

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH BONGGOL JAGUNG SEBAGAI  
AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK  
TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN  
SUARA**

**(THE INFLUENCE OF CORN HUSK AS CONCRETE  
BLOCK AGGREGATES ON ASPECTS OF  
TECHNICAL, PRODUCTION COST, AND SOUND  
ABSORPTION)**

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



**Octaviani Galuh  
18511237**

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

## TUGAS AKHIR

# PENGARUH BONGGOL JAGUNG SEBAGAI AGREGAT PADA BATAKO TERHADAP ASPEK TEKNIS, BIAYA PRODUKSI, DAN REDAMAN SUARA

*(THE INFLUENCE OF CORN HUSK AS CONCRETE  
BLOCK AGGREGATES ON ASPECTS OF TECHNICAL,  
PRODUCTION COST, AND SOUND ABSORPTION)*

Disusun oleh

**Octaviani Galuh Rinyaputri**  
**18511237**

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

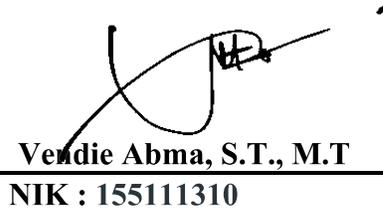
Diuji pada tanggal 05 Agustus 2022  
Oleh Desan Penguji

**Pembimbing**



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

**Penguji I**



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

**Penguji II**



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

Mengesahkan  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



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



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Octaviani Galuh Rinyaputri

(18511237)

## LEMBAR DEDIKASI

Rasa syukur yang mendalam telah diselesaikannya skripsi ini penulis dedikasikan kepada :

1. Kedua orang tua penulis, ayah-ibu serta kakak tercinta. Terima kasih atas segala pengorbanan, dukungan, dan doa baik yang tiada henti menemani penulis menuntut ilmu di perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
  2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing akademik saya. Terima kasih atas nasihat dan bimbingan selama menyusun tugas akhir penulis.
  3. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T dan bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D selaku dosen penguji. Terima kasih untuk masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
  4. Vany, Annisa, Ria, dan seluruh rekan Teknik Sipil 2018 selaku teman sejak penulis menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia, terima kasih sudah memberi banyak bantuan kepada penulis.
  5. Fanyda, Kezia, Nenike, Andini, Puput, Nierma, Mitha, dan Rara selaku teman seperjuangan. Terima kasih sudah menemani penulis agar tetap sehat secara mental.
  6. Day6 terutama Jae dan mas F selaku motivator penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah senantiasa menghibur dan menemani penulis melalui karya-karya dan segala hal yang memotivasi penulis menjadi lebih baik.
  7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu-persatu. Terima kasih telah banyak memberi masukan yang membangun dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir ini.
  8. Galuh, selaku penulis. Terima kasih karena tidak berhenti meskipun banyak hal menahan penulis untuk melanjutkan perjalanan ini.
- Besar harapan penulis agar penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

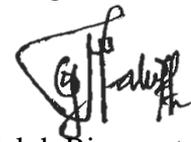
## KATA PENGANTAR

Pertama-tama, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala pertolongan dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Bonggol Jagung sebagai Agregat pada Batako terhadap Aspek Teknis, Biaya produksi, dan Redaman Suara”. Shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi sumber teladan untuk umat manusia. Perjalanan penulisan skripsi yang dihadapi melalui banyak hambatan dapat diselesaikan berkat bantuan, bimbingan, juga kerjasama dari berbagai pihak dan berkah Allah SWT. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada.

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang senantiasa membimbing selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T dan bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D selaku dosen penguji. Terimakasih atas masukan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis berharap adanya penelitian ini dapat memberi manfaat dan menambah pengetahuan bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, Agustus 2022



Octaviani Galuh Rinyaputri

18 511 237

## ABSTRAK

Dalam pembuatan batako, berat volume dapat dikurangi dengan memanfaatkan bahan-bahan ringan seperti bonggol jagung, ampas tebu, sekam padi, dan *styrofoam* sebagai komponen agregat. Pemilihan agregat tersebut juga dapat didasarkan pemanfaatan limbah organik yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimal bonggol jagung sebagai agregat batako yang dicetak dengan mesin press batako.

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimental yang dimulai dengan observasi bahan susun batako, pembuatan sampel batako, dan dilanjutkan dengan pengujiannya. Terdapat 5 variasi dengan perbandingan campuran bahan susun semen, abu batu, dan bonggol jagung yang berbeda-beda dimana setiap variasi terdapat 8 buah sampel untuk dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah kuat desak dan penyerapan air yang mengacu pada SNI 03-0349-1989, selain itu juga terdapat pengujian redaman suara. Kemudian dilakukan perhitungan harga jual batako bonggol jagung agar dapat dibandingkan dengan harga bata ringan Focon di pasaran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batako bonggol jagung yang dicetak dengan posisi tidur memiliki kuat desak tertinggi pada variasi I yaitu sebesar  $9,167 \text{ kg/m}^2$  dan berat volume rata-rata sebesar  $1224,747 \text{ kg/cm}^2$  sedangkan bata ringan Focon memiliki kuat desak  $33,903 \text{ kg/m}^2$  dan berat volume  $675 \text{ kg/cm}^2$ . Pengujian penyerapan air yang telah dilakukan pada batako bonggol jagung variasi I tergolong bata beton mutu I menurut SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 15,25% dengan harga jual Rp6.842,- sementara bata ringan Focon memiliki daya serap air sebesar 34,081% sehingga tergolong bata beton mutu II dengan harga jual Rp12.500,-. Daya redam suara pada batako bonggol jagung yang paling baik adalah sebesar 34,8 dB.

**Kata kunci** : batako, bonggol jagung, kuat desak, redaman suara, harga batako

## **ABSTRACT**

*In the manufacture of concrete blocks, the density can be reduced by utilizing lightweight materials such as corn husks, bagasse, rice husks, and styrofoam as aggregate components. This aggregate selection can also be used for existing organic waste. This study aims to determine the optimal composition of corn cob as aggregate of concrete blocks that are molded using a concrete block press machine.*

*In this study, an experimental method was used, starting with the observation of the raw materials, making a sample of the concrete blocks, and continuing with the laboratory tests. There are 5 variations with different ratios of mixtures of cement, stone ash, and corn cob where for each variation there are 8 samples to be tested. The tests carried out include compressive strength and water absorption which refers to SNI 03-0349-1989, besides that there is also a sound absorption test. Then the selling price of corn cob blocks is calculated so that it can be compared with the price of lightweight bricks Focon on the market.*

*The results of this study indicate that corn cob concrete blocks that are printed in a landscape position have the highest compressive strength in variation I, which is 9.167 kg/m<sup>2</sup> and average volume weight of 1224,747 kg/cm<sup>2</sup>, while the lightweight Focon blocks has a compressive strength of 33,903 kg/m<sup>2</sup> and the volume weight is 675 kg/cm<sup>2</sup>. The water absorption test that has been carried out on corn cob blocks variation I is classified as quality I concrete bricks according to SNI 03-0349-1989 which is 15.25% and sold for Rp6.842,- while Focon lightweight have a water absorption capacity of 34.081% so they are classified as quality II concrete blocks and the price of Focon lightweight is Rp12.500,-. The best sound absorption on corn cob blocks is 34.8 dB.*

**Keywords** : concrete block, corn husks, compressive strength, sound absorption, price of concrete block

## DAFTAR ISI

|   |          |
|---|----------|
| HALAMAN JUDUL                                       | <u>i</u> |
| HALAMAN PENGESAHAN                                  | ii       |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI                           | iii      |
| LEMBAR DEDIKASI                                     | iv       |
| KATA PENGANTAR                                      | v        |
| ABSTRAK   | vi       |
| <i>ABSTRACT</i>                                     | vii      |
| DAFTAR ISI  | viii     |
| DAFTAR GAMBAR                                       | x        |
| DAFTAR TABEL  | xii      |
| DAFTAR LAMPIRAN                                     | xiii     |
| DAFTAR NOTASI                                       | xiv      |
| BAB I PENDAHULUAN                                   | 1        |
| 1.1 Latar Belakang                                  | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah                                 | 3        |
| 1.3 Tujuan Penelitian                               | 4        |
| 1.4 Batasan penelitian                              | 4        |
| 1.5 Manfaat penelitian                              | 5        |
| 1.6 Lokasi penelitian                               | 5        |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                             | 6        |
| BAB III LANDASAN TEORI                              | 13       |
| 3.1 Batako  | 13       |
| 3.2 Material Penyusun Batako                        | 17       |
| 3.3 Pengujian Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan | 19       |
| 3.4 Harga Pokok Produksi                            | 22       |
| BAB IV METODE PENELITIAN                            | 25       |
| 4.1 Umum  | 25       |
| 4.2 Pelaksanaan Penelitian                          | 25       |

|                               |   |    |
|-------------------------------|---|----|
| 4.3                           | Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data                | 32 |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN |   | 42 |
| 5.1                           | Tinjauan Umum   | 42 |
| 5.2                           | Hasil Penelitian Bahan                                | 42 |
| 5.3                           | Perhitungan Kebutuhan Campuran                        | 48 |
| 5.4                           | Pengamatan Proses Produksi                            | 51 |
| 5.5                           | Pengujian Kuat Desak Batako Bonggol Jagung            | 52 |
| 5.6                           | Pengujian Penyerapan Air                              | 56 |
| 5.7                           | Pengujian Redaman Suara Batako Bonggol Jagung         | 59 |
| 5.8                           | Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) | 62 |
| 5.9                           | Perhitungan Harga Pokok Produksi                      | 66 |
| 5.10                          | Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu                       | 73 |
| 5.11                          | Analisis Perbandingan                                 | 74 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN   |   | 76 |
| 6.1                           | Kesimpulan  | 76 |
| 6.2                           | Saran   | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA                |   | 78 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Bonggol Jagung Tanpa Jagung  | 7  |
| Gambar 3.1 Batako Pejal   | 14 |
| Gambar 3.2 Batako Berlubang   | 14 |
| Gambar 3.3 Skema Uji Desak  | 20 |
| Gambar 4.1 Bahan Susun Batako   | 28 |
| Gambar 4.2 Pencampuran Bahan Susun Batako   | 29 |
| Gambar 4.3 Pengepressan Batako  | 31 |
| Gambar 4.4 Batako Segar   | 32 |
| Gambar 4.5 Uji Kuat Tekan dengan Dial Pengukur Penurunan                                  | 34 |
| Gambar 4.6 Pemotongan Benda Uji Menjadi 4 Bagian  | 35 |
| Gambar 4.7 Penimbangan Benda Uji  | 36 |
| Gambar 4.8 Perendaman Benda Uji   | 37 |
| Gambar 4.9 Benda uji dalam oven   | 37 |
| Gambar 4.10 Pengujian Redaman Suara   | 39 |
| Gambar 4.11 Bagan Alir Penelitian   | 41 |
| Gambar 5.1 Batako Pejal   | 43 |
| Gambar 5.2 Volume Ember Ukur  | 44 |
| Gambar 5.3 Berat Volume Batako Bonggol Jagung dan Focon                                   | 48 |
| Gambar 5.4 Kurva Kuat Tekan Bruto Batako Bonggol Jagung dan Focon                         | 55 |
| Gambar 5.5 Detail Kurva Kuat Tekan Bruto Batako Bonggol Jagung                            | 55 |
| Gambar 5.6 Kurva Penyerapan Air Batako  | 58 |
| Gambar 5.7 Kurva Daya Redam Batako Bonggol Jagung   | 61 |
| Gambar 5.8 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran<br>Bonggol Jagung 300%  | 63 |
| Gambar 5.9 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran<br>Bonggol Jagung 500%  | 63 |
| Gambar 5.10 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran<br>Bonggol Jagung 700% | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 5.11 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran<br>Bonggol Jagung 900%  | 64 |
| Gambar 5.12 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran<br>Bonggol Jagung 1100% | 65 |
| Gambar 5.13 Hasil Uji SEM Bata Ringan Focon  | 65 |
| Gambar 5.14 Grafik Harga Jual Batako Bonggol Jagung dan Focon                              | 72 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu   | 10 |
| Tabel 3.1 Syarat-syarat Fisik Batako  | 15 |
| Tabel 3.2 Ukuran Batako   | 16 |
| Tabel 3.3 Kandungan Kimia Bonggol Jagung (Septiningrum, 2011)   | 18 |
| Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako  | 27 |
| Tabel 4.2 Komposisi Persentase Volume Bonggol Jagung terhadap Volume<br>Semen dalam Batako Bonggol Jagung | 27 |
| Tabel 5.1 Berat Bahan Batako Bonggol Jagung   | 43 |
| Tabel 5.2 Berat Volume Bahan Batako Bonggol Jagung  | 45 |
| Tabel 5.3 Hasil Hitungan Berat Volume Batako  | 46 |
| Tabel 5.4 Perbandingan Campuran pada Batako Bonggol Jagung  | 49 |
| Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Bonggol Jagung  | 51 |
| Tabel 5.6 Hasil Kuat Desak Batako Bonggol Jagung dan Focon  | 54 |
| Tabel 5.7 Hasil Uji Penyerapan Air Batako Bonggol Jagung  | 57 |
| Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Bonggol Jagung Berdasarkan Nilai<br>Penyerapan Air                     | 58 |
| Tabel 5.9 Hasil Pengujian Redaman Suara Batako Bonggol Jagung   | 60 |
| Tabel 5.10 Daya Redam Suara Batako Bonggol Jagung   | 61 |
| Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu Batako Bonggol Jagung dan Focon  | 73 |
| Tabel 5.12 Hasil Perbandingan Penelitian Batako Setelah di Konversi                                       | 75 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1 Surat Ijin Penggunaan Laboratorium | 81 |
| Lampiran 2 Gambar Benda Uji                   | 82 |
| Lampiran 3 Bukti Pengujian Kuat Desak         | 83 |
| Lampiran 4 Bukti Pengujian Penyerapan Air     | 87 |
| Lampiran 5 Bukti Pengujian Redaman Suara      | 90 |
| Lampiran 6 Gambar Hasil Uji SEM               | 91 |

## DAFTAR NOTASI

|             |  |
|-------------|--|
| <i>PC</i>   | = <i>Portland Cement</i>                               |
| <i>SNI</i>  | = Standar Nasional Indonesia                           |
| <i>PUBI</i> | = Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia         |
| <i>SSD</i>  | = <i>Saturated Surface Dry</i> /Jenuh Kering Permukaan |
| MPa         | = Megapascal   |
| dB          | = Desibel  |
| kN          | = Kilonewton   |
| kg          | = Kilogram   |
| gr          | = Gram   |
| cm          | = Centimeter   |
| m           | = Meter  |
| mm          | = Milimeter  |
| <i>fas</i>  | = Faktor Air Semen                                     |
| <i>BJ</i>   | = Bonggol Jagung                                       |
| $\sigma$    | = Kuat desak beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )         |
| <i>P</i>    | = Beban maksimum (kg)                                  |
| <i>A</i>    | = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )           |
| <i>SEM</i>  | = <i>Scanning Electron Microscope</i>                  |
| <i>BV</i>   | = Berat Volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )             |
| <i>SHBJ</i> | = Standar Harga Barang dan Jasa                        |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bangunan di Indonesia semakin meningkat seiring dengan kebutuhan bahan bangunan yang juga meningkat. Bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan lantai, dinding, atap, dan lain-lainnya. Salah satu bahan pembuat dinding yang sudah populer dan menjadi pilihan masyarakat di Indonesia sampai dengan saat ini adalah batu bata, batako, dan bata ringan. Batako adalah bahan beton terbuat dari campuran semen, pasir, dan agregat atau pasir kasar. Karakteristik batako yang umum ada di pasaran adalah memiliki berat volume rata-rata  $>2000 \text{ kg/m}^3$ , dengan kuat desak bervariasi 3 MPa - 5 MPa. Ditinjau dari berat volumenya batako tergolong material cukup berat sehingga untuk proses pemasangan sebagai konstruksi dinding memerlukan tenaga yang cukup kuat (Simbolon, 2009).

Dalam pembuatan batako, berat volume batako ini dapat dikurangi yaitu dengan memanfaatkan bahan-bahan yang ringan seperti bonggol jagung, ampas tebu, sekam padi, batu apung, ijuk, dan *styrofoam* sebagai komponen agregat. Bonggol jagung merupakan limbah organik berupa bagian buah jagung yang sudah tidak ada biji-biji jagungnya. Kementerian Pertanian menyebutkan bahwa produksi jagung mencapai 28,71 juta ton di Indonesia pada tahun 2019 dan limbah bonggol jagung yang dihasilkan sekitar 12,3 juta ton (Kementerian Pertanian, 2019). Hal ini menunjukkan fakta bahwa pemanfaatan bonggol jagung masih terbuka sebagai agregat dalam material bangunan. Batako dengan bonggol jagung sebagai agregat harus mengacu pada standar teknis sesuai SNI Nomor 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, pemanfaatan material-material sisa yang terbuang atau limbah sudah banyak dilakukan penelitian, terutama sisa hasil pertanian untuk material beton atau batako. Salah satu contoh beton ramah lingkungan adalah dengan menggunakan bonggol jagung untuk bahan pembuatan

batako yang telah diteliti oleh Fahri (2020). Sampel batako adalah berukuran 12 cm x 22 cm x 40 cm, dimana rata-rata kuat tekan tertinggi pada batako variasi 1 dengan campuran bahan semen : abu batu : bonggol jagung adalah 1,5 : 1,5 : 6 yaitu sebesar  $59,79 \text{ kg/cm}^2$  dengan batas minimum mutu kelas III sesuai SNI 03-0349-1989 (tentang bata beton untuk pasangan dinding) adalah  $40 \text{ kg/cm}^2$ . Fahri (2020) juga mengungkapkan bahwa proses pemadatan batako dalam penelitian ini dilakukan secara manual tanpa mesin cetak sehingga akan mempengaruhi kualitas batako dan waktu pencetakan yang dihasilkan. Untuk mempercepat proses produksinya, perlu dilakukan proses produksi batako yang menggunakan mesin press sehingga biaya produksi bisa ditekan dan dapat dijadikan bidang usaha baru.

Ardinal dkk (2020) dalam penelitian pengaruh penambahan limbah bonggol jagung untuk pembuatan batu bata ringan dengan tanah lempung sebagai pengikatnya. Rujukan yang dipakai adalah SNI 15-2094-2000 tentang bata merah untuk pasangan dinding. Sampel bata ringan berukuran 5,5 cm x 5,5 cm x 5,5 cm. Penelitian ini menemukan bahwa hasil uji kuat tekan dengan penambahan bonggol jagung sampai 12,5% masih memenuhi syarat mutu batu bata kelas 50 yaitu  $50 \text{ kg/cm}^2$ . Namun pada pengujian daya serap air batu bata dengan bonggol jagung didapat lebih dari 20% sehingga daya serap air ini belum memenuhi standar SNI 15-2094-2000. Pinto dkk (2012) membuat beton ringan dengan campuran: bonggol jagung (sebagai agregat), semen, dan air. Sebagai pembanding dibuat pula beton ringan dengan agregat dari kerikil tanah liat buatan (*expanded clay*). Ukuran sampel adalah berbentuk kubus dengan diameter 15 cm. Dari hasil pengujian didapat bahwa kuat tekan beton ringan dengan bonggol jagung sebagai agregat adalah sebesar  $120 \text{ kN/m}^2$  (atau  $1,22 \text{ kg/cm}^2$ ) lebih rendah dari beton ringan menggunakan *expanded clay*, yaitu sebesar  $1360 \text{ kN/m}^2$  atau  $13,87 \text{ kg/cm}^2$ . Salah satu sebab beton bonggol jagung memiliki kuat tekan yang lebih rendah adalah karena dimensi bonggol jagung yang dipakai masih cukup besar, yaitu sekitar 5-8 cm.

Kelemahan batako bonggol jagung dari penelitian Fahri (2020) adalah bahwa pencetakan batakonya dilakukan secara manual tanpa mesin cetak sehingga proses produksinya lama dan jumlah batako yang dihasilkannya relatif sedikit per harinya. Sedangkan, penelitian Ardinal dkk (2020) dan Pinto dkk (2012) difokuskan pada

pemanfaatan bonggol jagung untuk bata ringan dan beton ringan. Ukuran sampel bata ringan dan beton ringan pada Ardinal dan Pinto relatif lebih kecil yang mana tidak bisa dibandingkan dengan ukuran batako ringan yang dikembangkan oleh Fahri (2020). Selain itu, Ardinal dan Pinto tidak mengkaji biaya produksinya.

Saat ini, banyak dijual bata ringan berwarna putih yang menggantikan bata merah dan batako konvensional. Hasil survei awal berdasarkan brosur yang ada menguraikan bahwa bata ringan memiliki berat volume sekitar  $550 \text{ kg/m}^3$ , yang cukup ringan dibandingkan dengan batako konvensional dengan berat volume sekitar  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Harga bata ringan dipasaran mencapai Rp650.000,- sampai Rp700.000,- per  $\text{m}^3$ . Bentuk bata ringan memiliki dimensi dengan presisi yang tinggi, sehingga pada saat pemasangan, antar bata ringan cukup direkatkan dengan mortar atau lem khusus, dengan ketebalan 3 mm – 5 mm. Bata ringan sering juga dipromosikan sebagai material dinding yang memiliki sifat kedap suara yang baik.

Batako ringan yang dikembangkan oleh Fahri (2020) hasilnya cukup presisi dan ditengarai dapat bersaing dengan sifat presisi pada bata ringan di pasaran. Tantangan lainnya adalah seberapa nilai sifat redaman suara pada batako bonggol jagung. Untuk itu, penelitian tentang batako dengan agregat bonggol jagung yang telah dikembangkan oleh Fahri perlu dilanjutkan dengan proses pencetakannya menggunakan mesin press. Aspek teknis, biaya produksi, dan nilai redaman suara perlu diuji. Pengujian dilakukan pula pada bata ringan yang ada di pasaran sebagai referensi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana komposisi bonggol jagung yang optimal sebagai agregat dalam pembuatan batako yang memenuhi aspek teknis?
2. Bagaimana harga pokok produksi batako bonggol jagung yang optimal dengan penggunaan bonggol jagung sebagai agregat?
3. Bagaimana nilai redaman suara pada batako bonggol jagung?

4. Bagaimana nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan Focon yang ada di pasaran?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi bonggol jagung yang optimal sebagai agregat dalam pembuatan batako yang memenuhi aspek teknis.
2. Mengetahui harga pokok produksi batako bonggol jagung yang optimal dengan penggunaan bonggol jagung sebagai agregat.
3. Mengetahui nilai redaman suara pada batako bonggol jagung.
4. Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan redaman suara pada bata ringan Focon yang ada di pasaran.

### **1.4 Batasan penelitian**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengujian ini menggunakan cetakan batako tipe pejal dengan ukuran dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm, seperti yang dilakukan oleh Fahri (2020).
2. Aspek teknis yang diuji adalah berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan redaman suara.
3. Perhitungan biaya produksi batako bonggol jagung menggunakan data-data survei di wilayah Klaten.
4. Bata ringan yang dipakai sebagai pembanding adalah bata ringan merek Focon, yang banyak tersedia di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya.
5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*), merk Tiga Roda yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
6. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik untuk pengujian yang berkaitan dengan aspek teknis dan pengujian redaman suara, sedangkan pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
7. Orientasi penelitian diasumsikan untuk usaha.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberi kemanfaatan berupa, antara lain:

1. Pemilik toko bangunan, konsultan, dan kontraktor dapat menggunakan batako ini sebagai variasi material dinding, yaitu berupa batako bonggol jagung untuk pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur yang lain.
2. Dalam skala yang lebih luas, bangunan dengan dinding batako bonggol jagung dapat menjadi lebih ringan, sehingga dapat mendukung konsep rumah tahan bencana gempa bagi perencanaan bangunan.

### **1.6 Lokasi penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Jl.Kaliurang Km 15 Sleman, Yogyakarta. Pengujian yang berkaitan dengan aspek teknis dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

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

##### **2.1.1 Batako dengan Bahan Susun Cacahan Bonggol Jagung**

Fahri (2020) telah meneliti batako dengan bahan susun cacahan bonggol jagung yang digiling menggunakan mesin giling hingga lolos saringan mesin giling sebesar  $1 \pm 0,5$  cm. Komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1,5 : 1,5 untuk semen dan abu batu sedangkan bahan bonggol jagung digunakan perbandingan bervariasi sesuai tipe 1 sampai 6 untuk menentukan campuran yang memiliki kuat desak tertinggi.

Pada pengujian uji desak, pencetakan sampel batako dilakukan secara manual dalam posisi tidur didapat rata-rata kuat tekan tertinggi pada batako variasi 1 dengan campuran bahan semen : abu batu : bonggol jagung adalah 1,5 : 1,5 : 6 yaitu sebesar  $59,79 \text{ kg/cm}^2$ . Batas minimum mutu kelas III sesuai SNI 03-0349-1989 adalah  $40 \text{ kg/cm}^2$  sehingga kuat desak dari variasi 1 tersebut sudah memenuhi kuat desak rata-rata kategori mutu kelas III. Hasil pengujian resapan air yang dilakukan pada variasi II dan V dengan perbandingan semen : abu batu : bonggol jagung 1,5 : 1,5 : 7 dan 1,5 : 1,5 : 10 sudah memenuhi syarat maksimum penyerapan air mutu II yang disyaratkan SNI. Perhitungan harga batako hasil penelitian ini 158% lebih mahal dari batako di pasaran disebabkan batako bonggol jagung yang dicetak manual dengan posisi tidur masih kurang efektif dari aspek kecepatan produksinya.

### 2.1.2 Batako Bonggol Jagung untuk Penggunaan Non-Struktural

Penelitian penggunaan butiran bonggol jagung sebagai agregat dalam pembuatan batako ini dilakukan oleh Pinto dkk (2012) dengan mempertimbangkan bonggol jagung yang dianggap sebagai limbah pertanian dibandingkan dengan yang paling banyak diterapkan yaitu *styrofoam*. Beberapa persyaratan dari bangunan lapisan regularisasi adalah ringan, kapasitas insulasi (termal dan akustik), daya tahan, serta ekonomis. Batako bonggol jagung dibandingkan dengan beton ringan konvensional menggunakan *expanded clay* yang dikembangkan dan diuji.



**Gambar 2.1 Bonggol Jagung Tanpa Jagung**

Hasil uji tekan yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton ringan dengan bonggol jagung sebesar  $120 \text{ kN/m}^2$  (atau  $1,22 \text{ kg/cm}^2$ ) sedangkan kuat tekan beton ringan dengan *expanded clay* rata-rata sebesar  $1360 \text{ kN/m}^2$  (atau  $13,87 \text{ kg/cm}^2$ ) sehingga kuat tekan beton ringan dengan bonggol jagung lebih rendah daripada batako dari *expanded clay*. Hal ini disebabkan sampel batako bonggol jagung belum benar-benar kering pada umur 28 hari, granulometri dari partikel bonggol jagung juga memerlukan perbaikan dalam hal dimensi dan proporsi berat, serta rasio komponen batako bonggol jagung yang digunakan tidak memadai. Meskipun uji tekan batako bonggol jagung dinilai rendah, batako bonggol jagung mungkin cocok untuk digunakan pada non-struktural.

### 2.1.3 Pengaruh Penambahan Limbah Bonggol Jagung untuk Pembuatan Batako

Pemakaian tanah lempung sebagai bahan baku batu bata dapat dikurangi dengan penambahan serat, salah satunya adalah limbah tongkol jagung. Ardinal dkk

(2020) telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan tongkol jagung untuk pengganti pada pembuatan batu bata dengan tetap mengacu SNI 15-2094-2000 tentang bata merah untuk pasangan dinding. Penelitian ini dilakukan dengan mengganti tanah lempung bahan baku batu bata dengan tongkol jagung yang sudah dihaluskan sampai >60mesh dan <60 mesh. Substitusi dimulai dari 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, sampai 12,5%.

Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil uji kuat tekan dengan penambahan tongkol jagung sampai 12,5% masih memenuhi syarat mutu batu bata kelas 50 yaitu 50 kg/cm<sup>2</sup>. Pada pengujian daya serap air batu bata dengan tongkol jagung didapat lebih dari 20% sehingga daya serap air ini belum memenuhi standard SNI 15-2094-2000.

#### 2.1.4 Optimasi Batako Sekam Padi yang dicetak secara Manual

Penelitian ini dilakukan oleh Amali (2019) dengan metode eksperimental yang dimulai dari investigasi bahan susun batako, pembuatan batako, dan pengujiannya. Bahan yang digunakan untuk pembuatan batako antara lain adalah semen, abu batu, dan sekam padi dengan campuran dalam berbagai variasi yang diukur dalam satuan volume untuk memudahkan proses pencampuran sedangkan untuk pencetakan batako dilakukan secara manual dan pematatannya hanya ditusuk-tusuk secara sederhana. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dan penyerapan air sesuai dengan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kemudian dilakukan perbandingan harga batako tersebut dengan batako yang ada di pasaran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pencetakan dapat dilakukan dengan mudah jika dicetak secara manual dan tanpa bantuan mesin yang menghasilkan batako presisi, namun jumlah batako yang dicetak dengan dua pekerja adalah hanya 60 buah perhari. Batako dengan bahan susun semen : abu batu : sekam padi dengan perbandingan sebesar 1 : 3 : 2,5 akan menghasilkan dengan kuat tekan tertinggi sebesar 79,472 kg/cm<sup>2</sup> yang termasuk dalam kategori mutu bata beton pejal Mutu II, dengan kekuatan desak minimum yaitu 70 kg/cm<sup>2</sup>. Mutu IV dapat diperoleh pada komposisi campuran 1 : 3 : 6 dengan kuat tekan sebesar 25,24

kg/cm<sup>2</sup> sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm<sup>2</sup>. Sementara itu, hasil uji penyerapan air tertinggi pada komposisi 1 : 3 : 10 dengan nilai 17,33% sehingga dapat disimpulkan semakin besar perbandingan campuran, maka sekam padi semakin besar pula penyerapan airnya. Dari perhitungan harga batako sekam padi yang dicetak dengan posisi tidur secara manual memiliki harga sebesar Rp10.000,-/batako sementara harga batako serupa di pasaran adalah Rp5.318,-/batako.

## **2.2 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan**

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

| Penelitian               | Berlian Fahri (2020)  | Jorge Pinto, dkk (2012)  | Ardinal, dkk (2020)  | Amali (2019)   |
|--------------------------|---|--|--|--|
| <b>Judul</b>             | Pemanfaatan dengan Cacahan Bonggol Jagung sebagai Bahan Susun Batako  | <i>Corn cob lightweight concrete for non-structural applications</i>           | Pengaruh Penambahan Limbah Tongkol Jagung untuk Pembuatan Bata Ringan  | Optimasi Batako Sekam Padi yang dicetak secara Manual  |
| <b>Tujuan Penelitian</b> | Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi yang memenuhi syarat kuat desak dan penyerapan air sesuai SNI 03-0349-1989, mengetahui harga pokok produksi batako bonggol jagung, dan mengetahui kelebihan serta kekurangan dari batako bonggol jagung. | Menganalisis potensi penggunaan bongol jagung sebagai bahan susun bata ringan. | Menentukan substitusi maksimum pemanfaatan tongkol jagung untuk dapat menghasilkan batu bata dengan kualitas sesuai SNI 15-2094-2000 sehingga dapat mengurangi limbah tongkol jagung dan mengurangi pemakaian tanah untuk pembuatan batu bata dalam menjaga kualitas lingkungan. | Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi yang memenuhi syarat kuat desak sesuai SNI 03-0349-1989, mengetahui nilai penyerapan air pada batako sekam padi, mengetahui harga batako sekam padi perbuah yang kompetitif di pasaran. |

| <b>Penelitian</b>        | <b>Berlian Fahri (2020)</b>  | <b>Jorge Pinto, dkk (2012)</b>                                     | <b>Ardinal, dkk (2020)</b>  | <b>Amali (2019)</b>  |
|--------------------------|--|--|---|--|
| <b>Metode Pencetakan</b> | Batako dicetak secara manual dalam posisi tidur. Adukan batako dimasukkan dalam cetakan yang sudah dilapisi minyak dan diberi landasan terpal sambil ditusuk-tusuk supaya padat kemudian diratakan dengan dipukul-pukul menggunakan pelat kayu lalu cetakan dapat dilepas secara manual. | Metode pencetakan dilakukan secara manual tanpa menggunakan mesin. | Tanah lempung yang sudah dicampurkan dengan tongkol jagung dicetak dan diangin-anginkan (tidak terkena sinar matahari langsung) selama 14 hari atau sampai batu bata tidak mengandung air. Kemudian setelah dijemur dilakukan pembakaran bahan pada suhu <math><600^{\circ}</math> selama 2 hari. | Batako dicetak tanpa menggunakan mesin cetak dalam posisi tidur. Adukan batako dimasukkan dalam cetakan sambil ditusuk-tusuk supaya padat kemudian diratakan dengan dipukul-pukul menggunakan pelat kayu lalu cetakan dapat dilepas secara manual. |

| <b>Penelitian</b>       | <b>Berlian Fahri (2020)</b>  | <b>Jorge Pinto, dkk (2012)</b>   | <b>Ardinal, dkk (2020)</b>  | <b>Amali (2019)</b>   |
|-------------------------|--|--|---|---|
| <b>Bahan Tambah</b>     | Bonggol jagung dan <i>filler</i> abu batu  | Bonggol Jagung.  | Bonggol jagung.   | Sekam padi dan <i>filler</i> abu batu.  |
| <b>Hasil Penelitian</b> | Rata-rata kuat tekan tertinggi adalah batako variasi 1 dengan campuran bahan semen : abu batu : bonggol jagung adalah 1,5 : 1,5 : 6 yaitu sebesar 59,79 kg/cm <sup>2</sup> . Hasil pengujian resapan air yang dilakukan pada variasi II dan V sudah memenuhi syarat maksimum penyerapan air mutu II yang disyaratkan SNI. Perhitungan harga batako hasil penelitian ini 158% lebih mahal dari batako dipasaran | Nilai rata-rata kuat tekan beton ringan dengan bonggol jagung sebesar 120 kN/m <sup>2</sup> sedangkan kuat tekan beton ringan dengan <i>expanded clay</i> rata-rata sebesar 1360 kN/m <sup>2</sup> . Meskipun uji tekan batako bonggol jagung dinilai rendah, batako bonggol jagung mungkin cocok untuk digunakan pada non-struktural. | Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil uji kuat tekan dengan penambahan tongkol jagung sampai 12,5% masih memenuhi syarat mutu batu bata kelas 50 yaitu 50 kg/cm <sup>2</sup> . Pada pengujian daya serap air batu bata dengan tongkol jagung didapat lebih dari 20% sehingga daya serap air belum memenuhi standard SNI 15-2094-2000. | Batako dengan perbandingan sebesar 1 : 3 : 2,5 akan menghasilkan dengan kuat tekan tertinggi sebesar 79,472 kg/cm <sup>2</sup> . Mutu IV diperoleh pada komposisi campuran 1 : 3 : 6 dengan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm <sup>2</sup> sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm <sup>2</sup> . Harga batako adalah Rp10.000,-/batako sementara harga batako serupa di pasaran adalah Rp5.318,-/batako. |

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Batako**

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

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



**Gambar 3.1 Batako Pejal**



**Gambar 3.2 Batako Berlubang**

Menurut Frick Heinz (1999) pemakaian batako bila dibandingkan dengan batu bata terlihat hemat dalam beberapa segi sebagai berikut.

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

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

**Tabel 3.1 Syarat-syarat Fisik Batako**

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

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

**Tabel 3.2 Ukuran Batako**

satuan : mm

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

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

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

## 3.2 Material Penyusun Batako

### 3.2.1 Semen Portland

Semen adalah bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi bangunan. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregrat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregrat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*) (Mulyono, 2013).

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan alumunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen *portland* adalah kapur (CaO, silica (SiO<sub>3</sub>)), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksidasi besi, sedangkan gypsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2003).

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

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

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

### 3.2.2 Air

Salah satu bahan pembuatan batako adalah air yang digunakan untuk dicampurkan dengan semen Portland sehingga terjadi reaksi kimia pada semen Portland atau biasa disebut “hidrasi”. Hasil dari reaksi kimia akan menentukan pengerasan semen portland dan memperoleh kekuatan.

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

### 3.2.3 Bonggol Jagung

Bonggol jagung merupakan bagian dalam dari buah jagung yang didapat dari proses penggilingan untuk memisahkan bijinya. Pada proses penggilingan jagung inilah didapat limbah bonggol jagung yang masih dapat dimanfaatkan lagi. Unsur-unsur yang terkandung dalam bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

**Tabel 3.3 Kandungan Kimia Bonggol Jagung (Septiningrum, 2011)**

| Kandungan     | Jumlah (%) |
|---------------|------------|
| Hemiselulosa  | 30,91      |
| Alfa selulosa | 26,81      |
| Lignin        | 15,52      |
| Karbon        | 39,80      |
| Nitrogen      | 2,12       |
| Air           | 8,38       |

Bonggol jagung dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan kue atau kuliner, sumber pakan ternak, bahan bakar, dan sebagai bahan pembuatan batu bata. Bonggol jagung yang dibuang dalam jumlah banyak akan membutuhkan lahan luas dan dapat mengurangi estetika atau jika dibakar secara langsung dapat menambah emisi karbon dalam atmosfer, sehingga untuk memaksimalkan limbah bonggol jagung, perlu dicari alternatif

inovasi teknologi yang lebih bermanfaat. Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat.

Bonggol jagung yang dimaksud disini adalah bonggol yang telah dibersihkan, di angin-anginkan, kemudian dicampur dengan bahan material pembuatan batako agar dapat digunakan sebagai material dinding bangunan. Ketersediaan bonggol jagung sebagai limbah dapat dengan mudah ditemui sehingga akan mencukupi kapasitas produksi bata ringan.

Penggunaan bonggol jagung utuh dalam bahan batako atau beton secara struktural dengan menambahkan bonggol jagung dapat mengurangi berat batako sehingga besarnya beban mati yang bekerja pada struktur bangunan dapat berkurang. Adanya pengurangan beban mati struktur tersebut, beban yang harus ditanggung oleh pondasi bangunan juga akan berkurang dan kebutuhan akan pondasi yang lebih besar dapat dihindari sehingga nilai RAB juga dapat diperkecil.

#### 3.2.4 *Filler* dari Abu Batu Hasil Limbah Penggergajian batu

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

### 3.3 Pengujian Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan

#### 3.3.1 Uji Kuat Desak

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

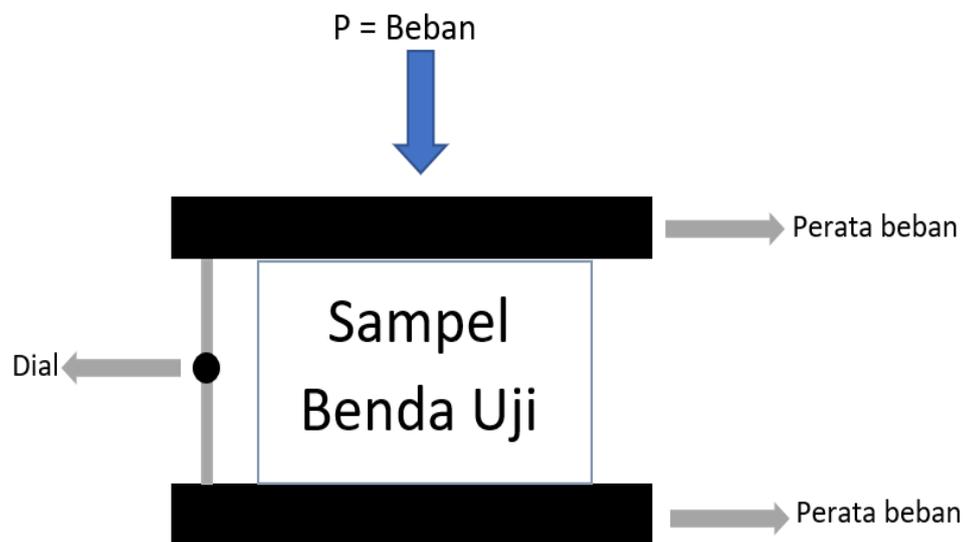
Mengutip dari Murdock dan Brook (1991) beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat pematatannya. Di samping dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen, kuat tekan dipengaruhi juga oleh kualitas agregrat, efisiensi perawatan, umur beton, dan jenis bahan *admixture*.

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

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

Keterangan :

- $\sigma$  = Kuat desak beton ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $P$  = Beban maksimum (kg)
- $A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )



**Gambar 3.3 Skema Uji Desak**

Karakteristik kuat desak dan nilai porositas bata beton menggunakan standar berdasarkan SNI 03-0349-1989 mengenai bata beton untuk pasangan dinding, dimana bata beton yang diisyaratkan terdiri dari 2 macam yaitu:

1. Bata Beton Pejal

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

2. Bata Beton Berlubang

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

Persyaratan dan karakteristik bata beton dapat di lihat di Tabel 3.1 di atas.

### 3.3.2 Uji Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air beton dalam kondisi keras. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-6433-2016 yang dirumuskan dalam Persamaan 3.2 berikut ini.

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

Keterangan :

A = massa benda uji kering-oven, g

B = massa benda uji kering-permukaan di udara setelah perendaman, g

### 3.3.3 Uji Redaman Suara

Pengukuran daya redam suara bertujuan untuk mengetahui seberapa baik benda uji meredam suara sehingga pada penggunaannya sebagai material konstruksi dapat meredam tingkat kebisingan dari lingkungan luar. Pengujian redaman suara memerlukan sinyal generator yang frekuensinya dapat diatur untuk mengukur kemampuan redaman suara. Taraf Intensitas suara yang keluar dari *loudspeaker* diukur dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Daya redam

suara batako tersebut akan diperoleh dari selisih taraf intensitas suara masuk dan suara keluar. Sedangkan koefisien serap adalah angka tanpa satuan yang menunjukkan perbandingan antara energi bunyi yang tidak dipantulkan oleh material pembatas dengan keseluruhan energi bunyi yang mengenai material pembatas sehingga dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Nilai daya redam} = A - B \quad (3.3)$$

Dimana A adalah intensitas batako terpapar suara dalam satuan dB, dan B adalah intensitas batako tidak terpapar suara dalam satuan dB.

#### 3.3.4 Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Topografi dan morfologi dapat diamati karena kedalaman area yang bisa mencapai orde puluhan micrometer pada perbesaran 1000x dan orde micrometer pada perbesaran 10000x (Sembiring, 2012).

Pada uji SEM bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur pada batako bonggol jagung sehingga dapat terlihat rongga-rongga di dalamnya. Prinsip kerja pengujian ini adalah dengan memperbesar permukaan sampel yang telah diambil menggunakan berkas elektron hingga mencapai perbesaran yang diinginkan.

### 3.4 Harga Pokok Produksi

Penetapan harga jual sekaligus keuntungan yang diinginkan dari suatu produk dipengaruhi oleh perhitungan harga pokok produksi. Kesalahan hitungan harga pokok produksi dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan produksi. Harga suatu produk akan mempengaruhi keuntungan dan kemampuan bersaing dengan produk sejenis dari perusahaan lain.

Harga produksi adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh

penghasilan (Mulyadi, 2007). Biaya yang dikeluarkan dalam menghasilkan suatu produk pada waktu tertentu berdasarkan pengertian para ahli terdiri dari :

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku yaitu semua biaya yang dikeluarkan dalam perhitungan biaya produksi suatu produk, diantaranya biaya alat, biaya perawatan alat, biaya material, biaya papan alas, dan lain-lain.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung yaitu upah kepada tenaga kerja yang melakukan pengolahan produk, baik menggunakan kemampuan fisik maupun dengan bantuan mesin sehingga dapat mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Contohnya, upah dari perusahaan batako kepada pekerjanya.

3. Biaya *overhead* pabrik

Biaya *overhead* pabrik atau disebut biaya tidak langsung. Pengertian biaya tidak langsung yaitu biaya yang mencakup semua biaya produksi, selain biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya *overhead* suatu pabrik ditekankan pada istilah produksi, seperti biaya pengiriman, biaya THR, biaya konsumsi, dan keuntungan.

Harga pokok produksi memiliki fungsi diantaranya.

1. Sebagai penetapan harga jual

Perusahaan perlu mengetahui harga pokok produksi karena dapat berpengaruh terhadap penentuan harga jual suatu produk.

2. Sebagai dasar penetapan laba

Setelah perhitungan harga pokok produksi yang dibuat oleh suatu perusahaan, kemudian dapat dilakukan penentuan 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 dilakukan dengan menetapkan harga pokok standar terlebih dahulu lalu dibandingkan dengan harga pokok aktual sehingga dapat diketahui adanya selisih nilai yang berkaitan dengan efisiensi

produksi. Jika terdapat selisih negatif, maka pelaksanaan proses produksi belum efisien sehingga perusahaan perlu mencari penyebabnya kemudian memperbaiki kesalahan tersebut. Jika didapat selisih positif, maka terdapat dua kemungkinan yaitu perusahaan telah melaksanakan proses produksi secara efisien atau perhitungan harga pokok standar kurang tepat. Untuk mengetahui hal tersebut perusahaan perlu melakukan penelusuran lebih lanjut.

4. Sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen

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

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

Setelah dilakukan perhitungan harga pokok produksi, maka dapat diketahui perhitungan analisis BEP atau *Break Even Point*. BEP adalah titik pulang pokok dimana jumlah pendapatan adalah sama dengan total biaya (Anderson dkk., 2019). Analisis BEP ini dapat diartikan cara mengetahui titik seimbang dimana suatu perusahaan tidak mengalami rugi dan untung. Suatu usaha dapat dikatakan layak jika BEP sama dengan nol karena perusahaan tidak menanggung kerugian dan jika produksi dilanjutkan akan menjadi keuntungan untuk perusahaan.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metode penelitian ialah langkah-langkah untuk melakukan penelitian terhadap suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII dan sampel di uji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Dalam penelitian ini terdapat variable bebas (*independent variable*) dan variable terikat (*dependent variable*). Variable bebas ialah penambahan bonggol jagung pada campuran batako tersebut, sedangkan variable terikat ialah berupa aspek teknis, biaya produksi, dan redaman suara.

#### **4.2 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap diantaranya adalah tahap persiapan penelitian, tahap perencanaan komposisi, dan tahap pelaksanaan penelitian.

##### **4.2.1 Tahap Persiapan Penelitian**

Pada tahap persiapan penelitian perlu dipersiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji dan berjalan dengan lancar.

##### **1. Alat-alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a. Terpal sebagai alas untuk mengangin-anginkan bonggol jagung dan abu batu agar memiliki kondisi jenuh dan kering permukaan (*Saturated Surface Dry (SSD)*).
- b. Saringan ukuran 5 mm dan 2 mm untuk menyaring abu batu dari gumpalan-gumpalan.

- c. Sekop, berfungsi untuk meratakan bonggol jagung dan memindahkan abu batu dari satu tempat ke tempat lain sedikit demi sedikit.
  - d. Ember digunakan sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
  - e. Gelas ukur, untuk sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran.
  - f. Mixed Machine, sebagai alat untuk mengaduk campuran.
  - g. Press Machine, sebagai alat untuk membuat batako press.
  - h. Cetakan batako dengan ukuran 40 cm x 12 cm x 22 cm.
  - i. Minyak solar 1 liter untuk melapisi cetakan batako agar batako yang selesai dicetak mudah dikeluarkan dari cetakannya dan tidak lengket.
  - j. Papan kayu, ukuran 50 x 30 cm yang berfungsi sebagai media untuk alas batako segar yang telah dicetak dan kemudian dipindahkan ke tempat yang teduh.
  - k. Kamera untuk mendokumentasikan proses penelitian.
  - l. Alat bantu : timbangan, cetok semen, kuas pembersih, kalkulator, penggaris, meteran, buku catatan, dan alat tulis.
2. Bahan-Bahan Penyusun
- Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.
- a. Semen : Semen Portland Tiga Roda
  - b. Filler : Abu batu dari hasil limbah penggergajian batu andesit di sekitar Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman.
  - c. Air : Air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
  - d. Bonggol jagung : Bonggol jagung yang sudah dalam bentuk cacahan bonggol jagung yang berasal dari areal persawahan Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman.

#### 4.2.2 Perencanaan Komposisi

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

Proses pencetakan dengan mesin press berpenggetar ini sama dengan apa yang dilakukan Hesti (2014). Berikut komposisi campuran pada pembuatan batako bonggol jagung pada Tabel 4.1. Dalam setiap komposisi campuran, benda uji untuk

masing-masing komposisi campuran sebanyak delapan (8), maka total sampel benda uji adalah sebanyak empat puluh (40) buah. Sebagai pembanding, terdapat 5 buah sampel bata ringan merek Focon.

**Tabel 4.1 Komposisi Bahan Susun Batako**

| Variasi | Komposisi perbandingan dalam volume |        |                |
|---------|-------------------------------------|--------|----------------|
|         | PC                                  | Filler | Bonggol Jagung |
| I       | 1                                   | 1      | 3              |
| II      | 1                                   | 1      | 5              |
| III     | 1                                   | 1      | 7              |
| IV      | 1                                   | 1      | 9              |
| V       | 1                                   | 1      | 11             |

Dari data komposisi bahan susun batako yang telah direncanakan didapatkan besar persentase komposisi volume bonggol jagung terhadap volume semen seperti Tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2 Komposisi Persentase Volume Bonggol Jagung terhadap Volume Semen dalam Batako Bonggol Jagung**

| Variasi | Komposisi Campuran BJ |
|---------|-----------------------|
| I       | 300%                  |
| II      | 500%                  |
| III     | 700%                  |
| IV      | 900%                  |
| V       | 1100%                 |



**Gambar 4.1 Bahan Susun Batako**

#### 4.2.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini pembuatan dan perawatan benda uji untuk setiap pengujian.

Langkah-langkah pembuatan batako sebagai berikut :

1. Persiapan
  - a. Pengambilan sampel bonggol jagung dan abu batu dari tempat asalnya.
  - b. Bonggol Jagung dan abu batu di angin-anginkan sehingga mencapai (*Saturated Surface Dry (SSD)*) dengan menggunakan alas terpal.
  - c. Abu batu disaring untuk menyingkirkan agregat yang berbentuk kerikil dengan ayakan 5 mm dan 2 mm.
  - d. Bonggol Jagung dan abu batu yang sudah SSD diukur kadar air dan berat volumenya.
  - e. Mengukur berat volume semen.
2. Tahap Pencampuran Bahan Susun Batako
  - a. Pembersihan *Mixer Machine* dan membasahi sedikit air kepada setiap sisi *Mixer Machine* agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi

resapan air di sisi *Mixer Machine* yang mengakibatkan berubahnya volume air pada bahan campuran.

- b. Penimbangan komposisi bahan campuran seperti: bonggol jagung, abu batu, dan semen dengan perbandingan volume dapat dilihat pada Tabel 4.1.
- c. Masukkan abu batu dan bonggol jagung bersamaan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan pada Tabel 4.1 ke dalam *Mixer Machine* sambil di aduk perlahan. Lalu masukkan semen perlahan-lahan sampai semua bahan tercampur dengan rata dan homogen, kemudian ditambahkan air. Hasil campuran diuji dengan digenggam memakai telapak tangan untuk mengukur apakah campuran mudah dicetak atau belum. Penambahan air dihentikan jika campuran di dalam genggam telapak tangan tidak pecah jika telapak tangan dibuka, atau sudah banyak air yang melekat di atas telapak tangan. Volume air yang ditambahkan dicatat untuk menghitung fas nya.



**Gambar 4.2 Pencampuran Bahan Susun Batako**

- d. Proses pencampuran dilakukan hingga semua bahan yang dicampur dengan menggunakan *Mixer Machine* tercampur merata dan tampak homogen.
  - e. Adonan batako segar yang sudah homogen dikeluarkan dari alat mixer dengan membuka penutup lubang bagian bawah, sehingga adonan batako siap dicetak.
  - f. Sebelum melakukan pencetakan, disiapkan adonan 1 semen dan 4 pasir untuk mengisi lapisan bagian atas batako agar permukaan batako menjadi rata dan rapi. Lapisan ini memiliki ketebalan 4-5 mm.
3. Tahap Pencetakan
- a. Cetakan dilapisi minyak solar di bagian dalam agar batako tidak lengket ke cetakan dan mudah dilepaskan sehingga tidak terjadi cacat bentuk.
  - b. Cetakan batako yang dipakai adalah cetakan besi dan posisi batako pada saat dicetak ialah posisi tidur dengan tinggi batako adalah 12 cm.
  - c. Papan kayu diletakkan sebagai alas cetakan besi di dalam mesin press bergetar. Papan kayu diberi lapisan yang tidak menyerap air, misalnya plastik tebal atau terpal.
  - d. Masukkan adonan batako bonggol jagung ke dalam cetakan sambil mesin digetarkan sekitar 10 detik agar adukan menjadi padat.
  - e. Penggetaran mesin tidak boleh terlalu lama, agar pasta semen (semen+filler+air) tidak bergerak atau mengalir ke bawah secara gravitasi sehingga mengisi lapisan bagian bawah.
  - f. Berikutnya, campuran pasir dan semen dihamparkan (tebal 3-5 cm) di bagian atas agar diperoleh permukaan atas batako yang rata dan rapi. Cetakan diisi penuh dan diratakan dengan kayu perata.  
Proses pengepressan dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako dan kemudian mesin digetarkan sekitar 3 detik.



**Gambar 4.3 Pengepressan Batako**

- g. Setelah dipress, tuas beban dan cetakan diangkat bersamaan sehingga terbentuk batako press yang utuh dan tanpa cacat.
- h. Batako segar yang sudah dicetak segera diangkat beserta papan kayunya untuk dipindahkan dan ditata ke rak pengeringan di tempat yang teduh.



**Gambar 4.4 Batako Segar**

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

### **4.3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data**

#### **4.3.1 Pengumpulan Data melalui Pengamatan Proses Produksi**

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

#### **4.3.2 Pengumpulan Data melalui Pengujian Laboratorium**

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

### 1. Pengujian Bahan-bahan Penyusun

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

### 2. Perawatan Benda Uji

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

### 3. Pengujian Sampel Batako Bonggol Jagung dan Bata Ringan

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

#### a. Pengujian Berat Volume

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

Langkah-langkah pengujian berat volume adalah sebagai berikut.

- 1) Pemberian nama pada batako untuk memudahkan pemberian nilai berat volume batako kemudian batako ditimbang.
- 2) Benda uji diukur dimensinya yaitu : panjang, tinggi, dan tebal.
- 3) Benda uji dihitung volumenya berdasarkan dimensinya.
- 4) Benda uji diukur beratnya dengan timbangan.

- 5) Benda uji dihitung berat volumenya, caranya adalah membagi berat dengan volumenya.
  - 6) Perhitungan rata-rata berat volume pada semua sampel.
- b. Pengujian Kuat Desak
- Pengujian kuat desak dilakukan untuk masing-masing varian tipe sebanyak lima buah dengan menggunakan alat uji desak di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia. Langkah-langkah pengujian kuat desak adalah sebagai berikut :
- 1) Pemberian nama pada batako agar memudahkan pemberian nilai kuat desak batako.
  - 2) Benda uji diletakkan pada alat desak.
  - 3) Pemasangan dial pengukur penurunan selama pembebanan.



**Gambar 4.5 Uji Kuat Tekan dengan Dial Pengukur Penurunan**

- 4) Nyalakan mesin alat kuat desak dan pembebanan pada benda uji dimulai.

- 5) Catat pembebanan dan penurunan pada setiap interval pembacaan dial.
  - 6) Pembebanan dilakukan terus secara bertahap sampai sampel hancur.
- c. Pengujian Penyerapan Air
- Pengujian penyerapan air juga dilakukan pada varian tipe 1-4 sebanyak satu benda uji yang kemudian di potong menjadi empat bagian dan varian tipe 5 sebanyak dua benda uji yang dipotong menjadi dua bagian.



**Gambar 4.6 Pemotongan Benda Uji Menjadi 4 Bagian**

Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menimbang benda uji dengan timbangan yang memiliki ketelitian tinggi.



**Gambar 4.7 Penimbangan Benda Uji**

- 2) Benda uji direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan selama 24 (dua puluh empat) jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman, dan sisa airnya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji diusap dengan kain lembab, agar air yang berlebihan masih melekat di bidang permukaan benda uji terserap oleh kain lembab itu. Benda uji kemudian ditimbang (B).



**Gambar 4.8 Perendaman Benda Uji**

- 3) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Gambar 4.9 Benda uji dalam oven**

- 4) Menimbang batako yang telah kering (A).  
 5) Menghitung penyerapan air dengan rumus :

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

- d. Pengujian Redaman Suara

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Terdapat satu buah sampel yang digunakan pada tiap-tiap komposisi

campuran. Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Menyiapkan daftar tabel pengukuran yang akan digunakan untuk mengisi hasil pengukuran sampel.
- 2) Menyiapkan benda uji batako bonggol jagung.
- 3) Menggunakan dua kubus dari panel akrilik untuk pengganti dinding yang dianggap sebagai ruang penelitian.
- 4) Menggunakan alat SPL untuk mengukur suara yang diletakkan di masing-masing ruang.
- 5) Sumber suara yang digunakan merupakan suara konstan dan stabil (misalnya suara hujan) dari *smartphone* yang disambungkan pada sebuah *speaker*.
- 6) Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji diantara dua ruang yang sudah dibuat kemudian diberi *sealant* di sela-sela benda uji dengan ruang agar tidak terdapat kebocoran suara. Kemudian, sumber suara dinyalakan dan diletakkan di dalam salah satu ruang lalu mencatat perubahan angka yang dihasilkan oleh alat SPL.



**Gambar 4.10 Pengujian Redaman Suara**

#### 4.3.3 Pengumpulan Data melalui Analisis Harga Pokok Produksi

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

##### 1. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah harga pokok produksi batako dan harga jual batako dengan bonggol jagung.

##### 2. Data yang diperlukan

Data yang diperlukan untuk menghitung harga pokok produksi ialah :

- a. Biaya alat
- b. Biaya bangunan
- c. Biaya operasional
- d. Biaya papan dasar
- e. Biaya upah kerja
- f. Biaya material batako

- g. Biaya makan
  - h. Biaya tunjangan hari raya
3. Metode Pengumpulan Data
- a. Wawancara
  - b. Dokumentasi
  - c. Studi Pustaka

#### 4.3.4 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

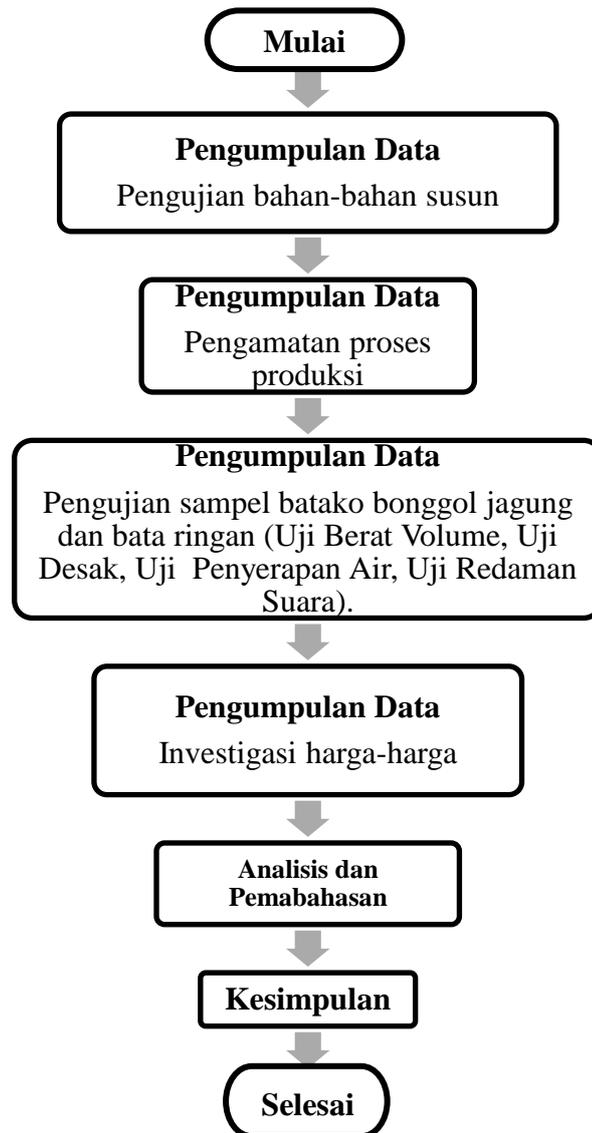
Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan varian batakong jagung mana yang terbaik. Kriteria batakong yang baik dari sisi mutu adalah tipe-tipe batakong yang memenuhi standar SNI. Semakin baik mutu batakong, pada umumnya harga pokok produksinya juga semakin mahal. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh batakong yang memenuhi standar SNI dan memiliki harga yang paling murah.

#### 4.3.5 Tahap Kesimpulan

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

#### 4.3.6 Bagan Alir Penelitian

Uraian-uraian di atas menggambarkan proses penelitian yang akan dilakukan. Adapun secara sederhana, bagan alir penelitian disajikan dalam Gambar 4.11 berikut.



**Gambar 4.11 Bagan Alir Penelitian**

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Tinjauan Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimen penelitian batako bonggol jagung yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia dan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian pada batako bonggol jagung tersebut dianalisis mengenai besarnya kuat desak, penyerapan air, redaman suara, dan harga pokok produksi. Adapun hasil dari pengujian yang telah dilakukan kemudian dibandingkan dengan batako ringan yang bermerek Focon. Berikut hasil penelitian ini dilampirkan dalam bentuk tabel dan grafik.

#### **5.2 Hasil Penelitian Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian ini dilakukan pengujian di Laboratorium Pusat Inovasi Material Vulkanis UII pada benda uji semen, bonggol jagung, dan abu batu.

##### **1. Analisis Perhitungan**

###### **a. Berat Bahan**

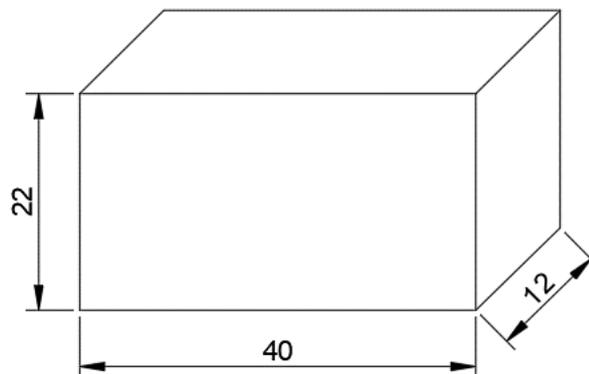
Dilakukan pengujian berat bahan batako bonggol jagung sebagai berikut.

**Tabel 5.1 Berat Bahan Batako Bonggol Jagung**

| No.       | Semen (gr) | Abu Batu (gr) | Bonggol Jagung (gr) |
|-----------|------------|---------------|---------------------|
| 1         | 16500      | 15260         | 1200                |
| 2         | 16300      | 15170         | 1210                |
| 3         | 16390      | 15190         | 1280                |
| 4         | 16280      | 15140         | 1215                |
| 5         | 16380      | 15260         | 1250                |
| Rata-Rata | 16370      | 15204         | 1231                |

b. Volume Batako

Berikut adalah perhitungan dimensi dan volume batako yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.

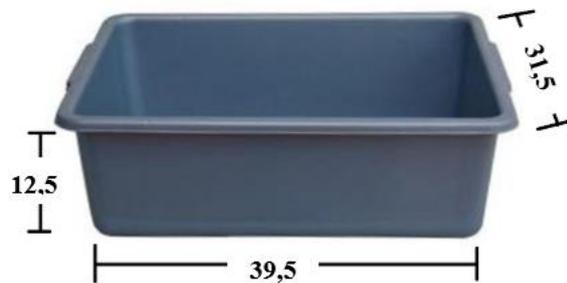
**Gambar 5.1 Batako Pejal**

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

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

c. Volume Ember Ukur

Berikut adalah perhitungan dimensi dan volume ember untuk perbandingan skala ukur setiap bahan pembuatan batako bonggol jagung, dapat dilihat Gambar 5.2 sebagai berikut.



**Gambar 5.2 Volume Ember Ukur**

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

d. Berat Volume Bahan Batako

Setelah mengetahui berat bahan baku dan volume cetakan dapat diketahui berat volume bahan pembuatan batako dengan perhitungan dibawah ini menggunakan data komposisi campuran bonggol jagung 300% sebagai contoh perhitungan.

$$\begin{aligned}
 1) \text{ BV Semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{16370}{15553,12} \\
 &= 1,053 \text{ gr/cm}^3 \\
 2) \text{ BV Abu batu} &= \frac{\text{Berat abu filler}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{15260}{15553,12} \\
 &= 0,978 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ BV Bonggol Jagung} &= \frac{\text{Berat bonggol jagung}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{1231}{15553,12} \\
 &= 0,079 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Berikut hasil berat volume setiap jenis bahan yang diuji dalam keadaan SSD yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

**Tabel 5.2 Berat Volume Bahan Batako Bonggol Jagung**

| No.       | BV Semen<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | BV Abu Batu<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | BV Bonggol<br>Jagung (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1         | 1,061                             | 0,981                                | 0,077                                      |
| 2         | 1,048                             | 0,975                                | 0,078                                      |
| 3         | 1,054                             | 0,977                                | 0,082                                      |
| 4         | 1,047                             | 0,973                                | 0,078                                      |
| 5         | 1,053                             | 0,981                                | 0,080                                      |
| Rata-rata | 1,053                             | 0,978                                | 0,079                                      |

e. Berat volume Batako

Berikut perhitungan cara mencari berat volume batako bonggol jagung, sebagai berikut.

Berat kering batako bonggol jagung (W) = 13,2 kg

Volume batako bonggol jagung (v) = 0,01056 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume beton (d)} &= \frac{W}{v} \\
 &= \frac{13,2}{0,01056} \\
 &= 1250 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil hitungan mencari berat volume batako bonggol jagung, dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

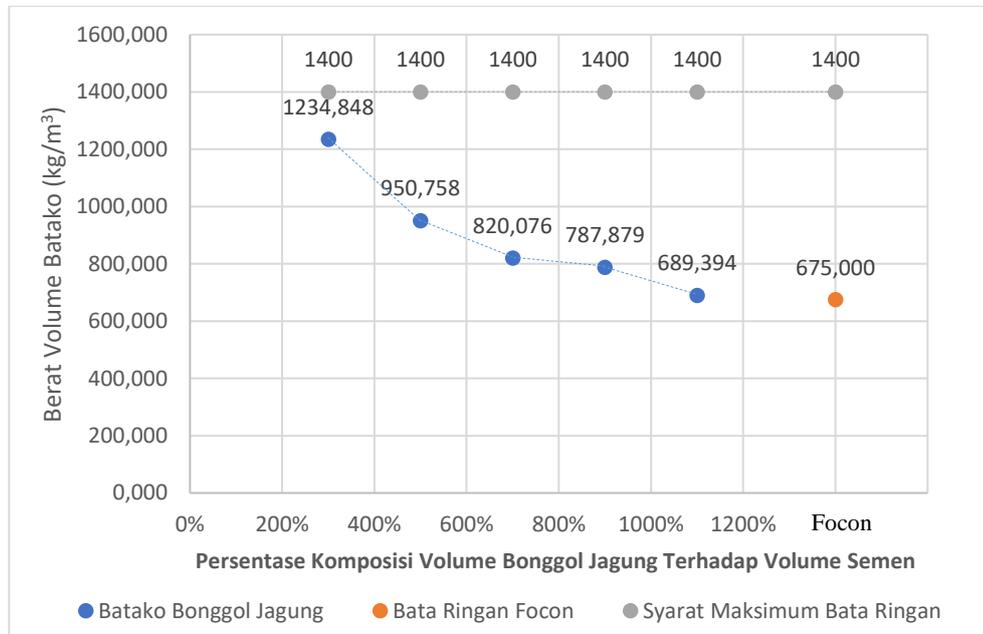
Tabel 5.3 Hasil Hitungan Berat Volume Batako

| Komposisi Campuran BJ | Berat Batako Kering (kg) | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tinggi (cm) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> ) | Berat Volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------|--------------------------|--------------|------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| 300%                  | 13,2                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 1250,000                          | 1234,848                                    |
|                       | 13,2                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 1250,000                          |   |
|                       | 13,2                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 1250,000                          |   |
|                       | 13,2                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 1250,000                          |   |
|                       | 12,4                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 1174,242                          |   |
| 500%                  | 9,5                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 899,621                           | 950,758                                     |
|                       | 10,3                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 975,379                           |   |
|                       | 10,5                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 994,318                           |   |
|                       | 10,2                     | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 965,909                           |   |
|                       | 9,7                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 918,561                           |   |
| 700%                  | 8,5                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 804,924                           | 820,076                                     |
|                       | 8,6                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 814,394                           |   |
|                       | 9,1                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 861,742                           |   |
|                       | 8,8                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 833,333                           |   |
|                       | 8,3                      | 40           | 12         | 22          | 0,01056                  | 785,985                           |   |

Lanjutan Tabel 5.3

| <b>Komposisi Campuran BJ</b> | <b>Berat Batako Kering (kg)</b> | <b>Panjang (cm)</b> | <b>Lebar (cm)</b> | <b>Tinggi (cm)</b> | <b>Volume (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Berat Volume (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Berat volume rata-rata (kg/m<sup>3</sup>)</b> |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|--|--|
| 900%                         | 7,9                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 748,106                                | 787,879  |
|                              | 8,4                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 795,455                                |  |
|                              | 9,6                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 909,091                                |  |
|                              | 7,6                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 719,697                                |  |
|                              | 8,1                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 767,045                                |  |
| 1100%                        | 7                               | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 662,879                                | 689,394  |
|                              | 7,2                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 681,818                                |  |
|                              | 7,6                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 719,697                                |  |
|                              | 6,8                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 643,939                                |  |
|                              | 7,8                             | 40                  | 12                | 22                 | 0,01056                       | 738,636                                |  |
| Focon                        | 8                               | 60                  | 10                | 20                 | 0,01200                       | 666,667                                | 675,000  |
|                              | 7,8                             | 60                  | 10                | 20                 | 0,01200                       | 650,000                                |  |
|                              | 8,5                             | 60                  | 10                | 20                 | 0,01200                       | 708,333                                |  |
|                              | 8,5                             | 60                  | 10                | 20                 | 0,01200                       | 708,333                                |  |
|                              | 7,7                             | 60                  | 10                | 20                 | 0,01200                       | 641,667                                |  |

Dari hasil perhitungan berat volume pada Tabel 5.3 dibuat grafik seperti gambar



**Gambar 5.3 Berat Volume Batako Bonggol Jagung dan Focon**

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa batako bonggol jagung yang memiliki berat volume rata-rata tertinggi adalah batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 300% sebesar 1234,848 kg/m<sup>3</sup> dan bata ringan focon sebesar 675 kg/m<sup>3</sup>. Semakin bertambah komposisi bonggol jagung pada batako, maka semakin rendah berat volume batako tersebut. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa keseluruhan batako dengan komposisi campuran bonggol jagung masuk kedalam batako ringan yaitu kurang dari 1.400kg/m<sup>3</sup>.

### 5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Dalam perhitungan kebutuhan campuran, diperlukan adanya perbandingan campuran. Perbandingan campuran pada pembuatan batako bonggol jagung dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

**Tabel 5.4 Perbandingan Campuran pada Batako Bonggol Jagung**

| <b>No.</b> | <b>Semen</b> | <b>Abu Batu</b> | <b>Bonggol Jagung</b> | <b>Jumlah Perbandingan</b> | <b>Jumlah Sampel</b> |
|------------|--------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|
| 1          | 1            | 1               | 3                     | 5                          | 8                    |
| 2          | 1            | 1               | 5                     | 7                          | 8                    |
| 3          | 1            | 1               | 7                     | 9                          | 8                    |
| 4          | 1            | 1               | 9                     | 11                         | 8                    |
| 5          | 1            | 1               | 11                    | 13                         | 8                    |

Air yang dibutuhkan dalam campuran ini bervariasi karena disesuaikan dengan tingkat kelecakan dan kemudahan pencampuran serta pematatannya. Adanya perbedaan perbandingan komposisi campuran bonggol jagung pada tiap-tiap komposisi campuran menyebabkan kebutuhan jumlah air yang berbeda-beda juga. Secara umum, kelecakan adukan batako bonggol jagung yang digunakan berkisar antara 0,7-0,8.

Berikut adalah perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap benda uji batako bonggol jagung.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 benda uji} &= 40 \times 22 \times 12 \\
 &= 10560 \text{ cm}^3 \\
 1. \quad \text{Kebutuhan semen untuk 1 batako} &= \frac{1}{5} \times V \text{ Batako} \times BV \text{ Semen} \\
 &= \frac{1}{5} \times 10560 \times 3,009 \\
 &= 6355,096 \text{ gr} \\
 2. \quad \text{Kebutuhan semen untuk 8 batako} &= 2118,365 \times 8 \\
 &= 50840,767 \text{ gr} \\
 3. \quad \text{Kebutuhan abu batu untuk 1 batako} &= \frac{1}{5} \times V \text{ Batako} \times BV \text{ Abu batu} \\
 &= \frac{1}{5} \times 10560 \times 2,918 \\
 &= 6163,628 \text{ gr} \\
 4. \quad \text{Kebutuhan abu batu untuk 8 batako} &= 2054,543 \times 8 \\
 &= 49309,026 \text{ gr} \\
 5. \quad \text{Kebutuhan bonggol jagung untuk 1 batako} &= \frac{1}{5} \times V \text{ Batako} \times BV \text{ Bonggol} \\
 &\quad \text{jagung} \\
 &= \frac{1}{5} \times 10560 \times 0,694 \\
 &= 4399,682 \text{ gr} \\
 6. \quad \text{Kebutuhan bonggol jagung untuk 8 batako} &= 3421,975 \times 8 \\
 &= 35197,454 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis perhitungan di atas, maka kebutuhan bahan batako bonggol jagung pada tiap komposisi campuran dengan jumlah sampel 8 buah dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

**Tabel 5.5 Komposisi Campuran Batako Bonggol Jagung**

| No.             | Komposisi Campuran BJ | Semen (kg) | Abu Batu (kg) | Bonggol Jagung (kg) | Jumlah Sampel |
|-----------------|-----------------------|------------|---------------|---------------------|---------------|
| 1               | 300%                  | 50,841     | 49,309        | 35,197              | 8             |
| 2               | 500%                  | 24,210     | 23,480        | 46,557              | 8             |
| 3               | 700%                  | 15,064     | 14,610        | 56,779              | 8             |
| 4               | 900%                  | 9,629      | 9,339         | 59,996              | 8             |
| 5               | 1100%                 | 6,518      | 6,322         | 60,668              | 8             |
| Total Benda Uji |                       |            |               |                     | 40            |

Dari 8 benda uji batako pada setiap komposisi campuran, 5 benda uji digunakan untuk uji kuat desak, 1 uji penyerapan air, 1 uji redaman suara, dan 1 untuk cadangan jika benda uji ada yang mengalami kerusakan.

#### 5.4 Pengamatan Proses Produksi

Pada penelitian ini, pembuatan batako dilakukan menggunakan *mixer machine* yang kemudian dicetak menggunakan mesin press. Pada prosesnya, pembuatan batako terdiri dari 2 proses. Proses pertama adalah pengambilan bahan baku yang terdiri dari semen, abu batu, dan bonggol jagung dengan ember ukur. Pengambilan bahan baku sesuai dengan takaran komposisi campuran yang sebelumnya telah ditentukan. Kemudian bahan baku dituangkan ke dalam *mixer machine* untuk proses pencampuran. Air akan ditambahkan sesuai kebutuhan. *Mixer machine* akan mengaduk seluruh bahan baku tersebut sampai merata dan sampai komposisi yang sesuai. Saat bahan baku sudah tercampur di *mixer machine*, pekerja akan membuka pintu *mixer machine* pada bagian bawah sehingga campuran bahan baku akan keluar dari mesin pengaduk.

Proses kedua yaitu pekerja memindahkan campuran bahan baku dari *mixer machine* ke cetakan. Proses pencetakan dilakukan dengan posisi tidur dengan menggunakan mesin press berpeggetar sebagai tahap pematatannya dan perataan material penyusun batako. Proses pencetakan seperti ini akan menjamin campuran batako tetap homogen, presisi, dan tanpa cacat.

### 5.5 Pengujian Kuat Desak Batako Bonggol Jagung

Terdapat 5 komposisi campuran dimana tiap komposisi campuran diambil 5 sampel yang akan dilakukan uji kuat desak, sehingga dilakukan pengujian sebanyak 25 buah sampel dari semua komposisi campuran bonggol jagung dan 5 buah sampel bata ringan Focon sebagai pembanding. Pengujian kuat desak dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

Pengujian kuat tekan batako dilaksanakan setelah uji berumur 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan batako dari pemberian beban oleh alat tekan. Beban harus diterapkan secara bertahap dengan laju berbeda-beda pada tiap komposisi campuran hingga mencapai kekuatan maksimum. Kekuatan yang dicapai tergantung pada banyaknya faktor seperti faktor air semen, kualitas, metode produksi dan proporsi campuran benda uji. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan minimum rata-rata untuk beton pejal 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Sebagai contoh perhitungan kuat desak, diambil hasil pengujian kuat desak batako bonggol jagung dengan komposisi campuran bonggol jagung 300%.

#### 1. Sampel 1

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| Panjang        | = | 40 cm                                   |
| Lebar          | = | 22 cm                                   |
| Tinggi         | = | 12 cm                                   |
| Beban Maksimal | = | 4940 kg                                 |
| $\sigma$       | = | $\frac{\text{beban maks}}{\text{luas}}$ |
|                | = | $\frac{4940}{480}$                      |
|                | = | 10,929 kg/cm <sup>2</sup>               |

## 2. Sampel 2

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

$$\text{Lebar} = 22 \text{ cm}$$

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

$$\text{Beban Maksimal} = 4310 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\text{beban maks}}{\text{luas}} \\ &= \frac{4310}{480} \\ &= 8,979 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

## 3. Sampel 3

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

$$\text{Lebar} = 22 \text{ cm}$$

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

$$\text{Beban Maksimal} = 3950 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\text{beban maks}}{\text{luas}} \\ &= \frac{3950}{480} \\ &= 8,229 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

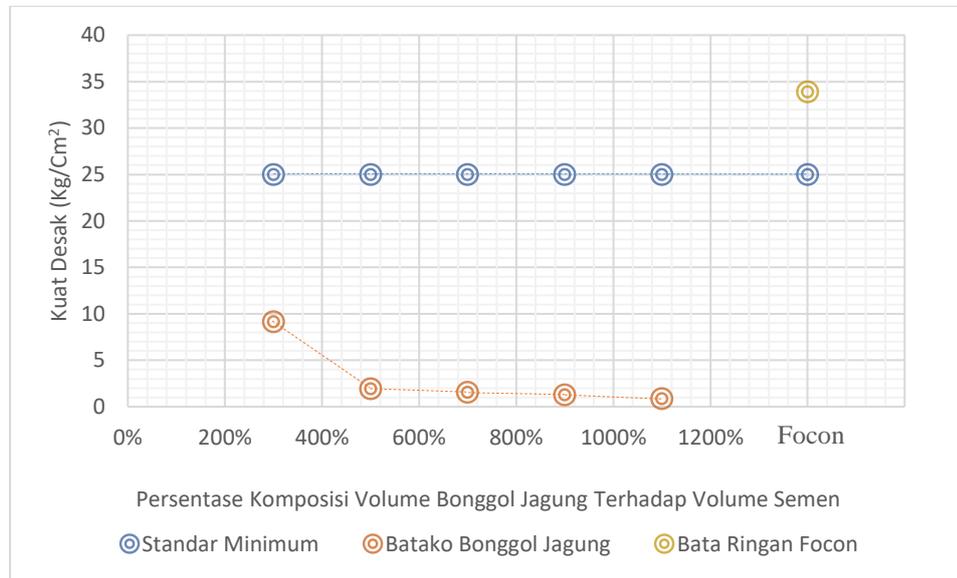
$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Rata-rata sampel 1-3} &= \frac{10,29+8,98+8,23}{3} \\ &= 9,17 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian kuat desak batako bonggol jagung yang diambil 3 sampel pada tiap komposisi campuran dan bata ringan Focon dapat dilihat pada Tabel dibawah.

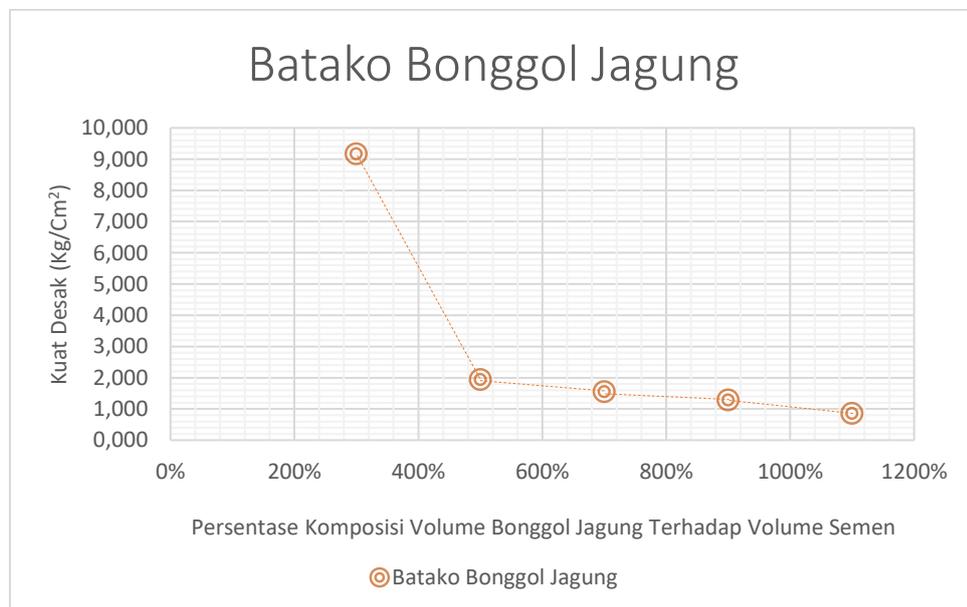
**Tabel 5.6 Hasil Kuat Desak Batako Bonggol Jagung dan Focon**

| <b>Komposisi Campuran BJ</b> | <b>No. Sampel</b> | <b>Berat Batako (kg)</b> | <b>Beban Maks (kg)</b> | <b>A (cm<sup>2</sup>)</b> | <b><math>\sigma</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b><math>\sigma</math> Rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|--|--|
| <b>300%</b>                  | 1                 | 13,2                     | 4940                   | 480                       | 10,29  | 9,17   |
|                              | 2                 | 13,2                     | 4310                   | 480                       | 8,98   |  |
|                              | 3                 | 12,4                     | 3950                   | 480                       | 8,23   |  |
| <b>500%</b>                  | 1                 | 10,5                     | 1132,5                 | 480                       | 2,359  | 1,941  |
|                              | 2                 | 10,2                     | 987,5                  | 480                       | 2,057  |  |
|                              | 3                 | 10,3                     | 675                    | 480                       | 1,406  |  |
| <b>700%</b>                  | 1                 | 9,1                      | 880                    | 480                       | 1,833  | 1,547  |
|                              | 2                 | 8,8                      | 715                    | 480                       | 1,490  |  |
|                              | 3                 | 8,3                      | 632,5                  | 480                       | 1,318  |  |
| <b>900%</b>                  | 1                 | 7,9                      | 550                    | 480                       | 1,146  | 1,290  |
|                              | 2                 | 9,6                      | 540                    | 480                       | 1,125  |  |
|                              | 3                 | 8,1                      | 767,5                  | 480                       | 1,599  |  |
| <b>1100%</b>                 | 1                 | 7,6                      | 460                    | 480                       | 0,958  | 0,858  |
|                              | 2                 | 7,8                      | 535                    | 480                       | 1,115  |  |
|                              | 3                 | 6,8                      | 240                    | 480                       | 0,500  |  |
| <b>Focon</b>                 | 1                 | 8                        | 19950                  | 600                       | 33,25  | 33,903   |
|                              | 2                 | 7,8                      | 19625                  | 600                       | 32,71  |  |
|                              | 3                 | 8,5                      | 21450                  | 600                       | 35,75  |  |

Hasil pengujian kuat desak dapat dibuat grafik berdasarkan hasil kuat desak rata-rata setiap komposisi campuran seperti Gambar 5.4 berikut.



**Gambar 5.4 Kurva Kuat Tekan Bruto Batako Bonggol Jagung dan Focon**



**Gambar 5.5 Detail Kurva Kuat Tekan Bruto Batako Bonggol Jagung**

Pada Gambar 5.4, nilai kuat desak standar batako adalah 25 kg/cm<sup>2</sup> untuk mutu IV berdasarkan SNI 03-0349-1989. Batako bonggol jagung maksimum adalah

9,17 kg/cm<sup>2</sup> pada komposisi campuran bonggol jagung 300% sedangkan bata ringan Focon memiliki kuat desak sebesar 33,90 kg/cm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian kuat desak, semua komposisi pada batako bonggol jagung masih belum memenuhi nilai standar kuat desak. Nilai kuat desak mengalami penurunan sejalan dengan bertambahnya komposisi bonggol jagung sebagai agregat batako. Hal ini disebabkan semakin banyak komposisi bonggol jagung pada batako semakin banyak pula rongga dalam batako, adanya rongga pada batako ini dapat mempengaruhi nilai kuat desak pada batako.

## 5.6 Pengujian Penyerapan Air

Daya serap air adalah persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam air. Dalam penelitian ini, benda uji direndam pada air dalam kurun waktu 24 jam. Perendaman dilakukan untuk mendapatkan hasil penyerapan air maksimal berdasarkan SNI 03-0349-1989 yaitu sebanyak 25%.

Pada pengujian penyerapan air digunakan setiap komposisi campuran bonggol jagung 1 sampel yang dipotong 4 bagian sama rata. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

Sebagai contoh perhitungan penyerapan air, diambil hasil pengujian penyerapan air batako bonggol jagung sampel 1 pada komposisi campuran bonggol jagung 300% sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Basah [A]} &= 3477 \text{ gr} \\
 \text{Berat Kering [B]} &= 2953 \text{ gr} \\
 \text{Penyerapan Air (\%)} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\
 &= \frac{3477-2953}{2953} \times 100\% \\
 &= 17,745 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan penyerapan air pada sampel 2, 3, dan 4 dilakukan seperti perhitungan pada sampel 1. Nilai penyerapan air rata-rata diperoleh dari penjumlahan nilai penyerapan air pada sampel 1, sampel 2, dan seterusnya dibagi dengan banyak sampel. Berikut adalah perhitungan penyerapan air rata-rata batako bonggol jagung pada komposisi campuran 300% bonggol jagung.

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{17,745+20,109+18,340+4,804}{4} \\ &= 15,250 \% \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian penyerapan air batako bonggol jagung dan hebel merk Focon dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah.

**Tabel 5.7 Hasil Uji Penyerapan Air Batako Bonggol Jagung**

| <b>Komposisi Campuran BJ</b> | <b>Kode sampel</b> | <b>Berat basah (gr)</b> | <b>Berat kering (gr)</b> | <b>Penyerapan air (%)</b> | <b>Persentase Penyerapan Air Rata-rata (%)</b> |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| <b>300%</b>                  | 1                  | 3477                    | 2953                     | 17,745                    | 15,250   |
|                              | 2                  | 3512                    | 2924                     | 20,109                    |  |
|                              | 3                  | 3594                    | 3037                     | 18,340                    |  |
|                              | 4                  | 3556                    | 3393                     | 4,804                     |  |
| <b>500%</b>                  | 1                  | 3150                    | 2510                     | 25,498                    | 30,050   |
|                              | 2                  | 3147                    | 2589                     | 21,553                    |  |
|                              | 3                  | 3114                    | 2249                     | 38,462                    |  |
|                              | 4                  | 3510                    | 2606                     | 34,689                    |  |
| <b>700%</b>                  | 1                  | 2823                    | 2187                     | 29,081                    | 41,690   |
|                              | 2                  | 2706                    | 1993                     | 35,775                    |  |
|                              | 3                  | 3093                    | 2045                     | 51,247                    |  |
|                              | 4                  | 2977                    | 1976                     | 50,658                    |  |
| <b>900%</b>                  | 1                  | 2763                    | 1818                     | 51,980                    | 45,506   |
|                              | 2                  | 2499                    | 2210                     | 13,077                    |  |
|                              | 3                  | 2680                    | 1642                     | 63,216                    |  |
|                              | 4                  | 2786                    | 1812                     | 53,753                    |  |
| <b>1100%</b>                 | 1                  | 838                     | 534                      | 56,929                    | 48,520   |
|                              | 2                  | 513                     | 342                      | 50,000                    |  |
|                              | 3                  | 1846                    | 1415                     | 30,459                    |  |
|                              | 4                  | 539                     | 344                      | 56,686                    |  |
| <b>Focon</b>                 | 1                  | 2530                    | 1885                     | 34,218                    | 34,081   |
|                              | 2                  | 2426                    | 1852                     | 30,994                    |  |
|                              | 3                  | 2585                    | 1915                     | 34,987                    |  |
|                              | 4                  | 2517                    | 1849                     | 36,128                    |  |

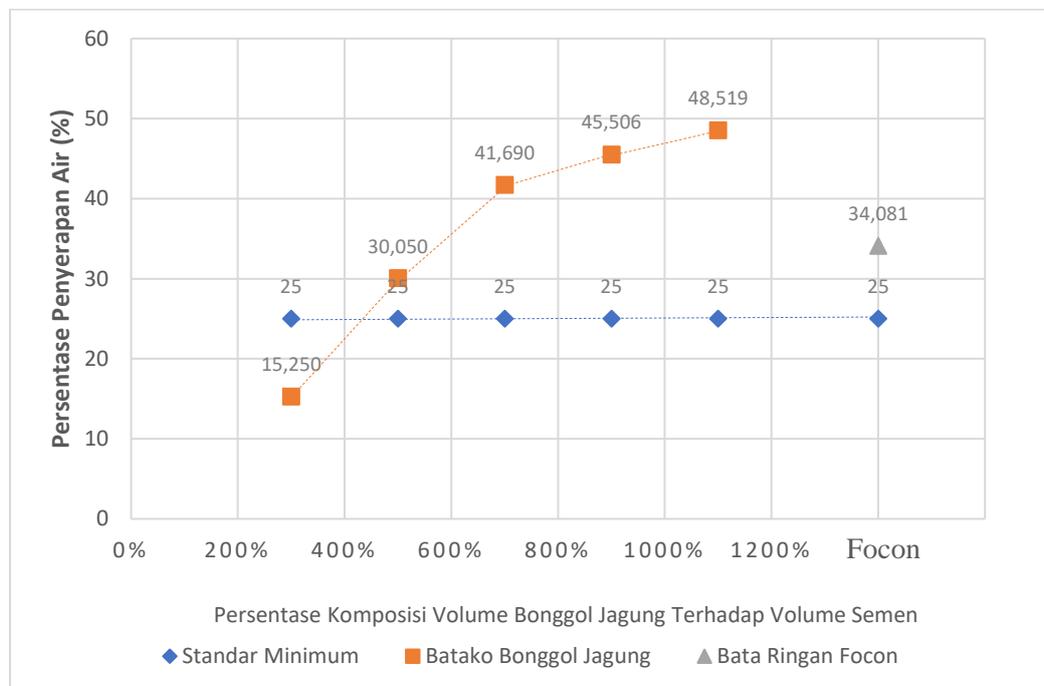
Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air pada seluruh komposisi campuran, maka setiap komposisi campuran tersebut dapat dilakukan

penggolongan mutu batako bonggol jagung berdasarkan SNI 03-0349-1989 sesuai dengan Tabel 5.7 berikut.

**Tabel 5.8 Penggolongan Mutu Batako Bonggol Jagung Berdasarkan Nilai Penyerapan Air**

| Komposisi Campuran BJ | Penyerapan Air (%) | Mutu | Fungsi Batako |
|-----------------------|--------------------|------|---------------|
| 300%                  | 15,250             | I    | Di luar atap  |
| 500%                  | 30,050             | II   | Di bawah atap |
| 700%                  | 41,690             | -    | -             |
| 900%                  | 45,506             | -    | -             |
| 1100%                 | 48,519             | -    | -             |
| Focon                 | 34,081             | II   | Di bawah atap |

Hasil pengujian penyerapan air pada tabel di atas kemudian disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 5.6 sebagai berikut.



**Gambar 5.6 Kurva Penyerapan Air Batako**

Nilai batas penyerapan air maksimum pada tingkat mutu bata beton pejal I adalah 25% berdasarkan SNI 03-0349-1989. Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa nilai penyerapan air rerata paling baik adalah batako bonggol jagung dengan komposisi campuran bonggol jagung 300% yaitu sebesar 15,250% sedangkan pada bata ringan focon memiliki nilai penyerapan air sebesar 34,081%. Nilai penyerapan air meningkat sejalan dengan bertambahnya komposisi bonggol jagung sebagai agregat pada batako sehingga semakin rendah mutu batako bonggol jagung. Penambahan komposisi campuran bonggol jagung menyebabkan bertambah banyaknya rongga pada batako. Banyaknya rongga ini berpengaruh terhadap penyerapan air pada batako. Hal ini diakibatkan karena air akan mengisi rongga pada batako sehingga semakin banyak komposisi campuran bonggol jagung nilai penyerapan air juga semakin besar.

Penggolongan mutu berdasarkan SNI 03-0343-1989, pada komposisi campuran bonggol jagung 300% tergolong ke dalam bata beton mutu I yang dapat digunakan pada konstruksi di luar atap, sedangkan bata ringan focon dan komposisi campuran bonggol jagung 500% tergolong ke dalam bata beton mutu II yang dapat digunakan pada konstruksi di bawah atap sehingga tidak terkena air hujan sebanyak konstruksi di luar atap. Batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 700%, 900%, dan 1100% tidak memenuhi syarat maksimum nilai penyerapan air.

### **5.7 Pengujian Redaman Suara Batako Bonggol Jagung**

Pengujian redaman suara dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia yang diukur dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Daya redam suara batako akan diperoleh dari selisih taraf intensitas suara masuk dan suara keluar. Pada pengujian redaman suara digunakan 1 sampel dari tiap-tiap komposisi campuran bonggol jagung dan 1 sampel dari bata ringan Focon.

Tabel 5.9 di bawah merupakan hasil pembacaan pengujian redaman suara pada batako bonggol jagung dan bata ringan Focon.

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Redaman Suara Batako Bonggol Jagung**

| Komposisi<br>Campuran<br>BJ | Ruangan                    |                 |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
|                             | Ruang A - Speaker<br>(dBA) | Ruang B<br>(dB) |
| 300%                        | 103                        | 68,2            |
| 500%                        | 102,7                      | 67,8            |
| 700%                        | 101,5                      | 65,7            |
| 900%                        | 101,6                      | 65              |
| 1100%                       | 123,8                      | 75,7            |
| Focon                       | 101,2                      | 71,7            |

Dari data di tabel 5.9 di atas dapat dilakukan perhitungan daya redam suara bonggol jagung dengan melihat selisih intensitas suara kedua ruangan yang salah satunya telah diberi *speaker*. Pada tiap batako dengan komposisi campuran bonggol jagung dilakukan pengujian dengan menggunakan *speaker* yang kemudian intensitas suara diketahui menggunakan *Sound Level Meter*.

Contoh perhitungan daya redam suara pada batako komposisi campuran bonggol jagung 300% dapat dilihat seperti berikut.

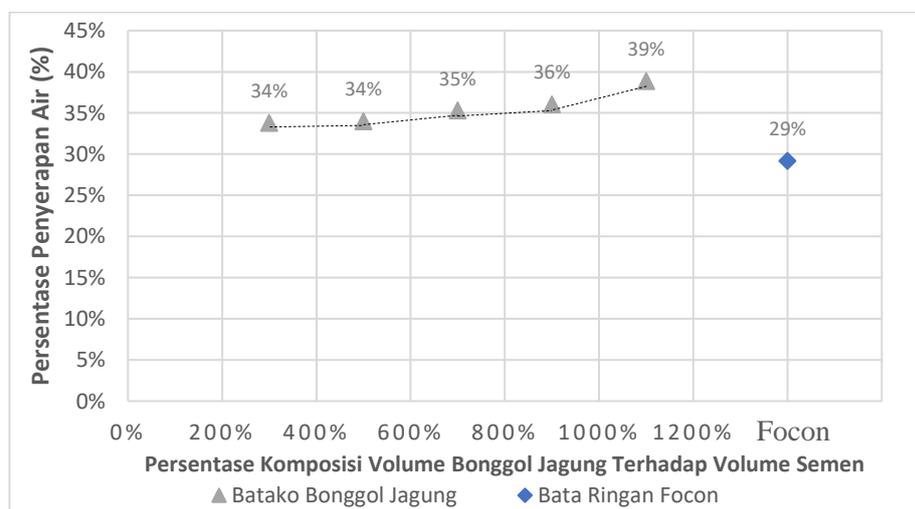
$$\begin{aligned}
 \text{Ruang A} &= 103 \text{ dB} \\
 \text{Ruang B} &= 68,2 \text{ dB} \\
 \Delta &= |\text{Ruang A} - \text{Ruang B}| \\
 &= |103 - 68,2| \\
 &= 34,8 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efektivitas redaman suara bonggol jagung campuran lainnya dan bata ringan focon sama seperti perhitungan di atas sehingga didapat hasil perhitungan keseluruhan batako dengan komposisi campuran bonggol jagung dan bata ringan Focon yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah.

**Tabel 5.10 Daya Redam Suara Batako Bonggol Jagung**

| Komposisi Campuran BJ | Ruangan                |              | $\Delta$ (dB) | Persentase Redaman Suara |
|-----------------------|------------------------|--------------|---------------|--------------------------|
|                       | Ruang A - Speaker (dB) | Ruang B (dB) |               |                          |
| 300%                  | 103                    | 68,2         | 34,8          | 34%                      |
| 500%                  | 102,7                  | 67,8         | 34,9          | 34%                      |
| 700%                  | 101,5                  | 65,7         | 35,8          | 35%                      |
| 900%                  | 101,6                  | 65           | 36,6          | 36%                      |
| 1100%                 | 123,8                  | 75,7         | 48,1          | 39%                      |
| Focon                 | 101,2                  | 71,7         | 29,5          | 29%                      |

Hasil pengujian redaman suara batako bonggol jagung pada tabel di atas kemudian disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 5.5 berikut.



**Gambar 5.7 Kurva Daya Redam Batako Bonggol Jagung**

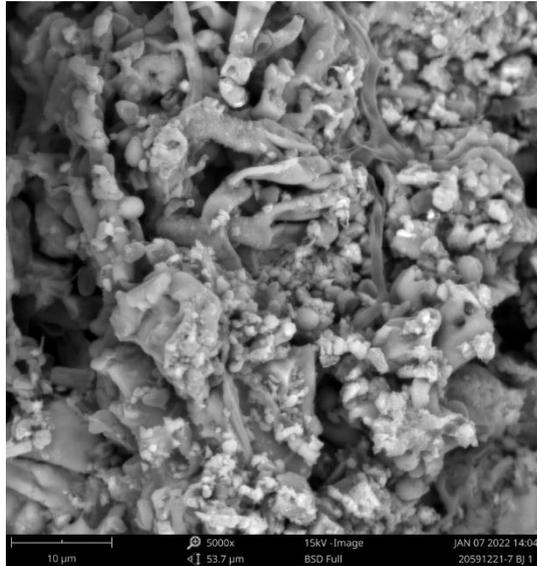
Dari data pengujian redaman suara di atas menjelaskan bahwa batako bonggol jagung memiliki kemampuan meredam suara lebih baik dari pada bata ringan

Focon. Menurut data hasil pengujian, batako komposisi campuran 1100% bonggol jagung terhadap volume semen memiliki kemampuan meredam suara terbaik diantara komposisi campuran lainnya yaitu 48,1 dB atau sebesar 39%. Kemampuan meredam suara pada batako bonggol jagung meningkat sejalan dengan bertambahnya komposisi bonggol jagung sebagai agregat pada batako.

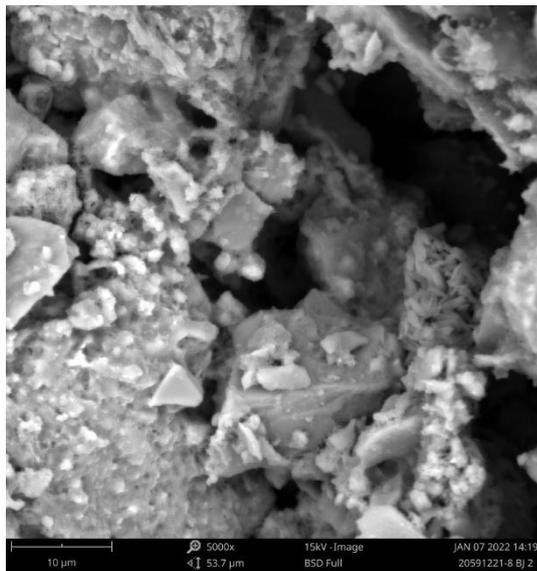
### **5.8 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)**

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan dengan mengambil sedikit bagian dari setiap batako dengan komposisi campuran bonggol jagung sebagai sampel dan bata ringan focon sebagai pembangding. Sampel yang terkumpul kemudian dilakukan uji SEM di Laboratorium Instrumental Fisika Dasar dan Kimia Dasar Universitas Islam Indonesia. Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui besarnya rongga-rongga diantara bonggol jagung sebagai agregat pada semua batako dengan komposisi campuran bonggol jagung.

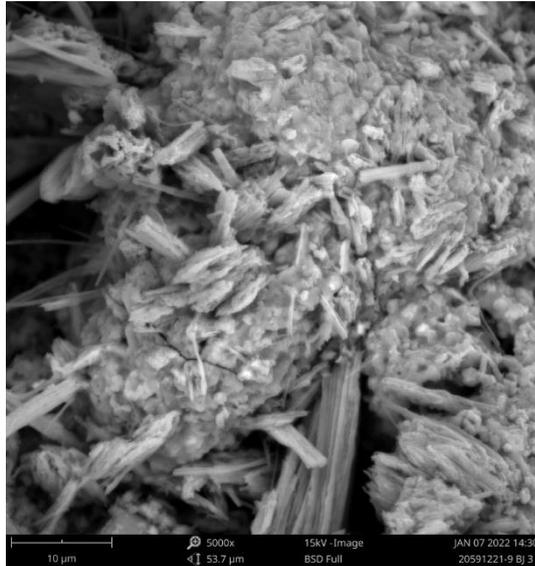
Foto mikroskopik hasil pengujian SEM dengan perbesaran 5000x dapat dilihat pada Gambar 5.8 sampai Gambar 5.13 di bawah.



**Gambar 5.8 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 300%**



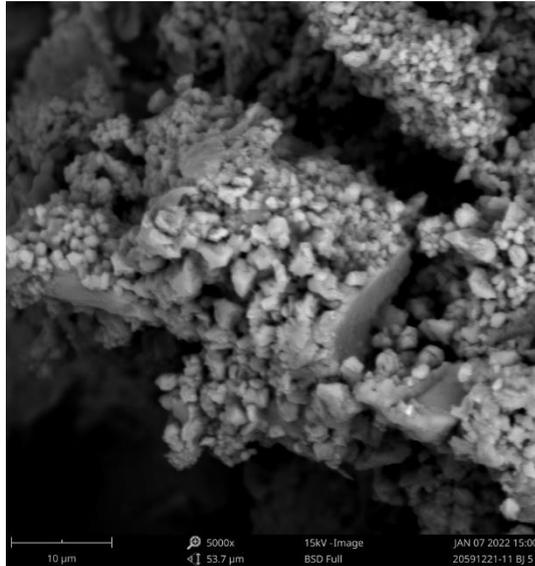
**Gambar 5.9 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 500%**



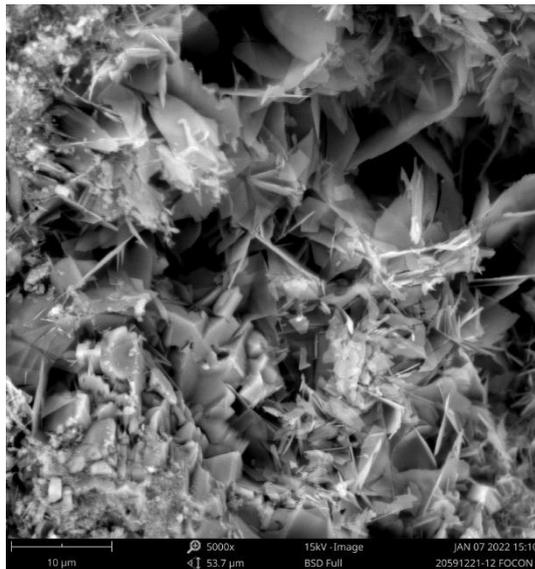
**Gambar 5.10 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran  
Bonggol Jagung 700%**



**Gambar 5.11 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran  
Bonggol Jagung 900%**



**Gambar 5.12 Hasil Uji SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 1100%**



**Gambar 5.13 Hasil Uji SEM Bata Ringan Focon**

Dari gambar hasil pengujian SEM di atas dapat diketahui rongga batako bonggol jagung semakin banyak seiring dengan banyaknya komposisi bonggol jagung sebagai campuran agregat. Banyaknya rongga ini berpengaruh terhadap kuat tekan dan penyerapan air batako bonggol jagung. Pada tiap komposisi campuran penambahan bonggol jagung sebagai agregat mengakibatkan mutu batako semakin menurun.

## 5.9 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi ini dilakukan dengan cara menganalisis perhitungan kelayakan ekonomi berdasarkan SHBJ (Satuan Harga Barang dan Jasa) Klaten. Berikut ini adalah cara untuk menghitung biaya harga pokok produksi batako bonggol jagung.

### 1. Menghitung biaya alat

#### a. Alat utama

- 1) Harga alat *press* dan *mixer* = Rp20.800.000,-
- 2) Umur alat = 5 Tahun
- 3) Nilai sisa alat = Rp8.320.000,-
- 4) Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
- 5) Penyusutan =  $\frac{\text{harga cetakan} - \text{nilai sisa alat}}{\text{umur alat} \times \text{jml hari kerja/th}}$   
 $= \frac{20.800.000 - 8.320.000}{5 \times 300}$   
 = Rp8.320,-

#### b. Alat bantu

- 1) Cangkul @1 = Rp170.000,-
- 2) Sekop @1 = Rp75.000,-
- 3) Ember @3 = Rp73.500,-
- 4) Selang @5m = Rp12.500,-
- 5) Ayakan @1 = Rp24.500,-
- 6) Cetok @2 = Rp5.000,-
- 7) Harga total alat bantu = Rp355.500,-
- 8) Umur alat = 3 tahun
- 9) Nilai sisa alat = -
- 6) Penyusutan =  $\frac{\text{harga alat bantu} - \text{nilai sisa alat}}{\text{umur alat} \times \text{jml hari kerja/th}}$   
 $= \frac{355.500 - 0}{3 \times 300}$   
 = Rp395,-

## c. Papan alas

- 1) Total pengerasan batako = 1 hari
- 2) Kebutuhan batako /hari = 200 batako bonggol jagung
- 3) Kebutuhan papan = 100 papan
- 4) Harga satuan papan = Rp6.000,-
- 5) Harga total papan = Rp1.200.000,-
- 6) Umur papan = 1 Tahun
- 7) Nilai sisa = -
- 8) Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
- 9) Penyusutan papan perhari =  $\frac{\text{harga total papan}}{\text{umur papan}}$   
 $= \frac{1.200.000}{300}$   
= Rp4.000,-

## 2. Menghitung biaya material

Berat masing-masing material untuk menghasilkan 1 buah batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 300% adalah sebagai berikut.

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Semen                         | = 2,223 kg             |
| Abu batu                      | = 2,065 kg             |
| Bonggol jagung                | = 0,501 kg             |
| Total berat                   | = 4,789 kg             |
| Kebutuhan material 1 batako   | = 0,005 m <sup>3</sup> |
| Kebutuhan material 200 batako | = 0,958 m <sup>3</sup> |

## a. Kebutuhan semen (PC) per hari

- |                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Kebutuhan semen (PC)        | = 200 batako/hari x 2,223kg/batako  |
|                             | = 444,585 kg/hari                   |
| Harga semen per zak (40 kg) | = Rp62.315,-                        |
| Biaya semen per hari        | = $\frac{444,585}{40} \times 62315$ |
|                             | = Rp692.608,-                       |

- b. Kebutuhan abu batu per hari
- Kebutuhan abu batu =  $0,002 \text{ m}^3/\text{batako} \times 200 \text{ batako/hari}$   
=  $0,413 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Harga abu batu /  $\text{m}^3$  = Rp227.700,-
- Biaya abu batu per hari =  $0,413 \times 227700$   
= Rp94.021,-
- c. Kebutuhan bonggol jagung per hari
- Kebutuhan bonggol jagung =  $0,001 \text{ m}^3/\text{batako} \times 200 \text{ batako/hari}$   
=  $0,100 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Harga bonggol jagung / $\text{m}^3$  = Rp10.000,-
- Biaya bonggol jagung per hari =  $0,100 \times 10000$   
= Rp1.003,-
- d. Total biaya material =  $692.608 + 94.021 + 1.003$   
= Rp787.633,-
3. Menghitung biaya bangunan
- a. Harga bangunan = Rp10.000.000,-
- b. Umur bangunan = 5 Tahun
- c. Nilai sisa bangunan = -
- d. Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
- e. Penyusutan =  $\frac{\text{harga bangunan}}{\text{umur bangunan} \times \text{jumlah hari kerja}}$   
=  $\frac{10.000.000}{5 \times 300}$   
= Rp6.667,-/hari
4. Menghitung biaya operasional
- a. Listrik dan air per bulan = Rp200.000,-
- b. Listrik dan air per hari = Rp8.000,-
5. Menghitung biaya upah tenaga kerja
- a. Jumlah pekerja = 2 pekerja
- b. Upah pekerja = Rp85.000,-
- c. Total upah pekerja =  $2 \times \text{Rp}85.000,-$

- = Rp170.000,-
6. Menghitung biaya konsumsi
- a. Uang makan per hari = Rp25.000,-
- b. Total uang makan @ 2 orang = Rp50.000,-
7. Menghitung biaya THR
- a. Jumlah pekerja = 2 pekerja
- b. THR per pekerja = Rp250.000,-/tahun
- c. Total THR = Rp500.000,-
- d. Tabungan THR =  $\frac{\text{Total THR}}{\text{jumlah hari kerja}}$   
 $= \frac{500.000}{300}$   
= Rp1.667,-
8. Rekapitulasi pengeluaran per hari
- a. Biaya alat utama = Rp8.320,-
- b. Biaya alat bantu = Rp395,-
- c. Biaya papan = Rp4.000,-
- d. Biaya material = Rp787.633,-
- e. Biaya bangunan = Rp6.667,-
- f. Biaya operasional = Rp8.000,-
- g. Biaya upah tenaga kerja = Rp170.000,-
- h. Biaya konsumsi = Rp50.000,-
- i. Biaya tunjangan hari raya = Rp1.667,-
- j. Total pengeluaran per hari = Rp1.036.681,-
9. Menghitung harga pokok produksi lapangan
- Produksi batako diasumsikan 200/hari dan habis terjual 200 batako/hari
- a. Produksi batako per hari = 200 batako/hari
- b. Total biaya pengeluaran = Rp1.036.681,-
- HPP lapangan =  $\frac{\text{Total biaya pengeluaran}}{\text{produksi batako}}$   
 $= \frac{1.036.681}{200}$   
= Rp5.183,-

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| PPN 10%               | = Rp518,-                     |
| Harga dasar batako    | = HPP lapangan + PPN          |
|                       | = 5.183 + 518                 |
|                       | = Rp5.702,-                   |
| Margin perusahaan 20% | = Rp1.140,-                   |
| Harga jual batako     | = Harga dasar batako + margin |
|                       | = 5.702 + 1.140               |
|                       | = Rp6.842,-                   |

10. Menghitung penghasilan produksi per hari

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| a. Produksi batako          | = 200 batako bonggol jagung per hari |
| b. Harga jual               | = Rp6.842,-                          |
| c. Total pemasukan per hari | = harga jual x produksi batako       |
|                             | = 6.842 x 200                        |
|                             | = Rp1.368.419,-                      |

11. Menghitung keuntungan per batako bonggol jagung

|                          |  |
|--------------------------|--|
| a. Keuntungan per batako | = 6,842 – 5.702  |
|                          | = Rp1.140,-  |
| b. Persentase keuntungan | = $\frac{\text{keuntungan batako}}{\text{harga batako}}$ |
|                          | = $\frac{1.140}{6.842}$                                  |
|                          | = 20%  |
| c. Keuntungan per hari   | = total pemasukan – (harga dasar x 200)                  |
|                          | = 1.368.419 – (6.842 x 200)                              |
|                          | = Rp228.070,-  |
| d. Keuntungan per bulan  |  |
| Jumlah hari kerja        | = 25 hari  |
| Keuntungan per bulan     | = jml hari kerja x keuntungan per hari                   |
|                          | = 25 x 228.070   |
|                          | = Rp5.701.745,-  |
| e. Keuntungan per tahun  |  |
| Jumlah hari kerja        | = 25 x 12  |

$$\begin{aligned}
 &= 300 \text{ hari} \\
 \text{Keuntungan per tahun} &= \text{jml hari kerja} \times \text{keuntungan per hari} \\
 &= 300 \times 228.070 \\
 &= \text{Rp}68.420.935,-
 \end{aligned}$$

## 12. Menghitung Break Event Point (BEP)

### a. Modal awal

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| 1) Harga alat press batako dan mixer | = Rp20.800.000,- |
| 2) Cangkul @1                        | = Rp170.000,-    |
| 3) Sekop @1                          | = Rp75.000,-     |
| 4) Ember @3                          | = Rp73.500,-     |
| 5) Selang @5m                        | = Rp12.500,-     |
| 6) Ayakan @1                         | = Rp24.500,-     |
| 7) Cetok @2                          | = Rp5.000,-      |
| 8) Harga bangunan                    | = Rp10.000.000,- |
| 9) Kebutuhan papan @200 buah         | = Rp1.200.000,-  |
| 10) Jumlah keseluruhan awal modal    | = Rp32.355.500,- |

$$\begin{aligned}
 \text{b. BEP} &= \frac{\text{modal awal}}{\text{harga jual} - \text{harga dasar}} \\
 &= \frac{32.355.500}{6.842 - 5.702}
 \end{aligned}$$

$$\text{BEP/buah jika diasumsikan laku dijual} = 28373 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BEP dalam hitungan hari} &= \frac{28373}{200} \\
 &= 141,9 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BEP dalam hitungan bulan} &= \frac{141,9}{25} \\
 &= 5,7 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BEP dalam hitungan tahun} &= \frac{5,7}{12} \\
 &= 0,5 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Bila harga produksi batako bonggol jagung membutuhkan biaya pengeluaran sebesar Rp32.355.500,- dengan produksi batako per hari adalah 200 batako maka harga pokok produksi lapangan adalah sebesar Rp5.702,- per batako sedangkan harga jual per batako adalah sebesar Rp6.842,- maka menghasilkan keuntungan

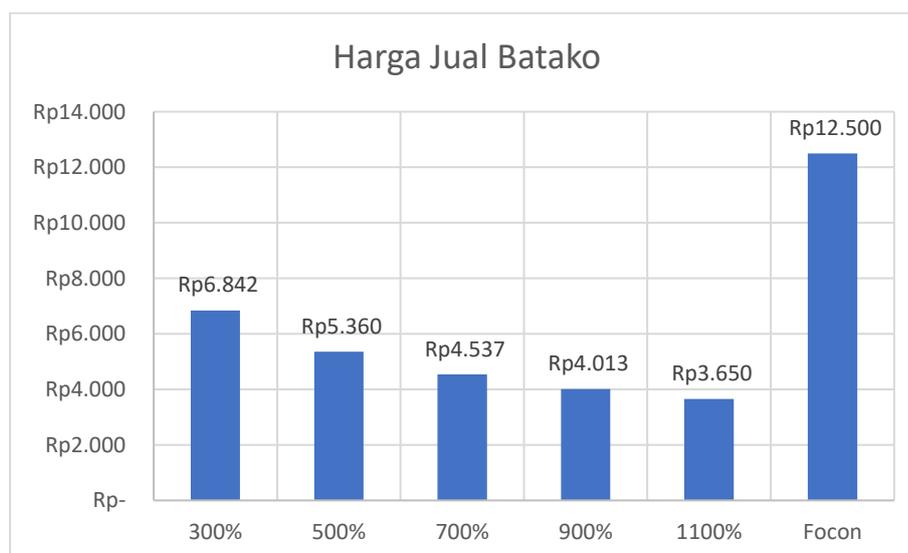
sebesar Rp1.140,- per batako. Dari keuntungan batako satuan didapatkan keuntungan bersih per tahun sebesar Rp68.420.935,-. Pada hasil perhitungan BEP, dengan masa investasi selama 5 tahun maka analisis investasi BEP dinyatakan LAYAK.

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan harga pokok produksi dari batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 300%. Perhitungan harga pokok produksi pada batako dengan komposisi campuran bonggol jagung lainnya sama dengan perhitungan di atas dengan perbedaan pada harga material penyusun batako.

Berikut adalah harga jual produksi batako bonggol jagung berdasarkan komposisi campuran persentase bonggol jagung terhadap volume semen.

1. 300% = Rp6.842,-
2. 500% = Rp5.360,-
3. 700% = Rp4.537,-
4. 900% = Rp4.013,-
5. 1100% = Rp3.650,-

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat grafik detail harga jual produksi batako bonggol jagung.



**Gambar 5.14 Grafik Harga Jual Batako Bonggol Jagung dan Focon**

Berdasarkan harga pokok yang didapatkan, maka dapat diketahui bahwa semakin rendah harga produksi, batako yang dihasilkan akan semakin *porous*, kuat desak yang didapat semakin menurun, penyerapan air semakin tinggi, serta daya redam suara batako semakin tinggi seiring bertambahnya komposisi bonggol jagung. Harga pokok produksi yang paling optimal yaitu harga pokok produksi batako bonggol jagung dengan komposisi campuran bonggol jagung 300% sebesar Rp5.702,- dan dijual seharga Rp6.842,- per buah dimana ukuran batako adalah 12 cm x 22 cm x 40 cm dengan keuntungan Rp68.420.935,- per tahun.

### 5.10 Hubungan Biaya, Mutu, dan Waktu

Tujuan utama dari usaha batako bonggol jagung adalah untuk menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya dengan sumber daya manusia, material, peralatan dan modal atau biaya yang terbatas. Produksi batako bonggol jagung per hari dalam jumlah besar juga akan menghasilkan keuntungan yang besar.

Tabel 5.9 di bawah ini merupakan rekapitulasi mutu batako bonggol jagung dan bata ringan Focon.

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu Batako Bonggol Jagung dan Focon**

| Komposisi Campuran BJ | Nilai Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> ) | Persentase Penyerapan Air (%) | Redaman Suara (%) | Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> ) | Harga Jual /Batako |
|-----------------------|--|-------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 300%                  | 9,167                                  | 15,250                        | 34                | 1224,747                          | Rp6.842            |
| 500%                  | 1,941                                  | 30,050                        | 34                | 978,535                           | Rp5.360            |
| 700%                  | 1,547                                  | 41,690                        | 35                | 827,020                           | Rp4.537            |
| 900%                  | 1,290                                  | 45,506                        | 36                | 808,081                           | Rp4.013            |
| 1100%                 | 0,858                                  | 48,519                        | 39                | 700,758                           | Rp3.650            |
| Focon                 | 33,903                                 | 34,081                        | 29                | 675,000                           | Rp12.500           |

Setelah dilakukan analisis aspek teknis, maka semua batako bonggol jagung tidak lolos menurut syarat standar SNI yaitu sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan pada bata ringan focon didapat kuat desak sebesar 31,24 kg/cm<sup>2</sup>. Pada pengujian kuat desak bonggol jagung didapatkan kuat desak terbaik dengan komposisi campuran bonggol

jagung 300% yaitu sebesar  $9,167 \text{ kg/cm}^2$  dengan berat volume sebesar  $1224,25 \text{ kg/m}^3$  sedangkan bata ringan focon sebesar  $675 \text{ kg/m}^3$ .

Dilihat dari aspek ekonomi harga dan kelayakan teknis terbaik batako bonggol jagung adalah komposisi campuran bonggol jagung 300% dimana batako bonggol tersebut sudah dapat dikategorikan sebagai batako ringan dengan syarat batako ringan adalah  $<1.400 \text{ kg/m}^3$  dan harga jual batako bonggol jagung di pasaran adalah Rp6.842,- sehingga didapatkan keuntungan perbulan sebesar Rp5.701.745,-

Dari uraian di atas, dapat diketahui bahwa semakin rendah harga jual, maka batako bonggol jagung yang dihasilkan semakin berongga atau *porous*, sehingga nilai kuat desak rendah dan nilai penyerapan air tinggi.

### 5.11 Analisis Perbandingan

Batako bonggol jagung digunakan batako komposisi campuran batako bonggol jagung 300% sebagai analisa perbandingan yang berukuran  $12 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$  didapat kuat desak sebesar  $9,167 \text{ kg/cm}^2$ , nilai penyerapan air sebesar 15,25%, nilai redaman suara sebesar 34,8 dB atau kemampuan meredam suara sebesar 34%, dan harga jual sebesar Rp6.842,-/buah. Analisa yang dilakukan menggunakan perbandingan batako bonggol jagung dengan bata ringan Focon di Toko Bangunan Dadi Makmur di Degolan, Sleman dan batako konvensional di Prambanan, Klaten. Bata ringan Focon yang digunakan berukuran  $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  memiliki nilai kuat desak sebesar  $33,903 \text{ kg/cm}^2$ , nilai penyerapan air sebesar 34,081%, nilai redaman suara sebesar 29,5 dB atau kemampuan meredam suara sebesar 29%, dan harga jual sebesar Rp12.500,-/buah. Sedangkan pada batako di Kawasan Prambanan, Klaten memiliki ukuran  $10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  dengan harga jual sebesar Rp3.000,-/buah.

Perbandingan dilakukan dengan menghitung harga kedua material per  $\text{m}^3$  seperti dibawah.

1. Harga batako bonggol jagung  
Batako ukuran  $12 \times 22 \times 40$  = Rp6.842,-/buah
2. Harga bata ringan Focon  
Bata ukuran  $10 \times 20 \times 60$  = Rp12.500,-/buah

$$\begin{aligned}
 \text{Bata ukuran } 12 \times 22 \times 40 &= \frac{\text{volume } bj}{\text{volume } focon} \times \text{harga } focon \\
 &= \frac{10560}{12000} \times 12500 \\
 &= \text{Rp}11.000,-/\text{buah}
 \end{aligned}$$

3. Harga batako konvensional

$$\text{Batako ukuran } 10 \times 15 \times 30 = \text{Rp}3.000,-/\text{buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batako ukuran } 12 \times 22 \times 40 &= \frac{\text{volume } bj}{\text{volume } konvensional} \times \text{harga } batako \\
 &= \frac{10560}{4500} \times 3000 \\
 &= \text{Rp}7.100,-/\text{buah}
 \end{aligned}$$

Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah.

**Tabel 5.12 Hasil Perbandingan Penelitian Batako Setelah di Konversi**

| Jenis Batako      | Bata ringan Focon               | Batako konvensional             | Batako bonggol jagung           |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Metode Pencetakan | Menggunakan alat modern, pabrik | Dicetak menggunakan mesin press | Dicetak menggunakan mesin press |
| Hasil             | >1000                           | ±500                            | 200                             |
| Pekerja           | >100                            | 2                               | 2                               |
| Harga Jual        | Rp11.000,-                      | Rp7.100,-                       | Rp6.842,-                       |

Dari pengamatan proses produksi batako bonggol jagung yang telah dilakukan, proses produksi bata ringan Focon menyebabkan harga jualnya lebih tinggi diantara yang lainnya, namun bata ringan Focon memiliki keunggulan dari aspek teknis jika dibandingkan dengan batako bonggol jagung dan batako konvensional. Sedangkan batako bonggol jagung memiliki harga yang lebih murah dibandingkan batako konvensional disebabkan adanya penambahan bahan campuran batako sehingga mengurangi penggunaan material jika dibandingkan dengan batako konvensional.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada BAB V dapat disimpulkan menjadi beberapa hal berikut.

1. Batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 300% memiliki kuat desak tertinggi yaitu sebesar  $9,167 \text{ kg/cm}^2$  dan berat volume rata-rata sebesar  $1224,747 \text{ kg/m}^2$ . Pada batako komposisi campuran bonggol jagung 1100% memiliki kuat desak terendah, sebesar  $0,858 \text{ kg/cm}^2$  dan berat volume rata-rata sebesar  $700,758 \text{ kg/m}^2$ . Pengujian penyerapan air pada batako bonggol jagung komposisi campuran bonggol jagung 300% menurut SNI 03-0343-1989 tergolong bata beton mutu I yaitu sebesar 15,25 %, komposisi campuran bonggol jagung 500% batako bonggol jagung tergolong bata beton mutu II, sedangkan komposisi campuran bonggol jagung lain tidak memenuhi syarat mutu bata beton.
2. Harga jual batako bonggol jagung yang optimal pada komposisi campuran bonggol jagung 300% adalah Rp6.842,- per buah, sementara harga jual bata ringan Focon yang sudah dikonversi sesuai ukuran batako bonggol jagung adalah sebesar Rp11.000,- per buah dan harga jual batako konvensional adalah Rp7.100,- per buah.
3. Nilai redaman suara pada batako bonggol jagung yang optimal didapatkan pada komposisi campuran bonggol jagung 300% yaitu mampu meredam suara sebesar 34,8 dB atau 34%. Kemampuan meredam suara pada batako bonggol jagung lebih baik daripada bata ringan Focon yang mampu meredam suara sebesar 29,5 dB atau 29%.
4. Bata ringan Focon memiliki kuat desak sebesar  $33,903 \text{ kg/m}^2$  dan memiliki berat volume  $675 \text{ kg/cm}^2$ . Pengujian penyerapan air pada bata ringan Focon menurut SNI 03-0343-198 tergolong bata beton mutu II yaitu sebesar

34,081% sehingga dapat digunakan untuk konstruksi pemikul beban yang terlindung dari cuaca luar atau digunakan pada konstruksi di bawah atap. Harga jual bata ringan Focon di Toko Bangunan Dadi Makmur Degolan, Sleman sebesar Rp12.500,- dengan dimensi 60 cm x 20 cm x 10 cm. Sedangkan daya redam suara pada bata ringan Focon didapatkan sebesar 29,5 dB sehingga dapat dikatakan bahwa daya redam batako bonggol jagung lebih baik daripada bata ringan Focon.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian batako bonggol jagung yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Variasi komposisi penambahan bonggol jagung sebaiknya dikurangi agar dapat menghasilkan bonggol jagung yang memiliki aspek teknis lebih unggul daripada batako yang sudah beredar di pasaran.
2. Pada pengujian redaman suara sebaiknya dilakukan di ruangan yang sunyi serta penggunaan *sealant* yang lebih rapat sehingga nilai daya redaman suara pada batako bonggol jagung yang dihasilkan lebih akurat.
3. Selain menghitung komposisi material bahan batako bonggol jagung, sebaiknya dilakukan juga perhitungan analisis sensitivitas untuk mengetahui akibat perubahan parameter-parameter produksi terhadap perubahan kinerja sistem produk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R.. 2019. *Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2019). *An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making*, 15th Edition. Boston: Cengage Learning, Inc
- Ardinal,A., Wirni, R., dan Haryati, N, A. 2020. *Pengaruh Penambahan Limbah Tongkol Jagung untuk Pembuatan Batu Bata Ringan*. Jurnal Litbang Industri, Vol. 10 No 1.
- Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian. 2019. *Prognosa produksi dan kebutuhan pangan pokok/strategis tahun 2019*. Jakarta
- SNI 03-0349-1989, *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2094-2000, *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding*, Badan Standardisasi Nasional. 2000.
- SNI 03-6433-2016, *Metode Pengujian Kerapatan, Penyerapan dan Rongga dalam Beton yang Telah Mengeras*, Badan Standardisasi Nasional. 2016.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBI-1982, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fahri, B. 2020. *Pemanfaatan dengan Cacahan Bonggol Jagung sebagai Bahan Susun Batako*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Frick, H, dan Koesmartadi, C. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan. Eskploitasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan*. Yogyakarta: Kanisius.

- Hesti, S, I. 2014. *Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu sebagai Pengganti Pasir*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mulyadi. 2007. *Akuntansi Biaya*. Aditya Media. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. Erlangga. Jakarta.
- Pinto, J., Barbosa, V., Helder, P., Carlos, J., Paulo, V., Anabela, P., Sandra, P., Vitor, M,C,F,C., Humberto, V. (2012). Corn cob lightweight concrete for non-structural applications. *Construction and Building Materials*, 34, 346-351.
- Septiningrum, dan Apriana. 2011. *Produksi Xilanase dari Tongkol Jagung dengan Sistem Bioproses Menggunakan Bacillus circulans untuk Pra-Pemutihan*. Bandung: Balai Besar Pulp dan Kertas, Jurnal Riset Industri 5(1) : 87-97.
- Sembiring, S. 2012. *Mikroskopi Elektron (SEM)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Simbolon, T. 2009. *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Terbuat dari Styrofoam-Semen*. Program Studi Magister Ilmu Fisika, Sekolah Pascasarjana USU. Medan.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Surat Ijin Penggunaan Laboratorium

Nomor : 97/Ka.Prodi/20/PSTS/X/2021  
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan  
Konstruksi Teknik

Kepada Yth:

**Koordinator Laboratorium**  
Jurusan Teknik Sipil FTSP  
Universitas Islam Indonesia  
di Yogyakarta

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Octaviani Galuh  
NIM : 18 511 237  
Program Studi : Teknik Sipil  
Dosen pembimbing TA : Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Bonggol Jagung sebagai Agregat Pada Batako terhadap Aspek Teknis, Biaya Produksi, dan Redaman Suara

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 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 Amini Yuni Astuti, M.T.**

Yogyakarta, 21 Oktober 2021  
Pemohon



Octaviani Galuh  
NIM: 18 511 237

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



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 1 sampai tanggal 21 November 2021

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

## Lampiran 2 Gambar Benda Uji



**Gambar L-2.1 Benda Uji Setelah Pencentakan**



**Gambar L-2.2 Benda Uji Umur 28 Hari**

### Lampiran 3 Bukti Pengujian Kuat Desak



**Gambar L-3.1 Perataan Permukaan Benda Uji Sebelum Uji Kuat Desak**



**Gambar L-3.2 Penimbangan Batako Bonggol Jagung**



**Gambar L-3.3 Penimbangan Bata Ringan Focon**



**Gambar L-3.4 Pengukuran Batako Bonggol Jagung**



**Gambar L-3.5 Pengukuran Bata Ringan Focon**



**Gambar L-3.6 Uji Kuat Desak Batako Bonggol Jagung**



**Gambar L-3.7 Uji Kuat Desak Bata Ringan Focon**

#### Lampiran 4 Bukti Pengujian Penyerapan Air



**Gambar L-4.1 Pemotongan Batako Bonggol Jagung**



**Gambar L-4.2 Pemotongan Bata Ringan Focon**



**Gambar L-4.3 Hasil Potongan Untuk Uji Penyerapan Air**



**Gambar L-4.4 Perendaman Benda Uji**



**Gambar L-4.5 Penimbangan Benda Uji Sebelum Oven**



**Gambar L-4.6 Benda Uji dimasukkan dalam Oven**



**Gambar L-4.7 Penimbangan Benda Uji Setelah Oven**

### Lampiran 5 Bukti Pengujian Redaman Suara

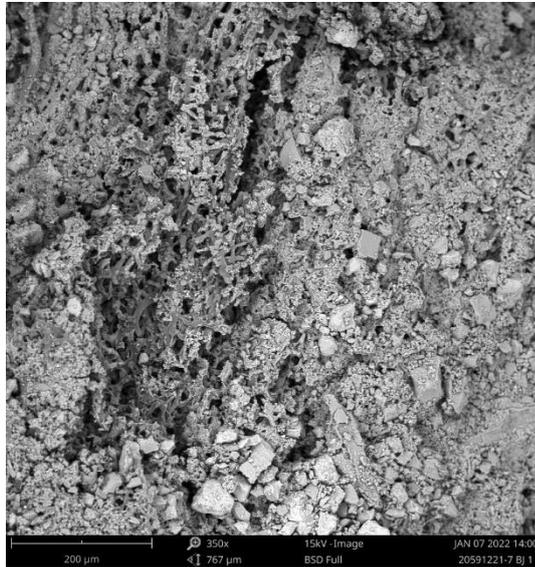


**Gambar L-5.1 Pengujian Redaman Suara Batako Bonggol Jagung**

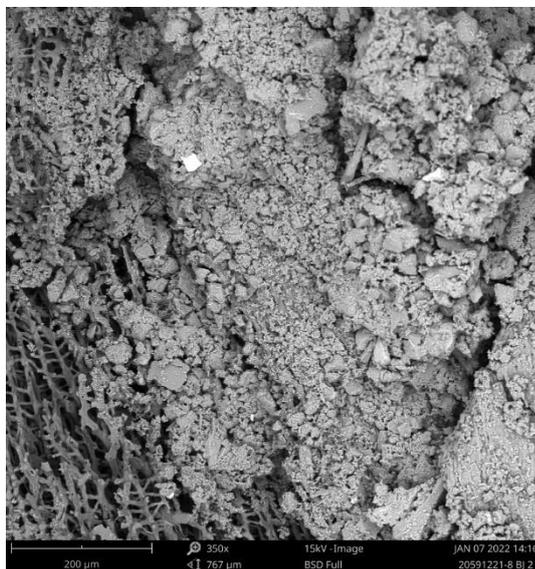


**Gambar L-5.2 Pengujian Redaman Suara Bata Ringan Focon**

## Lampiran 6 Gambar Hasil Uji SEM



**Gambar L-6.1 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 300% Perbesaran 350x**



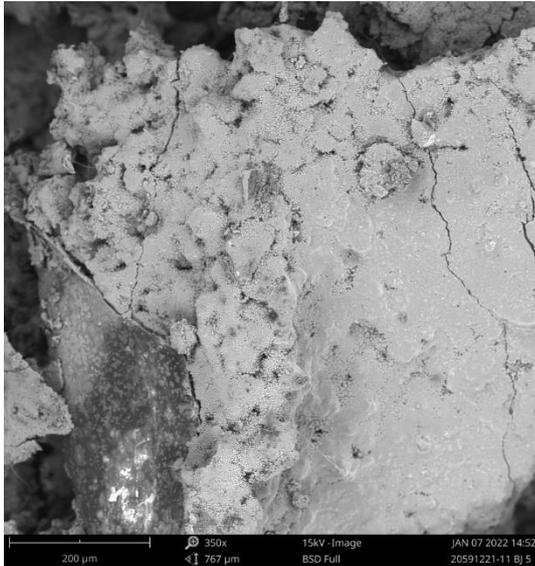
**Gambar L-6.2 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 500% Perbesaran 350x**



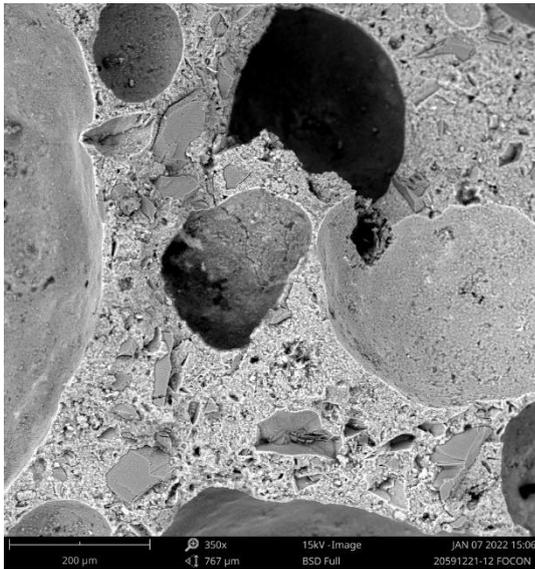
**Gambar L-6.3 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 700% Perbesaran 350x**



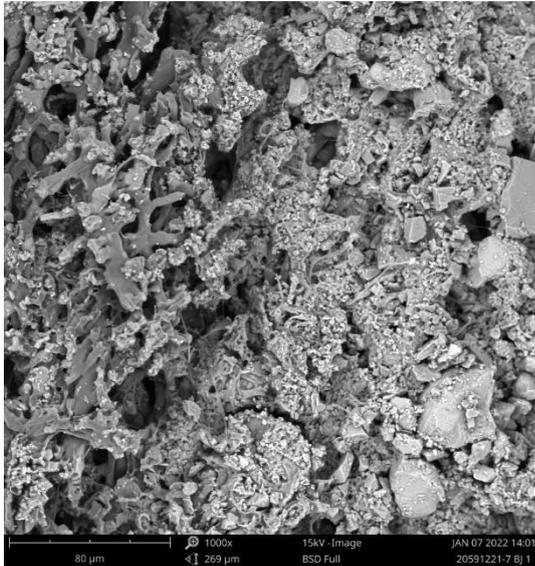
**Gambar L-6.4 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 900% Perbesaran 350x**



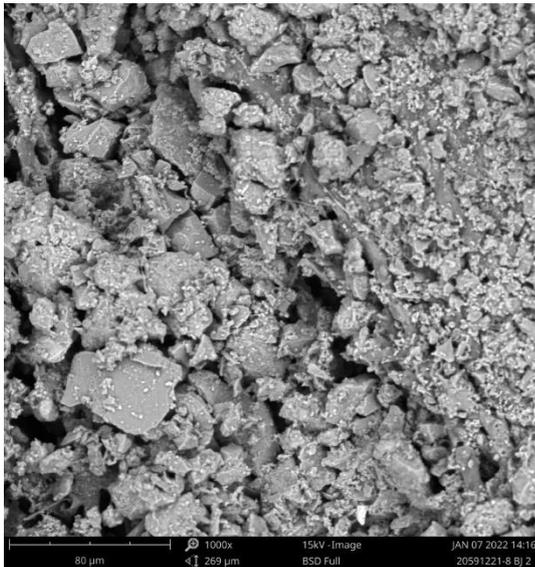
**Gambar L-6.5 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 1100% Perbesaran 350x**



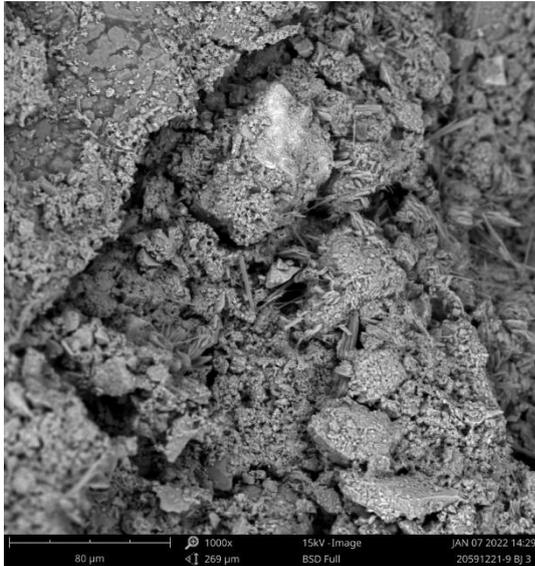
**Gambar L-6.6 Pengujian SEM Bata Ringan Focon Perbesaran 350x**



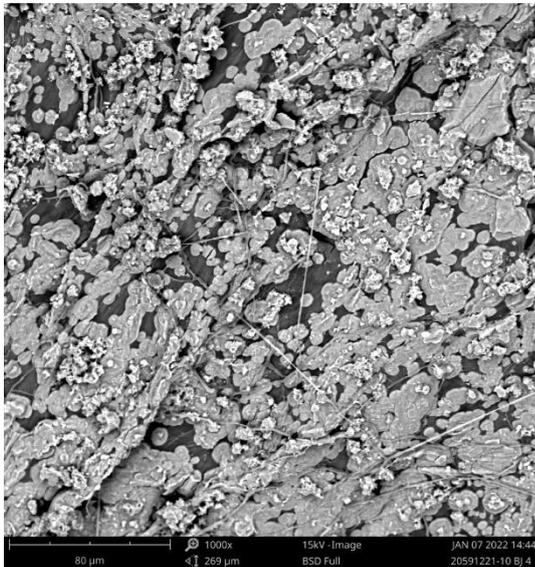
**Gambar L-6.7 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 300% Perbesaran 1000x**



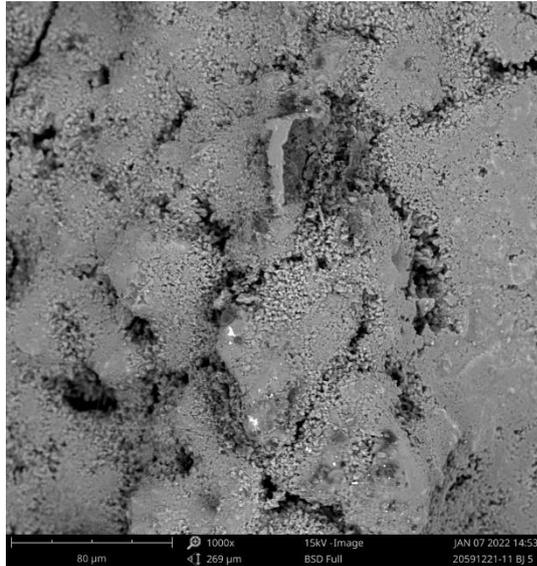
**Gambar L-6.8 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 500% Perbesaran 1000x**



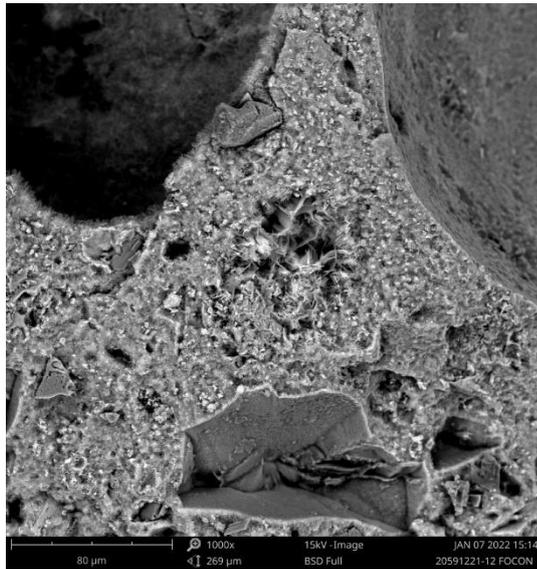
**Gambar L-6.9 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 700% Perbesaran 1000x**



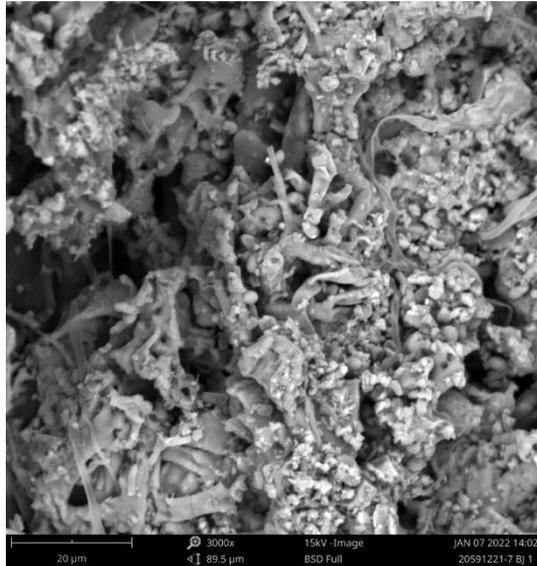
**Gambar L-6.10 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 900% Perbesaran 1000x**



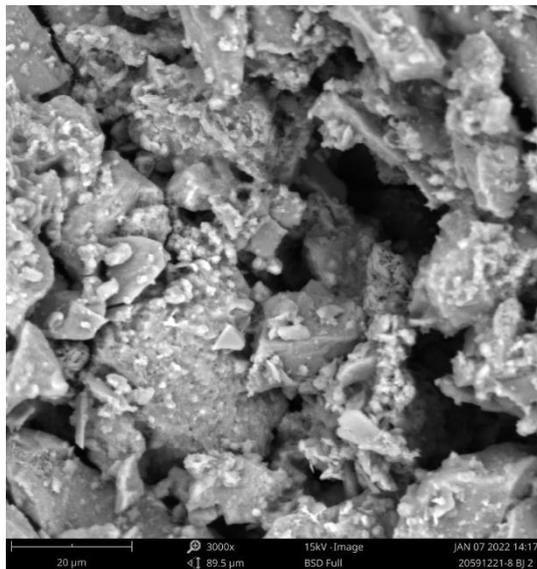
**Gambar L-6.11 Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung  
Komposisi Campuran Bonggol Jagung 1100% Perbesaran 1000x**



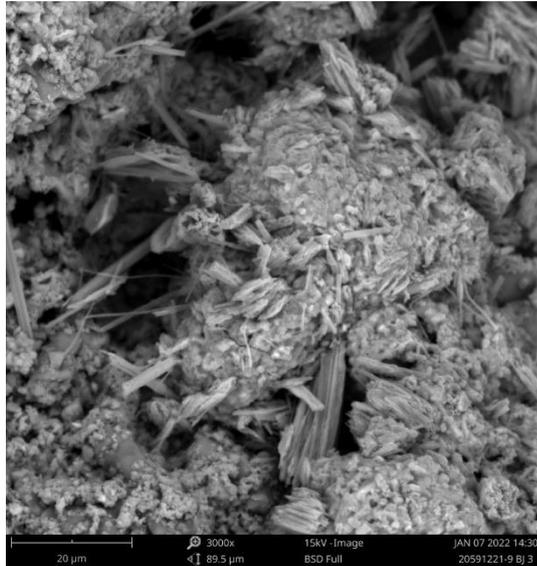
**Gambar L-6.12 Pengujian SEM Bata Ringan Focon Perbesaran 1000x**



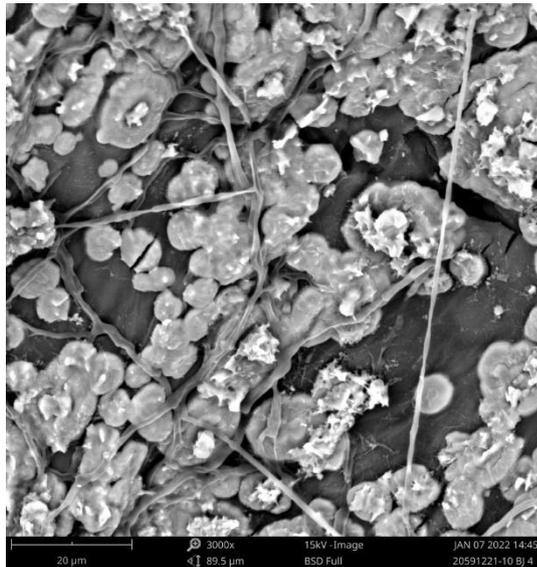
**Gambar L-6.13 Hasil Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung  
Komposisi Campuran Bonggol Jagung 300% Perbesaran 3000x**



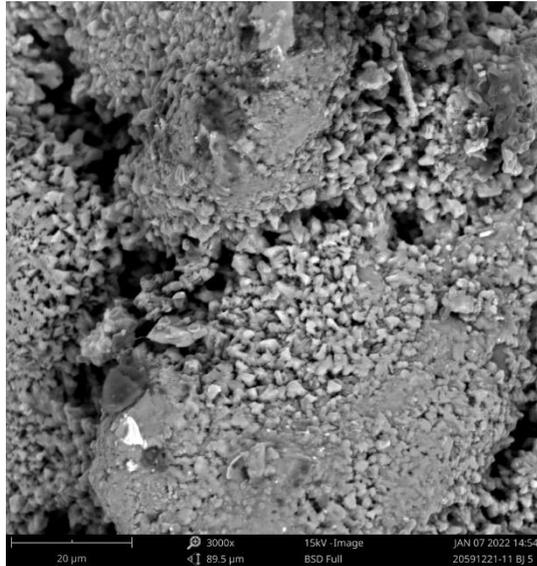
**Gambar L-6.14 Hasil Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung  
Komposisi Campuran Bonggol Jagung 500% Perbesaran 3000x**



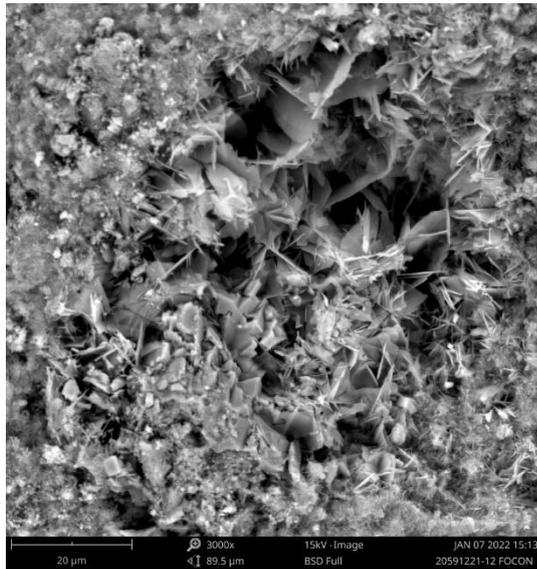
**Gambar L-6.15 Hasil Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 700% Perbesaran 3000x**



**Gambar L-6.16 Hasil Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung Komposisi Campuran Bonggol Jagung 900% Perbesaran 3000x**



**Gambar L-6.17 Hasil Pengujian SEM Batako Bonggol Jagung  
Komposisi Campuran Bonggol Jagung 1100% Perbesaran 3000x**



**Gambar L-6.18 Hasil Pengujian SEM Bata Ringan Focon Perbesaran 3000x**