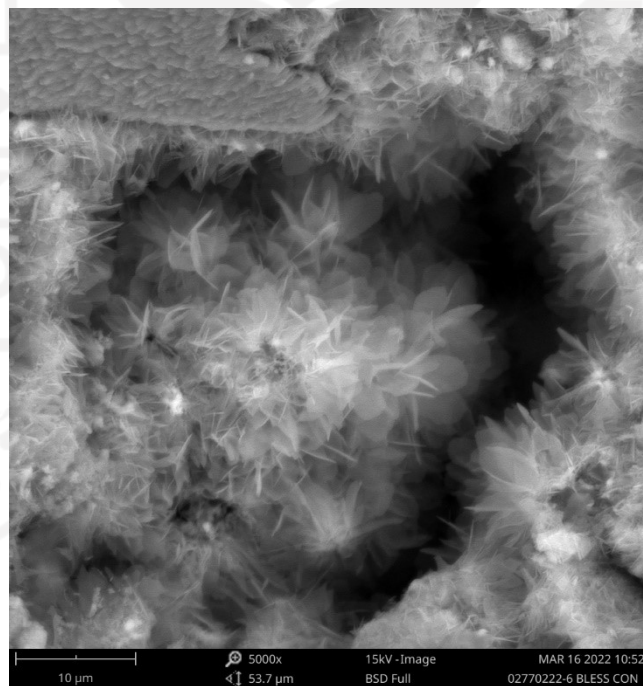
Gambar L-8.3 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 4



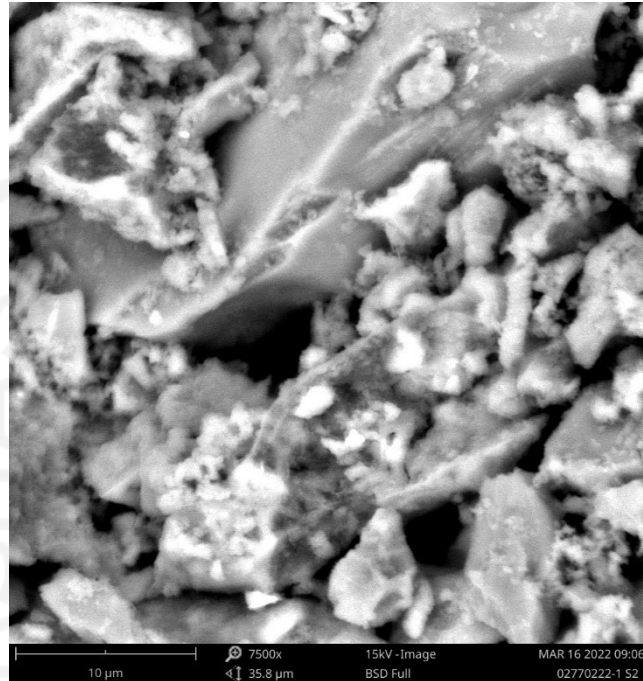
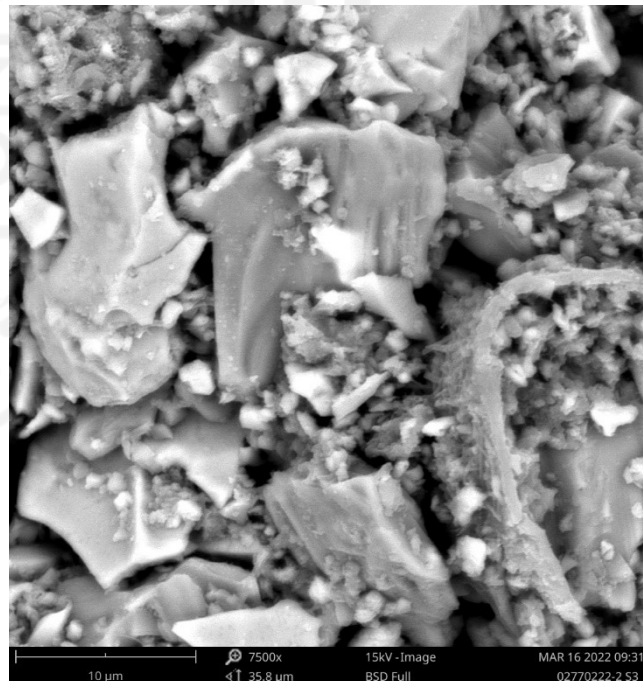
Gambar L-8.4 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 5

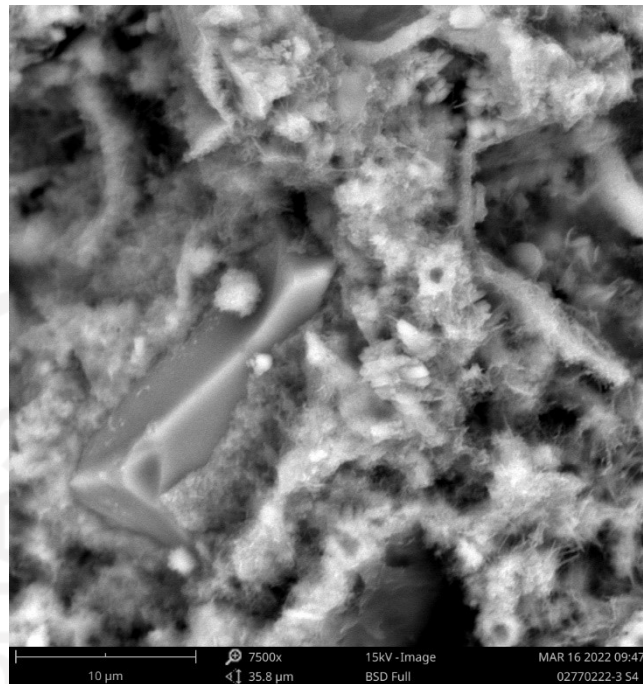


Gambar L-8.5 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 6

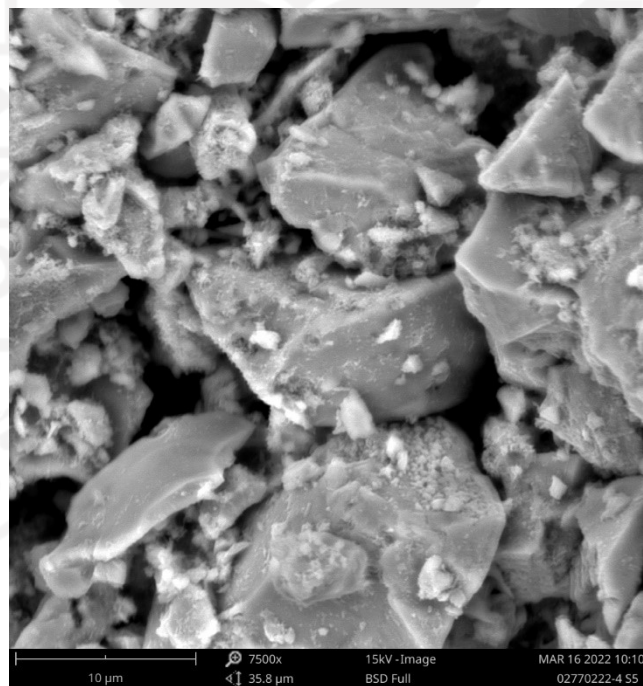


Gambar L-8.6 Bata Ringan BlessCon

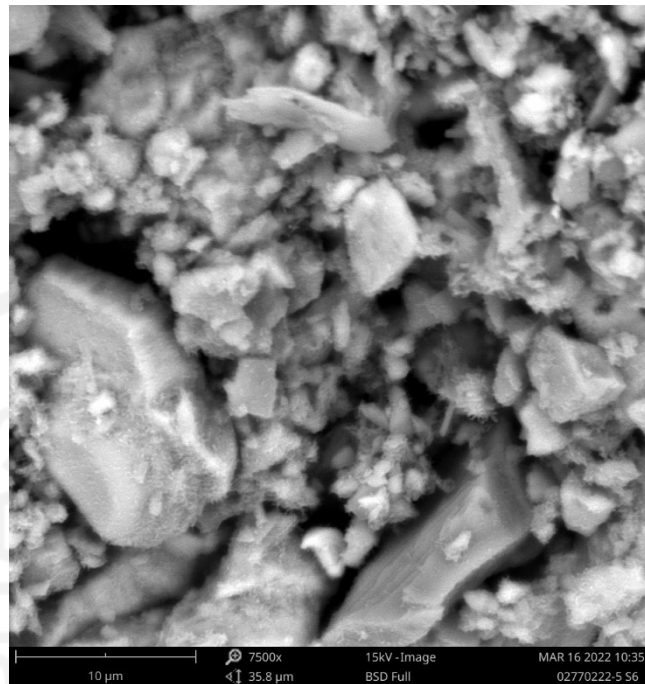
Lampiran 9 Pengujian SEM Pembesaran 7500x**Gambar L-9.1 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 2****Gambar L-9.2 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 3**



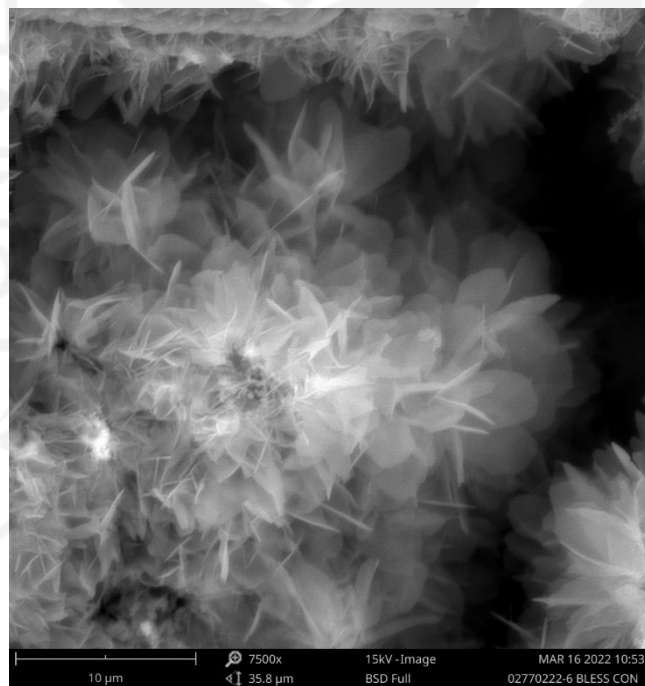
Gambar L-9.3 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 4



Gambar L-9.4 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 5



Gambar L-9.5 Batako Sekam Padi Komposisi 1 : 1 : 6



Gambar L-9.6 Bata Ringan BlessCon